THE PROCEEDINGS BOOK

13TH INTERNATIONAL EUROPEAN CONFERENCE ON INTERDISCIPLINARY SCIENTIFIC RESEARCH

May 25-26, 2026

Tirana, Albania

EDITOR

Dr. Ernest Shtepani

ISBN: 979-8-89695-446-0

Copyright © Liberty

THE PROCEEDINGS BOOK

13TH INTERNATIONAL EUROPEAN CONFERENCE ON INTERDISCIPLINARY SCIENTIFIC RESEARCH

May 25-26, 2026 Tirana, Albania

EDITOR

Dr. Ernest Shtepani

Date: 13.06.2026

Liberty Publishing House

Water Street Corridor New York, NY 10038

www.libertyacademicbooks.com

+1 (314) 597-0372

ALL RIGHTS RESERVED NO PART OF THIS BOOK MAY BE REPRODUCED IN ANY FORM, BY PHOTOCOPYING OR BY ANY ELECTRONIC OR MECHANICAL MEANS, INCLUDING INFORMATION STORAGE OR RETRIEVAL SYSTEMS, WITHOUT PERMISSION IN WRITING FROM BOTH THE COPYRIGHT OWNER AND THE PUBLISHER OF THIS BOOK.

© Liberty Academic Publishers 2026

The digital PDF version of this title is available Open Access and distributed under the terms of the Creative Commons Attribution-Non-Commercial 4.0 license (http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/) which permits adaptation, alteration, reproduction and distribution for noncommercial use, without further permission provided the original work is attributed. The derivative works do not need to be licensed on the same terms.
adopted by Mariam Rasulan

ISBN: 979-8-89695-446-0

ORGANIZING INSTITUTIONS

UNIVERSITETI METROPOLITAN TIRANA
VJET
ΧΑΡΟΚΟΠΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
HAROKOPIO UNIVERSITY
İKSAD INSTITUTE
Global Science Diplomacy
www.iksadinstitute.org

CONGRESS ID

CONGRESS TITLE **13TH INTERNATIONAL EUROPEAN CONFERENCE ON INTERDISCIPLINARY SCIENTIFIC RESEARCH**

DATE AND PLACE **May 25-26, 2026**
Universiteti Metropolitan Tirana, Albania

CONGRESS STATISTICS

218	49	102	116
Total Accepted Papers	Total Rejected Papers	Total Papers from Türkiye	Total International Participants

PARTICIPANT COUNTRIES (42)

Türkiye, Azerbaijan, Morocco, India, Pakistan, Nigeria, Algeria, Portugal, Romania, North Macedonia, United States, Albania, Italy, Kazakhstan, Ethiopia, Hungary, Bangladesh, Tunisia, Kosovo, Tanzania, Cyprus, Saudi Arabia, Spain, Brazil, Ukraine, Serbia, Iraq, Moldova, Croatia, Niger, China, Georgia, Egypt, Iran, Lebanon, Bulgaria, Indonesia, Uzbekistan, Vietnam, Republic of Korea, Ghana, Turkmenistan

EVALUATION PROCESS

All applications have undergone a double-blind peer review process

PRESENTATION

Oral Presentations

ORGANIZING BOARD

Prof. Dr. Nikolla Civici
Honorary Chair · Rector, University Metropolitan Tirana, Albania

Msc. Donika Plakolli
Chair of the Organizing Committee · University Metropolitan Tirana, Albania

Prof. Dr. Agim Selenica
University Metropolitan Tirana, Albania

Prof. Dr. Anna Yunitsyna
University Metropolitan Tirana, Albania

Prof. Dr. Jose R. Hernandez-Carrion
Faculty of Economics, University of Valencia, Spain

Prof. Dr. Jean Vasile Andrei
Petroleum-Gas University of Ploiesti, Romania

Prof. Muhittin Eliaçık
Kırıkkale University, Türkiye

Prof. Dr. Sevi Oz
Ankara Haci Bayram Veli University, Türkiye

Assoc. Prof. Dr. Mehmet Emin Kalgı
Ardahan University, Türkiye

Dr. Sonila Daiu
University Metropolitan Tirana, Albania

Msc. Fatlinda Struga
University Metropolitan Tirana, Albania

Dr. Ernest Shtepani
University Metropolitan Tirana, Albania

CONGRESS SCIENTIFIC AND ADVISORY BOARD

Assoc. Prof. Dr. Emre Çeçen
University Metropolitan Tirana, Albania

Assoc. Prof. Anna Yunitsyna
University Metropolitan Tirana, Albania

Dr. Nikolla Nika
University Metropolitan Tirana, Albania

Dr. Diana Bardhi
University Metropolitan Tirana, Albania

Dr. Blerina Dhrami
University Metropolitan Tirana, Albania

Lucian Liviu ALBU
Academician, Romanian Academy, Romania

Andrei KOZMA, MMD, MDHC
Assoc. Prof., Romanian Academy of Medical Sciences

Camelia Diaconu
President, Romanian Balkan Medical Union

Valeriu IOAN-FRANC
Corresponding Member, Romanian Academy

George GEORGESCU
National Institute for Economic Research, Romania

Luiza Gabunia
Tbilisi State Medical University, Georgia

Valentina VASILE
Director, Institute of National Economy, Romania

Sorin CACE
Research Institute for Quality of Life, Romania

Jean Vasile ANDREI
National Institute for Economic Research, Romania

Nana Gorgaslidze
Tbilisi State Medical University, Georgia

Tianming Gao
Harbin Engineering University, China

Vasilii Erokhin
Harbin Engineering University, China

Eglantina Hysa
Epoka University, Albania

Silvius Stanciu
Dunarea de Jos University of Galați, Romania

Željko Vaško
University of Banja Luka, Bosnia and Herzegovina

Ignacio DE LOS RIOS CARMENADO
GESPLAN, Politechnic University of Madrid, Spain

Donatella PRIVITERA
Full Professor, University of Catania, Italy

Teodor SEDLARSKI
Sofia University St. Kliment Ohridski, Bulgaria

Nergüz BULUT SERİN
European University of Lefke

Enkelejda Kucaj
Polytechnic University of Tirana, Albania

Mile VASIC
European Marketing and Management Association

Manole Cojocaru
Titu Maiorescu University, Romania

Kimboula Nkaya
Marien Ngouabi University

Oana TOADER
"Carol Davila" University of Medicine, Bucharest, Romania

Sopio Tavadze
Batumi Art Teaching University, Georgia

Maia Manchkhashvili
Sulkhan-Saba Orbeliani Teaching University, Georgia

Jonel SUBIC
Institute of Agricultural Economics, Belgrade, Serbia

Jovan ZUBOVIĆ
Institute of Economic Sciences, Belgrade, Serbia

Violeta SIMA
Petroleum-Gas University of Ploiesti, Romania

Ileana GHEORGHE
Petroleum-Gas University of Ploiesti, Romania

Kinga Flaga-Gieruszyńska
University of Szczecin, Poland

Aleksandra Klich
University of Szczecin, Poland

Muhammad FAISAL
TOP-TECH AI Institute

Abdussalam Ali Ahmed
Bani Waleed University

Lamara Kadagidze
Grigol Robakidze University, Georgia

Lenida LEKLI
Aleksandër Xhuvani University, Albania

hab. Elżbieta PATKOWSKA
University of Life Sciences in Lublin, Poland

Bouthaina SAYAD
University of Blida, Algeria

Ökkeş KESİCİ
Gaziantep University, Türkiye

Mehmet Emin KALGI
Ardahan University, Türkiye

Osman BAYRAKTUTAN
Atatürk University, Türkiye

Ramin ALİYEV
Hasan Kalyoncu University, Türkiye

Sedat EROL
Adıyaman University, Türkiye

Tamilla ALİYEVA
Dokuz Eylül University, Türkiye

F. Gül KOÇSOY
Firat University, Türkiye

Adnan AKALIN
Gaziantep Islamic Science and Technology University

Nihat DEMİRKOL
Iğdır University, Türkiye

Ömer Erdimez
Adıyaman University, Türkiye

Sinan ÖZYURT
Gaziantep Islamic Science and Technology University

Adem YILMAZ
Kastamonu University, Türkiye

Abdullah Mohammadi
Ardahan University, Türkiye

Reşat Ahmet AĞAOĞLU
Ardahan University, Türkiye

Han HACISOY
Ardahan University, Türkiye

Etleva Dobjani
Barleti University, Albania

Pınar Ayyıldız
Ankara Lokman Hekim University, Türkiye

Yeşim TARHAN
Ardahan University, Türkiye

İsmail Hakkı Tarhan
Tokat Gazi Osman Paşa University, Türkiye

Besnik HAJDARI
University "Isa Boletini" Mitrovica, Kosovo

Shoota Bekadze
Indiana University, Central Eurasian Studies, USA

13th INTERNATIONAL EUROPEAN CONFERENCE

ON INTERDISCIPLINARY SCIENTIFIC RESEARCH

May 25–26, 2026

Universiteti Metropolitan Tirana, Albania

UNIVERSITETI METROPOLITAN TIRANA · VJET · ΧΑΡΟΚΟΠΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ HAROKOPIO UNIVERSITY · İKSAD INSTITUTE Global Science Diplomacy

ONLINE ZOOM

Meeting ID: 844 6001 0824 Passcode: 262626

Link: https://us02web.zoom.us/j/84460010824?pwd=b4Yc53gIBjsuUzXZb7meY5QXWesnAx.1

CONGRESS PROGRAM

PARTICIPANT COUNTRIES (42)

Türkiye, Azerbaijan, Morocco, India, Pakistan, Nigeria, Algeria, Portugal, Romania, North Macedonia, United States, Albania, Italy, Kazakhstan, Ethiopia, Hungary, Bangladesh, Tunisia, Kosovo, Tanzania, Cyprus, Saudi Arabia, Spain, Brazil, Ukraine, Serbia, Iraq, Moldova, Croatia, Niger, China, Georgia, Egypt, Iran, Lebanon, Bulgaria, Indonesia, Uzbekistan, Vietnam, Republic of Korea, Ghana, Turkmenistan

IMPORTANT — PLEASE READ CAREFULLY

- To attend online: go to https://zoom.us/join, enter the Meeting ID and Passcode to join.
- The Zoom application is free - no account or registration required.
- Works on tablets, smartphones and PCs.
- Connect to your session at least 5 minutes before your presentation time.
- All congress participants may connect live and listen to all sessions.
- The moderator is responsible for the presentation and Q&A section.

TECHNICAL INFORMATION

- Ensure your computer has a working microphone before the session.
- You must be able to use the screen sharing feature in Zoom.
- Attendance certificates will be sent as PDF at the end of the congress.
- Requests for changes of place or time cannot be accommodated.

26.05.2026 TUESDAY	Online Session-1 · Hall-1 Ankara Local Time: 09:00-11:00 Tirana Local Time: 08:00-10:00	MEETING ID 844 6001 0824	PASSCODE 262626

HEAD OF SESSION: Assoc. Prof. Dr. Sevil PAMUK CEBECİ

AUTHOR(S)	ORGANISATION	TOPIC TITLE
Dr. Fzt. Mehmet ÇAKIROĞLU Assoc. Prof. Dr. Deniz KOCAMAZ	*Kahramanmaraş Special Interest Special Rehabilitation Center, Hasan Kalyoncu University, Türkiye*	THE EFFECT OF VIRTUAL REALITY APPLICATIONS ON PHANTOM LIMB PAIN IN INDIVIDUALS WITH POST-EARTHQUAKE AMPUTATION: A RANDOMIZED CONTROLLED TRIAL
Dr. Fzt. Mehmet ÇAKIROĞLU	*Kahramanmaraş Special Interest Special Rehabilitation Center, Türkiye*	ERROR AUGMENTATION IN PHYSIOTHERAPY: CLINICAL IMPLEMENTATION AND OUTCOMES
Alev KESKİN Assoc. Prof. Dr. Zehra ESKİMEZ	*Çukurova University, Türkiye*	MISSED NURSING CARE
Ece ERSOY Assoc. Prof. Dr. Pınar YEŞİL DEMİRCİ	*Çukurova University, Türkiye*	NURSING APPROACHES TO SUPPORT SELF-CARE IN HEMODIALYSIS PATIENTS: A REVIEW IN LIGHT OF CURRENT LITERATURE
Res. Asst. Leyla Senem ÜN Assoc. Prof. Dr. Zehra ESKİMEZ Prof. Dr. Songül KARADAĞ	*Adıyaman University, Türkiye* *Çukurova University, Türkiye*	PREDICTING CLINICAL DETERIORATION IN PULMONARY ARTERIAL HYPERTENSION
Asst. Prof. Dr. Birgül ERDOĞAN Res. Asst. Dr. Rukiye ÇELİK	*Kocaeli University, Türkiye* *Gazi University, Türkiye*	TRAUMA-INFORMED CARE IN THE NEONATAL INTENSIVE CARE UNIT: A NURSING APPROACH FOCUSED ON INFANTS, FAMILIES AND CARE TEAMS
Prof. Dr. Zeynep Birsu ÇİNÇİN Bengisu ARSLANTAŞ	*ADAM European Institute for Lifelong Learning, Research & Development, North Macedonia*	INTERPRETABLE ARTIFICIAL INTELLIGENCE FOR LUNG CANCER MOLECULAR CARTOGRAPHY: TRANSLATING OPEN GENOMIC DATA INTO ONCOLOGICAL INSIGHT

26.05.2026 TUESDAY	Online Session-1 · Hall-2 Ankara Local Time: 09:00-11:00 Tirana Local Time: 08:00-10:00	MEETING ID 844 6001 0824	PASSCODE 262626

HEAD OF SESSION: Assoc. Prof. Dr. Gönül GÖKÇAY

AUTHOR(S)	ORGANISATION	TOPIC TITLE
Res. Asst. Dr. Rukiye ÇELİK Asst. Prof. Dr. Birgül ERDOĞAN	*Gazi University, Türkiye* *Kocaeli University, Türkiye*	CHILD HEALTH IN A CHANGING CLIMATE: MULTIDIMENSIONAL ROLES OF PEDIATRIC NURSING
Lecturer Osman ALAMAN Assoc. Prof. Dr. Zehra ESKİMEZ	*Osmaniye Korkut Ata University, Türkiye* *Çukurova University, Türkiye*	PATIENT SAFETY PERCEPTION AMONG CONTEMPORARY NURSES
Kıymet MESES Assoc. Prof. Zehra ESKİMEZ	*Çukurova University, Türkiye*	THE HUMANISTIC DIMENSION OF NURSING CARE IN THE AGE OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE: COMPASSION, EMPATHY, AND ETHICAL APPROACHES
Serenay GÜNDÜZ Assoc. Prof. Pınar YEŞİL DEMİRCİ	*Çukurova University, Türkiye*	NURSING APPROACHES TOWARDS SELF-CARE IN PATIENTS WITH LUNG CANCER: A REVIEW IN THE LIGHT OF CURRENT LITERATURE
Asst. Prof. Fatma İlknur UZUN Güllü YAZKAN Prof. Dr. Nezihe BULUT UĞURLU Feyza ACAR	*Biruni University, Türkiye* *Muğla Sıtkı Koçman University, Türkiye* *Muğla Training and Research Hospital, Türkiye*	BARRIERS TO ACCESSING MENTAL HEALTH SERVICES AMONG MIGRANTS AND THE ROLE OF PSYCHIATRIC NURSING
Merve AYDIN Asst. Prof. Dr. Özdem NURLUÖZ	*Near East University, Cyprus*	THE FEAR OF CORONAVIRUS IN ADOLESCENTS AND ASSESSMENT OF THE VARIABLES AFFECTING SUCH FEAR
Mehtap TOPRAK Assoc. Prof. Dr. Zehra ESKİMEZ	*Seyhan State Hospital, Türkiye* *Çukurova University, Türkiye*	THE CONTRIBUTION OF THE BRADEN SCALE TO CLINICAL DECISION-MAKING IN NURSING CARE AND COMMON MISUSES: A REVIEW
Dr. Serdar COŞKUN	*Etimesgut Şehit Sait Ertürk State Hospital, Türkiye*	NATURE'S HEALING MATRIX: BIOLOGICAL ACTIVITY AND THERAPEUTIC POTENTIAL OF HONEY

26.05.2026 TUESDAY	Online Session-1 · Hall-3 Ankara Local Time: 09:00-11:00 Tirana Local Time: 08:00-10:00	MEETING ID 844 6001 0824	PASSCODE 262626

HEAD OF SESSION: Rukiye KARADENİZ

AUTHOR(S)	ORGANISATION	TOPIC TITLE
Res. Asst. Şeyma Eda AKIN Res. Asst. MUHAMMET AKIN	*Erzincan Binali Yıldırım University, Türkiye*	COMBINED ENDODONTIC-SURGICAL TREATMENT PLANNING IN PERIAPICAL LESIONS: A CASE-BASED EVALUATION
Asst. Prof. Dr. MERVE KÖSETÜRK Res. Asst. Şeyma Eda AKIN	*Erzincan Binali Yıldırım University, Türkiye*	MULTIPLE-CANAL ANATOMY IN MANDIBULAR CANINES AND PREMOLARS: A CASE SERIES
Assoc. Prof. Dr. Şaban Cem SEZEN	*Kırıkkale University, Türkiye*	INVESTIGATION OF ISCHEMIA-REPERFUSION INJURY USING SOME EXPERIMENTAL MODELS: ORGAN AND TISSUE-SPECIFIC APPLICATION PROCEDURES
Assoc. Prof. Dr. Şaban Cem SEZEN	*Kırıkkale University, Türkiye*	ANTIOXIDANT AND ANTI-INFLAMMATORY EFFECTS OF BROMELAIN: EXPERIMENTAL STUDY AND CLINICAL PERSPECTIVES
Dr. Ahmet Esat GÖNER Assoc. Prof. Dr. Hatice Esra DURAN	*Kafkas University, Türkiye*	OBSERVATION OF THE CLINICAL EFFECTIVENESS AND BIOCHEMICAL SIGNIFICANCE OF THE COMPLEMENTARY FEEDING SUBSTANCE CONFIDENCE ON WOUND HEALING
Assoc. Prof. Dr. Işın GENÇAY Res. Asst. Dr. Yiğit Ali KELEŞ	*Kırıkkale University Faculty of Medicine Hospital, Türkiye*	ALLERGY DEVELOPING IN A CHILD PATIENT AFTER SEVOFLURANE ANESTHESIA: A CASE REPORT
Assoc. Prof. Dr. Işın GENÇAY Res. Asst. Abdülhamid Han ATASOY Assoc. Prof. Dr. Kevser PEKER	*Kırıkkale University Faculty of Medicine Hospital, Türkiye*	POSTOPERATIVE BILATERAL VOCAL CORD PARALYSIS AFTER TOTAL THYROIDECTOMY
Assoc. Prof. Dr. Işın GENÇAY Res. Asst. Pınar KARA	*Kırıkkale University Faculty of Medicine Hospital, Türkiye*	PULMONARY EDEMA IN A PATIENT WITH ACROMEGALY: A CASE REPORT

26.05.2026 TUESDAY	Online Session-1 · Hall-4 Ankara Local Time: 09:00-11:00 Tirana Local Time: 08:00-10:00	MEETING ID 844 6001 0824	PASSCODE 262626

HEAD OF SESSION: Prof. Ayazul H ASAN

AUTHOR(S)	ORGANISATION	TOPIC TITLE
Asst. Lecturer S. SANTHOSH KUMAR	*St. Joseph University in Tanzania, Tanzania*	BIODIESEL PRODUCTION FROM CASHEW NUT OIL AND CASHEW NUT SHELL LIQUID (ANACARDIUM OCCIDENTALE): EXTRACTION AND CHARACTERIZATION
Mourad NAHAL Ibtissem SID	*University of Souk Ahras, Algeria*	MULTI-CONDITION RELIABILITY OPTIMIZATION OF PREVENTIVE MAINTENANCE FOR INDUSTRIAL COMBUSTION AIR SYSTEMS
Simran SAINI Assoc. Prof. Anupam KHANNA Manisha	*Kurukshetra University, India*	FREE VIBRATION BEHAVIOUR OF BI-PARABOLICALLY VARYING RECTANGULAR PLATE WITH THERMAL CONDITIONS
Prof. Ayazul HASAN	*Jazan University, Saudi Arabia*	CENTERS OF Λ T -ISOTYPITY IN QTAG-MODULES
Agnesa BEXHETI	*South East European University, North Macedonia*	CHAPTER-AWARE RETRIEVAL-AUGMENTED GENERATION FOR KNOWLEDGE EXTRACTION FROM UNIVERSITY THESIS REPOSITORIES: A STRUCTURED LITERATURE REVIEW
Yassine BOUHOUCHI Meryem MAISS Youness IGHRIS Mohsine QAFFOU Jamal BALITI	*Sultan Moulay Slimane University, Morocco*	NON-NEWTONIAN STRESS BEHAVIOR IN KINETIC AND MICROSCALE FLOW REGIMES
Mouheb SBOUI	*University of Sfax, Tunisia*	SIMPLE AND GREEN FABRICATION OF TIO2/HA/CASIO3 CERAMIC COMPOSITES FOR BIO-MEDICAL APPLICATIONS
Dr. Asmamaw Abebe BIABEYIN Berihun Gizachew NEGASH	*Bahir Dar University, Ethiopia*	UNSTEADY MHD WILLIAMSON NANOFLUID FLOW OVER A PERMEABLE INCLINED STRETCHING SHEET WITH CATTANEO-CHRISTOV DOUBLE-DIFFUSION EFFECTS: A SEMI-ANALYTICAL INVESTIGATION
Nouhaila CHTYBY Youssef BOURD Zineb OUHRA Abdelkbir BELLAOUCHOU Mouloud EL MOUDANE	*Mohammed V University in Rabat, Morocco*	CALCIUM PHOSPHATE-BASED GLASS-CERAMICS FOR BONE TISSUE ENGINEERING: FROM LABORATORY ADVANCES TO CLINICAL APPLICATION

26.05.2026 TUESDAY	Online Session-1 · Hall-5 Ankara Local Time: 09:00-11:00 Tirana Local Time: 08:00-10:00	MEETING ID 844 6001 0824	PASSCODE 262626

HEAD OF SESSION: Dr. Hadda KEBIR

AUTHOR(S)	ORGANISATION	TOPIC TITLE
Suresh KUMAR	*Maharishi Markandeshwar University, India*	ENVIRONMENTAL NANOTECHNOLOGY FOR SUSTAINABLE REMEDIATION: PRINCIPLES, APPLICATIONS, AND CASE STUDIES
Clara Gaspar Fossi de SOUZA Fernando Joaquim Fernandes Tavares ROCHA Francisco Antonio Rocco LAHR	*University of São Paulo, Brazil* *University of Aveiro, Portugal*	DETECTION OF IRON-RICH PARTICLES IN CUMARU WOOD (DIPTERYX ODORATA) BY SEM-EDS ANALYSIS
Lejla Abazi BEXHETI Agnesa BEXHETI	*South East European University, North Macedonia*	THE LIMITS OF AI-WRITING DETECTION IN HIGHER EDUCATION: A CRITICAL REVIEW OF TOOLS, EVIDENCE, AND IMPLICATIONS FOR FAIR ASSESSMENT
Prof. Dr. Marina S.T. STOJANOVA Acad. Prof. Dr. Dragutin A. DJUKIC Dr. Monika STOJANOVA Milos RABRENOVIC	*University of Ss. Cyril and Methodius, North Macedonia* *University of Kragujevac, Serbia* *Association for Scientific-research, Educational and Cultural Activities "Open Science", North Macedonia*	CIRCULAR ECONOMY APPROACHES IN NANO-FERTILIZER DEVELOPMENT FOR ENHANCED NUTRITIONAL QUALITY OF CROPS
Yassine BOUHOUCHI Meryem MAISS Youness IGHRIS Mohsine QAFFOU Jamal BALITI	*Sultan Moulay Slimane University, Morocco*	KNUDSEN LAYER PHENOMENA IN RAREFIED GAS FLOW: A COMPREHENSIVE THEORETICAL REVIEW
Dr. Hadda KEBIR	*Mohamed El Bachir El Ibrahimi University, Algeria*	RADIOLOGICAL ASSESSMENT OF NATURAL RADIONUCLIDES IN THERMAL SPRINGS OF EASTERN ALGERIA
Youssef BOURD Mouad EL MOUZAHIM El Mehdi EDDARAI Abdelkbir BELLAOUCHOU Ratiba BOUSSEN	*Mohammed V University in Rabat, Morocco* *University of Parma, Italy*	ADVANCED BIODEGRADABLE ALGINATE BEADS WITH TUNABLE CONTROLLED-RELEASE PROPERTIES FOR BIOMEDICAL AND AGRICULTURAL DELIVERY
Dr. Chokri BAYOUDH Yassmine GHRAIRI Afifa MAJDOUB Prof. Taoufik BETTAIEB	*Regional Research Centre on Horticulture and Organic Agriculture (CRRHAB), Tunisia*	IN VITRO ROOTING POTENTIALITIES OF ROSEMARY AND THYME ESSENTIAL OILS ON PEAR (PYRUS COMMUNIS L.) VITROPLANTS

26.05.2026 TUESDAY	Online Session-1 · Hall-6 Ankara Local Time: 09:00-11:00 Tirana Local Time: 08:00-10:00	MEETING ID 844 6001 0824	PASSCODE 262626

HEAD OF SESSION: Anik BISWAS

AUTHOR(S)	ORGANISATION	TOPIC TITLE
Anik BISWAS	*Trine University, United States*	AI-DRIVEN CLINICAL DECISION SUPPORT SYSTEM FOR EARLY DETECTION AND RISK STRATIFICATION OF BREAST CANCER IN U.S. HEALTHCARE SYSTEMS
Shoaib Ahsan SHAH	*Tianjin University, China*	A ZIGZAG SEARCH ALGORITHM FOR UNMANNED AERIAL VEHICLE-BASED ODOR SOURCE LOCALIZATION
Fahad AMJAD Abdul REHMAN Muhammad ZAIN Faiqa ABID	*The Islamia University of Bahawalpur, Pakistan* *University of Bonn, Germany* *Centre for Agriculture and Bioscience International, Pakistan*	DIGITAL AGRICULTURE AND AI ADOPTION FOR SUSTAINABLE FARMING IN DEVELOPING COUNTRIES
Hebat-Allah S. TOHAMY	*National Research Centre, Egypt*	SMART NANOEMULGELS FROM SUSTAINABLE POLYMER DOTS
Iyman Binti FAYAZ Mohammad Mateen ZEHGEER	*SKUAST Kashmir, India*	STREET FOODS: A POTENTIAL THREAT TO THE FOOD SAFETY AND A MAJOR PUBLIC HEALTH CONCERN
Faiqa ABID Abdul REHMAN Fahad AMJAD Muhammad ZAIN	*Centre for Agriculture and Bioscience International, Pakistan* *The Islamia University of Bahawalpur, Pakistan* *University of Bonn, Germany*	AGRONOMIC BIOFORTIFICATION AS A SUSTAINABLE STRATEGY TO COMBAT HIDDEN HUNGER AND IMPROVE GLOBAL FOOD SECURITY
Kaouthar BOUMANE Asst. Prof. Mostapha KARAOUI Prof. Mohammed ALAMI Prof. Mohammed ASSOUAG	*Moulay Ismail University, Morocco*	INTERFACIAL ADHESION IN NATURAL FIBER-REINFORCED POLYMER COMPOSITES: MECHANISMS AND IMPROVEMENT STRATEGIES
Zineb OUHRA Maha EL HAWARY Nouhaila CHTYBY Youssef BOURD Abdelkbir BELLAOUCHOU Mouloud EL MOUDANE	*Mohammed V University in Rabat, Morocco*	STRUCTURAL ENGINEERING AND IONIC CONDUCTIVITY OPTIMIZATION IN $LI_2O–BI_2O_3–NB_2O_5–P_2O_5$ PHOSPHATE GLASSES INCORPORATING NIOBIUM FOR SOLID-STATE LITHIUM-ION ELECTROLYTES

26.05.2026 TUESDAY	Online Session-1 · Hall-7 Ankara Local Time: 09:00-11:00 Tirana Local Time: 08:00-10:00	MEETING ID 844 6001 0824	PASSCODE 262626

HEAD OF SESSION: Lecturer Şeyma ARVAS

AUTHOR(S)	ORGANISATION	TOPIC TITLE
Dr. Serap YALÇINYİĞİT	*Yildiz Technical University, Türkiye*	DIGITAL LEADERSHIP: A MULTIDISCIPLINARY REVIEW OF EMERGING RESEARCH AREAS
Lecturer Meryem Gezer SEVİNÇ Prof. Dr. Tülin AKMAN Assoc. Prof. Dr. Şaban ÜNVER	*Ondokuz Mayıs University, Türkiye*	EXAMINATION OF THE CREATIVITY LEVELS OF TEAM AND INDIVIDUAL ATHLETES
Lecturer Meryem Gezer SEVİNÇ Prof. Dr. Tülin AKMAN Assoc. Prof. Dr. Şaban ÜNVER	*Ondokuz Mayıs University, Türkiye*	INVESTIGATION OF ANXIETY REGARDING SPORTS INJURIES IN ATHLETES
Zeynep ADABAĞLI	*Topkapı University, Türkiye*	REPETITIVE NEGATIVE THINKING IN DAILY LIFE: A QUALITATIVE DOCUMENT ANALYSIS ON RUMINATIVE THINKING AND ANXIETY
Prof. Dr. Aslı BÜYÜKOKUTAN TÖRET Lecturer Zülal SÖĞÜT	*Eskişehir Osmangazi University, Türkiye*	THE INFLUENCE OF DIGITAL NOMADS AND CULTURAL AMBASSADORS IN DIGITAL CULTURAL DIPLOMACY
Dr. Hikmet EREN Lecturer Zülal SÖĞÜT	*Girne American University, Turkish Republic of Northern Cyprus* *Eskişehir Osmangazi University, Türkiye*	MEETING IN A SHARED HERITAGE: THE ROLE OF NOWRUZ AND DEDE KORKUT NOMINATIONS IN THE CULTURAL DIPLOMACY OF THE TURKIC WORLD
Dr. Merve Reyhan CEYLAN	*Ibn Haldun University, Türkiye*	GENDERED CYBER INSECURITIES: RISK PERCEPTION, PROTECTIVE BEHAVIORS, AND VICTIMIZATION IN DIGITAL ENVIRONMENTS
Asst. Prof. Dr. Cansu Büşra ÖLMEZ	*Selçuk University, Türkiye*	THE RIGHT TO ADEQUATE HOUSING: AN APPROACH TO THE REGULATORY FRAMEWORK AND ITS IMPLEMENTATION

26.05.2026 TUESDAY	Online Session-2 · Hall-1 Ankara Local Time: 11:30-13:30 Tirana Local Time: 10:30-12:30	MEETING ID 844 6001 0824	PASSCODE 262626

HEAD OF SESSION: Dr. İbrahim Ethem GÜRBÜZ

AUTHOR(S)	ORGANISATION	TOPIC TITLE
Yusra POLAT Prof. Dr. H. Pelin KARASU	*Anadolu University, Türkiye*	EVALUATION OF WRITTEN EXPRESSION SKILLS OF STUDENTS WITH HEARING LOSS: A SYSTEMATIC REVIEW
Yusra POLAT Prof. Dr. H. Pelin KARASU	*Anadolu University, Türkiye*	AN INVESTIGATION OF INSTRUCTIONAL RESEARCH AIMED AT DEVELOPING THE WRITTEN EXPRESSION SKILLS OF STUDENTS WITH HEARING LOSS
Adem Okan YAŞAR Prof. Dr. Erman YÜKSELTÜRK	*Kirikkale University, Türkiye*	NATIONAL TECHNOLOGY LABS: STRENGTHENING THE DOMESTIC PRODUCTION AND INNOVATION ECOSYSTEM THROUGH THE FABLAB APPROACH
Pınar AKGEYİK Prof. Dr. Erman YÜKSELTÜRK	*Kirikkale University, Türkiye*	THE USE OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE BY TEACHERS: ADVANTAGES AND POTENTIAL CHALLENGES
Sümeyye Selin ÇAVUŞ Assoc. Prof. Dr. NURSEL YALÇIN	*Gazi University, Türkiye*	DIFFERENTIAL EFFECTS OF INSTRUCTIONAL DESIGN-BASED INTERACTIVE DIGITAL STORYBOOKS ON EARLY LITERACY SUB-SKILLS
Abdullah TEKELİER Asst. Prof. Dr. İsmail Onur TUNÇ	*Çanakkale Onsekiz Mart University, Türkiye*	THE EFFECTIVENESS OF DISASTER AWARENESS TRAINING PROVIDED TO RECRUITS: A SINGLE-GROUP PRE- AND POST-TEST STUDY
Asst. Prof. Dr. Muhammed Mehdi AKSOY	*Gaziantep Islamic Science and Technology University, Türkiye*	THE LANGUAGE OF CLASSICAL USŪL AL-FIQH AND ARTIFICIAL INTELLIGENCE
Muhammet Feyzi ATASAYAR	*Süleyman Demirel University, Türkiye*	IBN HAJAR'S CONCEPTION OF CAIRO IN HISTORIOGRAPHY: THE CASE OF INBĀʾ AL-GHUMR

26.05.2026 TUESDAY	Online Session-2 · Hall-2 Ankara Local Time: 11:30-13:30 Tirana Local Time: 10:30-12:30	MEETING ID 844 6001 0824	PASSCODE 262626

HEAD OF SESSION: Aydın SELLİOĞ

AUTHOR(S)	ORGANISATION	TOPIC TITLE
Filiz YEĞENOĞLU Ayşegül SEL Assoc. Prof. Dr. Adem YILMAZ	*Kastamonu University, Türkiye*	AN EXAMINATION OF DIFFERENTIATION, ASSESSMENT, AND FAMILY/COMMUNITY INVOLVEMENT COMPONENTS IN THE TÜRKİYE CENTURY EDUCATION MODEL PRESCHOOL EDUCATION CURRICULUM
Filiz YEĞENOĞLU Assoc. Prof. Dr. Adem YILMAZ	*Kastamonu University, Türkiye*	AN EXAMINATION OF THE SKILL-BASED STRUCTURE OF THE TÜRKİYE CENTURY EDUCATION MODEL PRESCHOOL EDUCATION CURRICULUM IN TERMS OF CURRICULUM COMPONENTS
Zeynep ALTUN Asst. Prof. Şule ERŞAN	*Ministry of National Education, Türkiye* *Sinop University, Türkiye*	TRANSCENDING INSTITUTIONAL BOUNDARIES WITH NATURE-BASED, WALL-LESS SCHOOLS: A THEORETICAL APPROACH
Ferhan Ümmügülsün ÇELİK Assoc. Prof. Dr. ELİF AKAY	*Anadolu University, Türkiye*	AN EXAMINATION OF RESEARCH ON THE READING COMPREHENSION SKILLS OF STUDENTS WITH HEARING LOSS IN INFORMATIONAL TEXTS
İlay Ebrar ÇITRAZ Assoc. Prof. Dr. Kamil Arif KIRKIÇ	*Gulistan Early Childhood Workshop, Türkiye* *Istanbul Sabahattin Zaim University, Türkiye*	INNOVATION LEVELS OF EARLY CHILDHOOD EDUCATIONAL CANDIDATES
Mensure ŞUŞOĞLU Assoc. Prof. Dr. Kamil Arif KIRKIÇ	*Gulistan Early Childhood Workshop, Türkiye* *Istanbul Sabahattin Zaim University, Türkiye*	THE SELF-REGULATION LEVELS OF EARLY CHILDHOOD EDUCATOR CANDIDATES
Assoc. Prof. Nisa Gökden KAYA	*Hitit University, Türkiye*	THE ROLE OF THE FAMILY IN SUPPORTING LEARNING MOTIVATION IN GIFTED CHILDREN
Assoc. Prof. Nisa Gökden KAYA	*Hitit University, Türkiye*	PROBLEMS THAT MAY ARISE IN GIFTED CHILDREN DUE TO ASYNCHRONOUS DEVELOPMENT AND SUGGESTED SOLUTIONS

26.05.2026 TUESDAY	Online Session-2 · Hall-3 Ankara Local Time: 11:30-13:30 Tirana Local Time: 10:30-12:30	MEETING ID 844 6001 0824	PASSCODE 262626

HEAD OF SESSION: Seda OĞUR

AUTHOR(S)	ORGANISATION	TOPIC TITLE
Cemal Baran BALKAYA Alkım GOKCEN Prof. Dr. Savaş SAHIN	*Izmir Kâtip Celebi University, Türkiye* *Baylan Water & Energy Meters, Türkiye*	DESIGN AND OPTIMIZATION OF A CROSS-CORRELATION BASED FLOWMETER FOR CLAMP-ON ULTRASONIC WATER METERS
Meliha AYDIN Gürkan TOPKARA Prof. Dr. Savaş ŞAHİN	*İzmir Katip Çelebi University, Türkiye* *Kentkart Ege Electronics Industry and Trade Inc.,Türkiye*	REAL-TIME PASSENGER DENSITY DETECTION AND INFORMATION SYSTEM FOR PUBLIC TRANSPORT VEHICLES BASED ON ARM MICROPROCESSOR AND EMBEDDED MACHINE LEARNING
Egehan ÖZAYDIN Emre ÇANCIOĞLU Prof. Dr. Savaş ŞAHİN	*İzmir Katip Çelebi University, Türkiye* *nci GS Yuasa Battery Industry and Trade Inc.,Türkiye*	MACHINE LEARNING–ASSISTED MONITORING AND DATA ACQUISITION SYSTEM FOR ELECTRICITY AND COMPRESSED GAS CONSUMPTION FORECASTING IN BATTERY PRODUCTION LINES
Yasin FIRILDAK Uğur TÜMER Emre ULUKAN Prof. Dr. Savaş ŞAHİN	*İzmir Katip Çelebi University, Türkiye* *Emas Machinery Industry and Trade Inc., Türkiye*	DEVELOPMENT OF ULTRA LOW POWER CONSUMPTION WIRELESS ROOM THERMOSTAT FOR COMBI BOILERS
Uğur TÜMER Emre ULUKAN Prof. Dr. Savaş ŞAHİN	*İzmir Katip Çelebi University, Türkiye* *Emas Machinery Industry and Trade Inc., Türkiye*	COMPARISON OF PI AUTO TUNING METHODS ON AN INDUSTRIAL BLDC MOTOR APPLICATION FOR SPEED CONTROL
Etibar VAZIROV Sarkhan ARKHMAMMADOV Raul SULEYMANZADA	*ADA University, Azerbaijan*	GRAPH NEURAL NETWORKS VS TRADITIONAL MODELS FOR SPATIAL TRAFFIC CLASSIFICATION
Arman GÜRDAL Prof. Femin YALCIN	*İzmir Katip Çelebi University, Türkiye*	A REGRESSION, BAYESIAN UNCERTAINTY, AND ATTENTION-BASED DECISION SUPPORT FRAMEWORK FOR HISTOPATHOLOGICAL BREAST CANCER ANALYSIS

26.05.2026 TUESDAY	Online Session-2 · Hall-4 Ankara Local Time: 11:30-13:30 Tirana Local Time: 10:30-12:30	MEETING ID 844 6001 0824	PASSCODE 262626

HEAD OF SESSION: Prof. Dr. Shabnum SHAHEEN

AUTHOR(S)	ORGANISATION	TOPIC TITLE
Soukaina EL BOURACHDI Yassine RAKCHO Amal LAHKIMI	*Sidi Mohamed Ben Abdellah University, Morocco* *Cadi Ayyad University, Morocco*	ADSORPTION: A COMPREHENSIVE INVESTIGATION COMBINING DENSITY FUNCTIONAL THEORY (DFT) THEORETICAL ANALYSIS, RIGOROUS EXPERIMENTAL EVALUATION, AND PROCESS OPTIMIZATION USING RESPONSE SURFACE METHODOLOGY (RSM) TO ELUCIDATE ADSORPTION MECHANISMS
Demelash Hailu MITIKU Ashagrie ZEWDU	*Addis Ababa University, Ethiopia*	SUSTAINABILITY, CONSUMER ACCEPTABILITY, AND CIRCULAR ECONOMY STRATEGIES FOR FRUIT WASTE-BASED FUNCTIONAL FOODS IN ETHIOPIA
Prof. Dr. Shabnum SHAHEEN	*Lahore College for Women University, Pakistan*	GREENING APICULTURE: MELISSOPALYNOLOGICAL INSIGHTS INTO CLIMATE-SMART HONEYBEE FORAGE MANAGEMENT FOR SUSTAINABLE BIODIVERSITY AND FOOD SYSTEMS
Prof. Dr. Skender DEMAKU Donika SYLEJMANI Arbnorë ALIU Jetë MALIQI	*University of Prishtina "Hasan Prishtina", Kosovo*	ENVIRONMENTAL IMPACT ASSESSMENT BASED ON PHYSICOCHEMICAL AND BIOLOGICAL INDICATORS: EVIDENCE FROM ARTANË MINE WASTE
Prof. Dr. Skender DEMAKU Arbnorë ALIU Donika SYLEJMANI Bahrije DOBRA	*University of Prishtina "Hasan Prishtina", Kosovo*	RESEARCH ON PHYSICOCHEMICAL AND BIOLOGICAL PARAMETERS, AS WELL AS HEAVY METAL LEVELS IN THE WATER AND SEDIMENT OF HERTICA ARTIFICIAL LAKE, MUNICIPALITY OF PODUJEVA
Prof. M A QURAISHI	*Indian Institute of Technology BHU Varanasi, India*	RECENT ADVANCES IN GREEN CORROSION INHIBITORS: FROM FUNDAMENTAL RESEARCH TO INDUSTRIAL PRACTICE
Soraia Inês PEDRO Tiago Daniel Pereira Adriano FERNANDES Alexandra Maria Moita ANTUNES Eugenia GALLARDO Ofélia Maria Serralha dos ANJOS	*Polytechnic Institute of Castelo Branco, Portugal*	COMPARATIVE COMPOSITION OF DIFFERENT PARTS OF ACACIA MEARNSII
Asst. Prof. Hamza MAROUANI Asst. Prof. El Mehdi MAJDI	*Hassan II University of Casablanca, Morocco*	CHEMICAL PREPARATION, CRYSTAL STRUCTURE REINVESTIGATION, AND VIBRATIONAL STUDY OF META-CARBOXYPHENYL AMMONIUM DIHYDROGENOMONOPHOSPHATE (C7H4NH3OOH)H2PO4
Dr. Seyfaddin JAFAROV	*Nakhchivan State University, Azerbaijan*	MORPHOLOGY AND OPTICAL PROPERTIES OF CDSE;0.5%HO NANOLAYERS GAINED BY PULSE LASER DEPOSITION METHOD

26.05.2026 TUESDAY	Online Session-2 · Hall-5 Ankara Local Time: 11:30-13:30 Tirana Local Time: 10:30-12:30	MEETING ID 844 6001 0824	PASSCODE 262626

HEAD OF SESSION: Prof. Gabrijel ONDRASEK

AUTHOR(S)	ORGANISATION	TOPIC TITLE
Carlos A. L. ANTUNES Soraia Inês PEDRO Ilda CALDEİRA Ofélia ANJOS	*Polytechnic Institute of Castelo Branco, Portugal* *National Institute for Agricultural and Veterinary Research (INIAV), Portugal*	CHARACTERISATION OF THE VOLATILE COMPOSITION OF AGEING ARBUTUS UNEDO FRUIT SPIRIT WITH CHROMATOGRAPHIC AND SPECTROSCOPIC TECHNIQUES
Omu Okiemute Odangowei Inetiminebi OGIDI	*Federal Polytechnic Ekowe, Nigeria* *Bayelsa Medical University, Nigeria*	DETERMINATION OF PROXIMATE AND MINERAL COMPOSITIONS OF SOME SELECTED NIGERIAN POLY-HERBAL FORMULATIONS
Ravana GULIYEVA Narmin MAMMADOVA Milana AKIFLI Zaur AHMADOV Fatime QULUYEVA	*Baku State University, Azerbaijan* *Khazar University, Azerbaijan* *Ganja State University, Azerbaijan*	FROM GENES TO NEURONS: ADVANCED GENETIC ENGINEERING IN NEUROLOGICAL MEDICINE
Ravana GULIYEVA Nigar ALIYEVA Aytac ISMAYILOVA Fatime QULUYEVA	*Baku State University, Azerbaijan* *Ganja State University, Azerbaijan*	THE BIOLOGICAL ROLE OF CHEMICAL REACTIONS IN LIVING ORGANISMS: A BIOCHEMICAL PERSPECTIVE
Md. Selim ALI	*University of Rajshahi, Bangladesh*	LABORATORY DIAGNOSIS AND ANTIBIOTIC RESISTANCE PROFILING OF BACTERIAL PATHOGENS ISOLATED FROM DIFFERENT CLINICAL SAMPLES AT RAJSHAHI MEDICAL COLLEGE HOSPITAL, RAJSHAHI, BANGLADESH
MSc Dragana MEKIĆ Prof. Gyöngyi VASTAG Prof. Borko MATIJEVIĆ Dr. Gorana MRĐAN Assoc. Prof. Suzana APOSTOLOV	*University of Novi Sad, Serbia*	CHROMATOGRAPHIC ASSESSMENT OF LIPOPHILICITY AND PHARMACOKINETIC PROPERTIES OF THIOCARBOHYDRAZONES
Prof. Gabrijel ONDRASEK Asst. Prof. Jelena HORVATINEC ISAKOVIĆ	*University of Zagreb, Croatia*	GLOBAL METAL CONTAMINATION: ENVIRONMENTAL PATHWAYS, HUMAN HEALTH RISKS, AND SUSTAINABLE REMEDIATION
Nihal MESMOUDI Khawla AMMOUCH Dr. Siham MESMOUDI Prof. Abdellah MOUSTAGHFIR Dr. Naoual OUKKACHE	*Mohammed V University in Rabat, Morocco*	PATHOPHYSIOLOGICAL EFFECTS OF DABOIA MAURITANICA VENOM: INSIGHTS INTO MOROCCAN VIPER ENVENOMATION
Shahzaib KHAN Prof. Muhammad USMAN	*Government College University Faisalabad, Pakistan*	ADVANCED MIXED METAL OXIDE NANOCOMPOSITE FOR ASYMMETRIC SUPERCAPACITORS

26.05.2026 TUESDAY	Online Session-2 · Hall-6 Ankara Local Time: 11:30-13:30 Tirana Local Time: 10:30-12:30	MEETING ID 844 6001 0824	PASSCODE 262626

HEAD OF SESSION: Asst. Prof. Hanane MESSIAD

AUTHOR(S)	ORGANISATION	TOPIC TITLE
Rushail NAZISH	*University of Management and Technology, Pakistan*	USING COMPUTER-BASED METHODS TO IDENTIFY PLANT-DERIVED COMPOUNDS AGAINST OVARIAN CANCER: A STUDY TARGETING ALDH1A1
Sumaiya PARVEEN Prof. Vakeel A. KHAN	*Aligarh Muslim University, India*	A NEW PERSPECTIVE ON STATISTICAL SUMMABILITY IN NEUTROSOPHIC NON-ARCHIMEDEAN SEQUENCES
Dr. K. VIGNESH	*Palar Agricultural College, India*	IN-PLANTA TARGETING AND CLEAVAGE OF VIRAL DNA/RNA GENOMES USING CRISPR/CAS SYSTEMS
Asst. Prof. Hanane MESSIAD Asst. Prof. Tarek YOUSFI	*University of 8 Mai 1945 Guelma, Algeria* *National Center for Biotechnology Research, Algeria*	3',5,7-TRIHYDROXY-4'-METHOXYFLAVANONE COMPUTATIONAL METHODS FOR MODELING CYCLODEXTRIN-DRUG SYSTEMS
Dr. Nacima DIAB Dr. Asma BOUCIF	*Scientific and Technical Research Center on Arid Regions (CRSTRA), Algeria* *Biskra University, Algeria*	ETHNOPHARMACOLOGICAL POTENTIAL AND INDIGENOUS KNOWLEDGE OF POISONOUS SPONTANEOUS FLORA IN SOUTHEASTERN ALGERIA
PhD Gulnar ATAKISHIYEVA PhD Sevinc MUKHTAROVA Ayten QAJAR PhD Nigar AHMEDOVA Irada SHIKHALIYEVA Assoc. Prof. Gulnara BABAYEVA	*Baku State University, Azerbaijan* *Azerbaijan Technical University, Azerbaijan* *Azerbaijan State Pedagogical University, Azerbaijan*	ANALYSIS OF SWISSADME RESULTS FOR (E)-1-(1-(4-(TERT-BUTYL)PHENYL)-2,2-DICHLOROVINYL)-2-(M-TOLYL)DIAZENE COMPOUND
Shianta JAHAN	*University of Rajshahi, Bangladesh*	EVALUATION OF THE ANTIBACTERIAL POTENTIAL OF COMBINED ETHANOLIC EXTRACTS OF CHENOPODIUM ALBUM, MUSA SPP., AND CALOTROPIS GIGANTEA
PhD Gulnar ATAKISHIYEVA PhD Sevinç MUKHTAROVA Shafiga İBRAHIMOVA Ayten QAJAR Teymur SADIXLI	*Baku State University, Azerbaijan* *Azerbaijan Technical University, Azerbaijan*	COMPARATIVE MOLECULAR DOCKING ANALYSIS OF FURAN DERIVATIVE AS DNA GYRASE B INHIBITORS

26.05.2026 TUESDAY	Online Session-2 · Hall-7 Ankara Local Time: 11:30-13:30 Tirana Local Time: 10:30-12:30	MEETING ID 844 6001 0824	PASSCODE 262626

HEAD OF SESSION: Prof. Gianluca Pasquale TODISCO

AUTHOR(S)	ORGANISATION	TOPIC TITLE
Prof. Gianluca Pasquale TODISCO	*University of Salerno, Italy*	SYNERGIES BETWEEN NEUROARCHITECTURE, SPECIAL EDUCATION, AND ART INCLUSION METHODOLOGY
Karatzia FANI Sonia Garcia SEGURA	*University of Córdoba, Spain*	ENTREPRENEURSHIP IN ADULT EDUCATION: CHALLENGES, RESISTANCE AND THE ROLE OF LEADERSHIP
Liliana Diana CIOBOTARIU	*Alexandru Ioan Cuza University of Iași, Romania*	BIBLICAL FINANCIAL PRINCIPLES AS PEDAGOGICAL INSTRUMENTS IN CONTEMPORARY FINANCIAL EDUCATION
Asst. Prof. Violla MAKHZOUM Ghina Nabil ELZEIN Maria Bdadouni Abdel NOUR	*Islamic University of Lebanon* *Saint Joseph University of Beirut, Lebanon*	PREPARING STUDENTS FOR GLOBAL CHANGE THROUGH LIFELONG LEARNING
Dr. Samia MOUSTAGHFIR Sakina EL KHATTABI	*Ibn Tofail University, Morocco*	RETHINKING TEACHER EDUCATION DEVELOPMENT IN CONTEMPORARY EDUCATION: CHALLENGES AND EMERGING PERSPECTIVES
Nigar ISAYEVA	*Azerbaijan National Academy of Sciences, Azerbaijan*	BIOGRAPHICAL NOVEL AS A FORM OF HISTORICAL COGNITION: THE INTERACTION OF FACT AND ARTISTIC INTERPRETATION

26.05.2026 TUESDAY	Online Session-3 · Hall-1 Ankara Local Time: 14:00-16:00 Tirana Local Time: 13:00-15:00	MEETING ID 844 6001 0824	PASSCODE 262626

HEAD OF SESSION: Birce Beliz HAMUT		
AUTHOR(S)	**ORGANISATION**	**TOPIC TITLE**
Asst. Prof. Dr. Gizem ÖZAL CANPOLAT	*Niğde Ömer Halisdemir University, Türkiye*	RETHINKING ARCHITECTURAL HISTORY IN THE AGE OF DATA
Gülseren Nur ÖZÇAKIR Dr. Mahsa TEKİN	*İstanbul Nişantaşı University, Türkiye*	THE EFFECTS OF URBAN CHANGE ON IDENTITY AND URBAN DESIGN: THE CASE OF BAĞDAT AVENUE
Sena Erenel Asst. Prof. Dr. Savaş SARIHAN	*Haliç University, Türkiye*	THE INFLUENCE OF RETRO-FUTURISM AND Y2K AESTHETICS ON GRAPHIC DESIGN
Res. Asst. Sümeyra AKGÜN Prof. Dr. Ümit Turgay ARPACIOĞLU	*Altınbaş University, Türkiye* *Mimar Sinan Fine Arts University, Türkiye*	GLARE PROBLEMS CAUSED BY DAYLIGHT IN OFFICE SPACES
Aslıhan HÜNÜK Asst. Prof. Dr. Nuşin KARA	*Maltepe University, Türkiye*	THE RELATIONSHIP BETWEEN SPATIAL QUALITY AND USER SATISFACTION IN THE REPURPOSING OF URBAN DERELICT SPACES: THE CASE OF TERMINAL KADIKÖY
Bora ÇOLAKOĞLU Assoc. Prof. Dr. Yüksel BALABAN	*İstanbul University, Türkiye*	THE PANOPTICON AND CINEMA: AN ANALYSIS OF THE FILM WALL-E
Asst. Prof. Canan Gülseren İnan KONUKOĞLU	*Istanbul Topkapi University, Türkiye*	THE CARTOGRAPHY OF CINEMA: THE ACT OF INTENTIONAL STILLNESS AS A MEANS OF LACONIC EXPRESSION
Aslı AYDAR	*Dokuz Eylül University, Türkiye*	RELIGIOUS MUSIC PRACTICES OF THE ORTHODOX GREEK COMMUNITY OF IZMIR

26.05.2026 TUESDAY	Online Session-3 · Hall-2 Ankara Local Time: 14:00-16:00 Tirana Local Time: 13:00-15:00	MEETING ID 844 6001 0824	PASSCODE 262626

HEAD OF SESSION: Asst. Prof. Dr. Recep BOZKURT

AUTHOR(S)	ORGANISATION	TOPIC TITLE
Dr. Erdinç ALTINÇEKİÇ Assoc. Prof. Şeniz ÖZİŞ ALTINÇEKİÇ Asst. Prof. Dr. Sevil ÇALIŞKAN ELEREN	*Central Research Institute for Food and Feed Control, Türkiye* *Bursa Uludağ University, Türkiye*	ENVIRONMENTAL IMPACTS OF MACROALGAE USE IN STRATEGIES FOR MITIGATING ENTERIC METHANE EMISSIONS FROM RUMINANTS
Asst. Prof. Dr. Nilgün AYDIN Nesimi İLİK Prof. Dr. Barış SARI	*Kafkas University, Türkiye*	LEISHMANIASIS IN DOGS: A CASE SERIES OF FIVE CASES
Asst. Prof. Dr. Nilgün AYDIN Asst. Prof. Dr. Neslihan OLMEZ Asst. Prof. Dr. Şemistan KIZILTEPE	*Kafkas University, Türkiye* *Iğdır University, Türkiye*	TICK INFESTATION IN SHEEP FROM IĞDIR PROVINCE, TÜRKIYE: PREVALENCE, SPECIES COMPOSITION AND GRAZING-RELATED RISK FACTORS
Res. Asst. Dr. Sezen TAYAM Assoc. Prof. Dr. Sibel ERDOĞAN Asst. Prof. Dr. Mehmet Reşit KARAGEÇİLİ	*Muş Alparslan University, Türkiye* *Van Yüzüncü Yıl University, Türkiye*	EFFECTS OF PLANT-DERIVED PHYTOBIOTICS SUPPLEMENTATION IN POULTRY NUTRITION
Res. Asst. Dr. Sezen TAYAM Assoc. Prof. Dr. Sibel ERDOĞAN Asst. Prof. Dr. Mehmet Reşit KARAGEÇİLİ	*Muş Alparslan University, Türkiye* *Van Yüzüncü Yıl University, Türkiye*	PERILLA FRUTESCENS IN ANIMAL NUTRITION
Assoc. Prof. İhsan KISADERE Asst. Prof. Hasan SUSAR Asst. Prof. Tevhide Elif GÜNER	*Balıkesir University, Türkiye*	THE EFFECTS OF ALIVE OR HEAT-KILLED LACTOBACILLUS REUTERI (L. REUTERI) ADMINISTRATION ON SOME HEMATOLOGICAL AND BIOCHEMICAL PARAMETERS IN RATS EXPOSED TO CADMIUM (CD)
Deniz ÖZDEMİR	*Ankara University, Türkiye*	MANAGEMENT OF ANOREXIA IN CHRONIC KIDNEY DISEASE IN DOGS: THE THERAPEUTIC POTENTIAL OF GHRELIN RECEPTOR AGONISTS

26.05.2026 TUESDAY	Online Session-3 · Hall-3 Ankara Local Time: 14:00-16:00 Tirana Local Time: 13:00-15:00	MEETING ID 844 6001 0824	PASSCODE 262626

HEAD OF SESSION: Assist. Prof. Dr. Melek Gökmen KARAKAYA

AUTHOR(S)	ORGANISATION	TOPIC TITLE
Res. Asst. Dr. Ali Orkun ÇAĞIRTEKİN Assoc. Prof. Dr. Sezen TEKİN Assoc. Prof. Dr. Irmak KARADUMAN ER Prof. Dr. Selim ACAR	*Gazi University, Türkiye* *Cankiri Karatekin University, Türkiye*	INVESTIGATION OF CURRENT–VOLTAGE (I–V) CHARACTERISTICS UNDER DIFFERENT WAVELENGTH ILLUMINATION
Kübra ARANCI Dr. Ahmet Akif KIZILKURTLU Zeynep Sude ÇİFTÇİBAŞI Dr. Sevgi GÜLYÜZ Assoc. Prof. Dr. Sevde ALTUNTAŞ Dr. Özgür YILMAZ	*Marmara University, İstanbul Atlas University, Gebze Technical University, TÜBİTAK Marmara Research Center, University of Health Sciences, İstanbul University, Türkiye*	TARGETING AQUACULTURE PATHOGENS: SYNTHESIS, CHARACTERIZATION, AND LIGAND TRACER STUDIES OF ANTIMICROBIAL PEPTIDES AGAINST AEROMONAS HYDROPHILA
Ecem IŞIK Ebubekir DİŞLİ	*Gemak Food Industry Machinery and Trade Inc., Türkiye*	DESIGN AND PROTOTYPE MANUFACTURING OF AN INTEGRATED TRIPLE MIXING UNIT FOR FRUIT JUICE AND CARBONATED BEVERAGES
Muhammet TANRIVERDİ Res. Asst. Dr. Salih DİKİLİTAŞ Prof. Dr. Özlem AKSOY	*Kocaeli University, Türkiye*	THE EFFECTS OF SOME ECO-FRIENDLY AND STANDARD DISHWASHER DETERGENTS ON MITOSIS IN ALLIUM SATIVUM L.
Asst. Prof. Alican ÇIVĞA Res. Asst. Nazlı ÖĞÜT	*Isparta University of Applied Sciences, Türkiye*	MODELING AND MAPPING THE POTENTIAL SPATIAL DISTRIBUTION OF ORIGANUM MAJORANA L. (MARJORAM)
Sezer ÇELİK	*Fırat University, Türkiye*	MASS EXTINCTION
Asst. Prof. Dr. Şeyma Büşra GÜNCÜ	*Istanbul Beykent University, Türkiye*	A COMPARATIVE CONTENT ANALYSIS OF THE VISUAL COMMUNICATION PERFORMANCE OF SUSTAINABILITY CERTIFICATIONS IN THE TEXTILE INDUSTRY THROUGH GLOBAL BRANDS
Asst. Prof. Dr. Şeyma Büşra GÜNCÜ Lecturer Gamze DUMLU	*Istanbul Beykent University, Türkiye*	THE ROLE OF SCIENTIFIC VISUALIZATION TECHNIQUES IN ENGINEERING DOCUMENTATION: SYSTEMATIC ANALYSIS OF COMPLEX TEXTILE MECHANISMS AND SAMPLE FORMS

26.05.2026 TUESDAY	Online Session-3 · Hall-4 Ankara Local Time: 14:00-16:00 Tirana Local Time: 13:00-15:00	MEETING ID 844 6001 0824	PASSCODE 262626

HEAD OF SESSION: Dr. Sc. Valbon BYTYQI

AUTHOR(S)	ORGANISATION	TOPIC TITLE
Abubakar Abdulkadir ABUABDIN	*Federal University Gusau, Nigeria*	STRATEGIC AGILITY THROUGH AMBIDEXTROUS MARKETING: A CONCEPTUAL FRAMEWORK FOR ENTREPRENEURIAL FIRMS NAVIGATING POLYCRISIS
Faton MORINA Dr. Sc. Valbon BYTYQI	*University of Tirana, Albania* *University of Prishtina, Kosovo*	USING GIS TO PROMOTE TOURISM: CASE STUDY – KOSOVO
José Moleiro MARTINS Cecília Morais MARTINS	*ISCAL-Polytechnic University of Lisbon, Portugal*	DIGITAL STEWARDSHIP AND WELL-BEING IN LISBON FAMILY BUSINESSES
PhD Sodikov Mirziyo Odiljon UGLI	*Tashkent State University of Economics, Uzbekistan*	ECOTOURISM IN UZBEKISTAN: ASSESSING THE DEVELOPMENT POTENTIAL, STRUCTURAL CONSTRAINTS, AND TERRITORIAL PATHWAYS WITH SPECIAL REFERENCE TO BOSTANLYK DISTRICT (TASHKENT REGION)
PhD. Bitila ZHULI PhD. Aldona MINGA	*"Eqrem Çabej" University, Albania* *"Fan S. Noli" University, Albania*	DIGITAL SKILLS AND AI GOVERNANCE AS DRIVERS OF INSTITUTIONAL PERFORMANCE IN ALBANIAN PUBLIC ADMINISTRATION REFORM
Éva KOVÁCSNÉ LACZKÓ Gábor KOVÁCS Éva LÖWE	*University of Sopron, Hungary*	TALENT MANAGEMENT ANALYSIS OF MULTINATIONAL COMPANIES WITH SUBSIDIARIES IN HUNGARY BASED ON JANUARY 2022 DATA
Dr. Zahiduzzaman ZAHID Mufti Md. Maksudul HAQUE Mufti Md Mahfujur RAHMAN	*University of the Cumberlands, United States*	SUSTAINABLE PROSPERITY THROUGH UMMAH'S UNITY: THE ROLE OF AI-ENABLED ISLAMIC FINTECH IN ACHIEVING MAQĀṢID AL-SHARĪʿAH

26.05.2026 TUESDAY	Online Session-3 · Hall-5 Ankara Local Time: 14:00-16:00 Tirana Local Time: 13:00-15:00	MEETING ID 844 6001 0824	PASSCODE 262626

HEAD OF SESSION: Dr. Mirela LAZIMI

AUTHOR(S)	ORGANISATION	TOPIC TITLE
Paulus SIMAMORA Ronal LIMBONG	*Universitas Kristen Indonesia, Indonesia*	RECONSTRUCTION OF THE LEARNING EVALUATION SYSTEM IN CHRISTIAN RELIGIOUS EDUCATION BASED ON CHARACTER ASSESSMENT AND FAITH GROWTH
Oksana SHOVAK Tetiana POCHEPETSKA Olha KISHKO Natalia PETIY	*Uzhhorod National University, Ukraine*	GRAMMAR BEYOND THE RULE BOOK: RETHINKING GRAMMAR INSTRUCTION FOR UNIVERSITY EFL LEARNERS
Sándor FÖLDVÁRI	*Debrecen University, Hungary*	HUNGARIAN RIGHT-WING AMBITIONS IN THE EARLY 21ST CENTURY TOWARD THE REVISION OF THE TRIANON TREATY
Samir MERADI Naima LABIAD Hela DIOUANI	*Djillali Liabès University, Algeria*	THE IMPACT OF AI-POWERED DIGITAL MARKETING ON CONSUMER TRUST AND ENGAGEMENT: A COMPARATIVE STUDY OF HUMAN AND AI-GENERATED BRAND CONTENT
Anga Peter INALEGWU	*Federal University of Technology, Nigeria*	DEVELOPMENT AND IMPLEMENTATION OF A VIRTUAL CHEMISTRY LABORATORY FOR ENHANCING LEARNING OUTCOMES AMONG SECONDARY SCHOOL STUDENTS IN ABUJA, NIGERIA
Dr. Kumar AMIT	*Dayanand Anglo-Vedic (PG) College, India*	A GEOGRAPHICAL STUDY OF HEALTH AND QUALITY OF LIFE OF ELDERLY POPULATION IN LUCKNOW
Assoc. Prof. Dr. Nino LOMSADZE Assoc. Prof. Dr. Nino BOCHORISHVILI Assoc. Prof. Dr. Marika KATAMADZE	*Georgian Technical University, Georgia*	AN ANALYSIS OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN LESSON GENERATION AND CURRICULUM ALIGNMENT
Dr. Mirela LAZIMI	*"Aleksander Moisiu" University of Durres, Albania*	ACTIVE AGING AND SOCIAL INCLUSION OF OLDER ADULTS IN MODERN SOCIETY

26.05.2026 TUESDAY	Online Session-3 · Hall-6 Ankara Local Time: 14:00-16:00 Tirana Local Time: 13:00-15:00	MEETING ID 844 6001 0824	PASSCODE 262626

HEAD OF SESSION: Dr. Ardita DYLGJERI

AUTHOR(S)	ORGANISATION	TOPIC TITLE
Prof. Dr. Ananda MAJUMDAR	*Harvard University, United States*	EXPLORING MATERIAL CULTURE IN OLD NORSE LITERATURE
Ajayi, Olayemi T. AJAYI Omotosho, Azeez O. OMOTOSHO	*Lead City University, Nigeria* *Olabisi Onabanjo University, Nigeria*	EXPLORING GENDER DYNAMICS IN ART HISTORY: FEMINIST PERSPECTIVES ON THE REPRESENTATION AND RECOGNITION OF WOMEN ARTISTS IN NIGERIA
Ajayi, Olayemi T. AJAYI Adaradohun, Ayodele V. ADARADOHUN	*Lead City University, Nigeria* *The Federal Polytechnic, Nigeria*	VISUAL ARTS AND THE BUILT ENVIRONMENT: ASSESSMENT OF FONPI STUDENTS' PERCEPTION OF MURAL PAINTINGS WITHIN THE POLYTECHNIC
Dr. Ardita DYLGJERI	*University of Elbasan "Aleksander Xhuvani", Albania*	CONVERSATIONAL MAXIMS IN DIGITAL COMMUNICATION: A STUDY OF WHATSAPP INTERACTION
Asst. Prof. Sheyla MORONI	*University of Florence, Italy*	NOSTALGIA, SERIES AND IMAGINED EMPIRES: HOW TV SERIES REWRITE HISTORY
Michele MANIGRASSO	*Università G. d'Annunzio di Chieti-Pescara, Italy*	GEOGRAPHIES OF THE INVISIBLE: THE CITY OF THE HOMELESS AS A RADICAL PRACTICE OF DWELLING
Munevver PAZHARBEK	*Saken Seifullin Kazakh Agrotechnical University, Kazakhstan*	THE MODERN FEMININE IDEAL: DIGITAL CULTURE, PSYCHOLOGICAL PRESSURE, AND THE CONSTRUCTION OF FEMALE SELF-WORTH
Munevver PAZHARBEK	*Saken Seifullin Kazakh Agrotechnical University, Kazakhstan*	SOCIAL MEDIA, COGNITIVE MANIPULATION, AND MENTAL HEALTH IN THE INFORMATION AGE
Munevver PAZHARBEK	*Saken Seifullin Kazakh Agrotechnical University, Kazakhstan*	INVISIBLE STRUGGLES: PSYCHOLOGICAL MASKING, MEDICAL GENDER BIAS, AND THE MENTAL HEALTH OF WOMEN
Abdourahamane AMADOU ABDOURAHAMANE Dr. Ayodele Adebayo ALLAGBE Dr. Franck AMOUSSOU	*Université André Salifou de Zinder, Niger*	DEICTIC FEATURES IN "THE INDIAN LOVE MOVIE"

26.05.2026 TUESDAY	Online Session-3 · Hall-7 Ankara Local Time: 14:00-16:00 Tirana Local Time: 13:00-15:00	MEETING ID 844 6001 0824	PASSCODE 262626

HEAD OF SESSION: Prof. Dr. Manole COJOCARU

AUTHOR(S)	ORGANISATION	TOPIC TITLE
Asst. Prof. Mountaha MAHNANE Asst. Prof. Wissem MAHNANE Prof. Nabila BELYAGOUBI-BENHAMMOU Prof. Larbi BELYAGOUBI	*University Abou-Bekr Belkaïd, Algeria*	FROM PLANTS TO SKIN REPAIR: THE PROMISING ROLE OF SAPONINS IN ACCELERATING BURN WOUND HEALING AND TISSUE REGENERATION
Asst. Prof. Wissem MAHNANE Asst. Prof. Mountaha MAHNANE Prof. Nabila BELYAGOUBI-BENHAMMOU	*University Abou-Bekr Belkaïd, Algeria*	BIOACTIVE AND THERAPEUTIC POTENTIAL OF METHYLEPHEDRINE-RICH EXTRACTS FROM EPHEDRA ALATA: ANTIOXIDANT ACTIVITY AND PROSPECTS FOR NATURAL ANTI-INFLAMMATORY FORMULATION DEVELOPMENT
Dr. Emine SEYDAMETOVA Junhyeok BYEON Prof. Seon-Won KIM	*Gyeongsang National University, Republic of Korea*	POLYUNSATURATED FATTY ACIDS: HEALTH IMPACTS, CHALLENGES WITH PRIMARY SOURCES AND POSSIBLE SOLUTIONS
Shirinjemal DOVLETOVA Bahadir YULDASHOV	*Oguz Han Engineering and Technology University of Turkmenistan, Turkmenistan*	SUSTAINABLE FABRICATION OF A NATURAL POLYMER-BASED BIOPLASTIC USING AGAR, GELATIN, AND GLYCERIN: A LOW-COST APPROACH TO ECO-FRIENDLY MATERIAL DESIGN
Wodu Douye PERE-ERE	*Federal Polytechnic Ekowe, Nigeria*	TOWARDS SUSTAINABLE CITIES: INTEGRATING ENVIRONMENTAL MANAGEMENT WITH SPATIAL PLANNING
Tasawar IQBAL Sidra ALTAF	*University of Agriculture Faisalabad, Pakistan*	GRAPE (VITIS VINIFERA) JUICE AS A HERBAL REMEDY FOR REDUCING LUNG CONGESTION AND MUCUS ACCUMULATION
Gheorghe GIURGIU Prof. Dr. Manole COJOCARU	*Deniplant-Aide Sante Medical Center, Romania* *Titu Maiorescu University, Romania*	THE GUT-BRAIN-SKIN AXIS IN ACNE: IMPACT OF POLENODERM
M.A. Tran Trung DU M.A. Phan Ngoc Thiet KE	*Tay Do University, Vietnam*	COMPARATIVE ANALYSIS OF MOVEMENT PATTERNS AND LOWER-LIMB BIOMECHANICAL DEMANDS IN PICKLEBALL AND OTHER RACKET SPORTS

26.05.2026 TUESDAY	Online Session-4 · Hall-1 Ankara Local Time: 16:30-18:30 Tirana Local Time: 15:30-17:30	MEETING ID 844 6001 0824	PASSCODE 262626

HEAD OF SESSION: Dr. Mehmet Mert TUNÇMAN

AUTHOR(S)	ORGANISATION	TOPIC TITLE
Assoc. Prof. Dr. Berna BULĞURCU Tesnim BIKERA	*Çukurova University, Türkiye*	THE ROLE OF THE SIMOS TECHNIQUE IN DECISION-MAKING PROBLEMS
Togzhan ARTYKBEK Asst. Prof. Tolga TÜRKÖZ	*Istanbul Aydin University, Türkiye*	LEADERSHIP STYLES AND EMPLOYEES' INTENTION TO STAY: A MULTIGENERATIONAL WORKFORCE PERSPECTIVE
Assoc. Prof. Dr. Zerrin FIRAT Nergiz DURSUN Tuğba TUFAN Asst. Prof. Dr. ŞÜKRÜ DOKUR	*Bursa Uludağ University, Türkiye*	THE IMPACT OF FINANCIAL DATA QUALITY ON BUSINESS RISK MANAGEMENT: A CONCEPTUAL FRAMEWORK FOR TURKISH SMES
Assoc. Prof. Dr. Zerrin FIRAT Nergiz DURSUN Tuğba TUFAN Asst. Prof. Dr. ŞÜKRÜ DOKUR	*Bursa Uludağ University, Türkiye*	ACCOUNT READABILITY FROM THE MANAGERIAL PERSPECTIVE: A CONCEPTUAL EVALUATION OF THE MANAGERIAL USE OF THE UNIFORM CHART OF ACCOUNTS
Sermet DOĞAN Prof. Dr. Sinan AYTEKİN	*Balıkesir University, Türkiye*	ENTROPY, VOLATILITY AND TIME-VARYING MARKET EFFICIENCY: EVIDENCE FROM EUROPEAN FINANCIAL MARKETS
Shafira Iradayanti Syauqina FIRDAUSA Doğan ŞENGÜL	*İstanbul Sabahattin Zaim University, Türkiye*	AN INTERVAL TYPE-2 FUZZY TOPSIS BENCHMARKING FRAMEWORK FOR ONLINE COMPLAINT MANAGEMENT QUALITY ACROSS CROSS-BORDER SERVICE PLATFORMS
Berna (KIRAN) BULĞURCU Sumaya ALTORK	*Cukurova University, Türkiye*	QUANTITATIVE APPROACH IN DECISION-MAKING: THE CILOS METHOD
Rehana Afrika Rahma Alfatah ALFATAH Doğan ŞENGÜL	*İstanbul Sabahattin Zaim University, Türkiye*	A PICTURE FUZZY CRITIC–CODAS DECISION FRAMEWORK FOR BENCHMARKING ONLINE COMPLAINT MANAGEMENT QUALITY IN CONSUMER ELECTRONICS SERVICE

26.05.2026 TUESDAY	Online Session-4 · Hall-2 Ankara Local Time: 16:30-18:30 Tirana Local Time: 15:30-17:30	MEETING ID 844 6001 0824	PASSCODE 262626

HEAD OF SESSION: Dr. Erhan AKALP

AUTHOR(S)	ORGANISATION	TOPIC TITLE
Yahya SOLAK Asst. Prof. Dr. Murat ÖNDER	*Gazi University, Türkiye*	THE SUITABILITY OF CITIES FOR AUTONOMOUS VEHICLES: THE CASE OF ANKARA
İbrahim Hakkı KOÇ Sinan Emre ÖZEN Oğuzhan GÜLER Dr. Burhan ŞAHİN	*Ankara Yıldırım Beyazıt University, Türkiye* *Turkish Aerospace Industries (TAI), Türkiye*	A NUMERICAL STUDY ON THE AERODYNAMIC CHARACTERISTICS OF LEADING-EDGE STRAKES ON A FIGHTER AIRCRAFT
Ph.D. Burhan ŞAHİN Nisa Nur KORKMAZ Zehra ARIKAN Seher CILIZ	*Turkish Aerospace Industries Inc., Türkiye* *Ankara Yıldırım Beyazıt University, Türkiye*	DESIGN OF AN IMPROVED WIRE CUTTING SYSTEM FOR HELICOPTERS
Assoc. Prof. Dr. Yücel ÇETİNCEVİZ Lecturer Umur ORUÇÖZ	*Kastamonu University, Türkiye*	OPTIMAL DESIGN OF PI CONTROLLERS FOR BOOST AND SEPIC CONVERTERS USING FDB-SFS META-HEURISTIC ALGORITHM AND COMPARISON OF OPTIMIZATION RESULTS
Res. Asst. Mustafa YEGİN Asst. Prof. Aytekin ÇELİK Lecturer Ekrem AYDIN	*Fırat University, Türkiye* *Munzur University, Türkiye*	ECONOMIC EVALUATION OF MXENE-BASED BIPOLAR MEMBRANE FABRICATION PROCESSES FOR SUSTAINABLE WASTEWATER TREATMENT
Asst. Prof. Dr. Ebru ERDEM	*Marmara University, Türkiye*	AN EVIDENCE-LEVEL SCORECARD FRAMEWORK FOR PRIVACY-PRESERVING TDM TOOL ASSESSMENT

26.05.2026 TUESDAY	Online Session-4 · Hall-3 Ankara Local Time: 16:30-18:30 Tirana Local Time: 15:30-17:30	MEETING ID 844 6001 0824	PASSCODE 262626

HEAD OF SESSION: Mehmet Emin HACIYUSUFOĞLU

AUTHOR(S)	ORGANISATION	TOPIC TITLE
Hatice AKKOYUN Asst. Prof. Dr. Banu SUGÖZÜ Dr. Barbaros DURMUS	*Mersin University, Türkiye* *Batman University, Türkiye*	SYNTHESIS OF A NANO-CHITOSAN/ASPERGILLUS NIGER COMPOSITE ADSORBENT AND EVALUATION OF ITS PERFORMANCE FOR REACTIVE DYE REMOVAL FROM AQUEOUS SOLUTIONS
Harun GÜLER Şahin ÖZEL	*Bursa Uludağ University, Türkiye*	UREA-CROSSLINKED ULEXITE-REINFORCED POLY(GMS)-BASED ADHESIVES FOR METAL–METAL BONDING: SYNTHESIS AND MECHANICAL EVALUATION
Hatice ÇİÇEKÇİ	*Epsan Plastik, Türkiye*	DEVELOPMENT OF HALOGEN-FREE AND COPPER-FREE FLAME-RETARDANT POLYAMIDE 6.6 MATERIALS REINFORCED WITH GLASS FIBER
Dr. Merve TAFTALI KÖSEOĞLU	*Erzurum Technical University, Türkiye*	INVESTIGATION OF THE CORROSION BEHAVIOR OF PVD-TIN FILMS COATED ON ADDITIVELY MANUFACTURED TI 6 AL 4 V ALLOY FOR AEROSPACE APPLICATIONS
Asst. Prof. Hilmi TEKDİR	*Erzurum Technical University, Türkiye*	INVESTIGATION OF THE CORROSION BEHAVIOR OF SOL-GEL DERIVED ZR-DOPED PDMS COATINGS ON METAL LASER POWDER BED FUSION ADDITIVELY MANUFACTURED TI6AL4V ALLOY
Asst. Prof. Veli Kaan AYDIN	*Pamukkale University, Türkiye*	MAPPING BIOPHYSICS RESEARCH: A COMPARATIVE BIBLIOMETRIC ANALYSIS OF ADDRESS-BASED AND CATEGORY-BASED APPROACHES USING 200,000 DOCUMENTS FROM THE LAST DECADE
Dr. Ayşe Su GİZ Assoc. Prof. Dr. Sena Cimilli DURU Prof. Dr. Ata MUĞAN	*Istanbul Technical University, Türkiye*	EVALUATION OF TRANSFORMATION METHODS FOR EXTREME NON-GAUSSIAN STRESS DATA
Samet ÖZGÜR Şeyma YALÇIN TURAN Prof. Dr. Ali KARA	*Bursa Uludağ University, Karesi Polyester and Petrochemical Industry Inc., Türkiye*	INVESTIGATION OF THE EFFECT OF GRAFT COPOLYMERIZATION APPLICATION ON POLYESTER FABRICS ON DYEABILITY

26.05.2026 TUESDAY	Online Session-4 · Hall-4 Ankara Local Time: 16:30-18:30 Tirana Local Time: 15:30-17:30	MEETING ID 844 6001 0824	PASSCODE 262626

HEAD OF SESSION: Assoc. Prof. Celestina FAZIA

AUTHOR(S)	ORGANISATION	TOPIC TITLE
Assoc. Prof. Celestina FAZIA	*Kore University of Enna, Italy*	TOWN OF RIESI IN SICILY: BETWEEN SULFUR AND THE MOUNT OF OLIVES
Moses Adeolu AGOI Samuel Olayiwola AJAGA Oluwanifemi Opeyemi AGOI Success Eniola OGBOYE	*Lagos State University of Education, Nigeria* *Obafemi Awolowo University, Nigeria*	TOWARDS PRECISION NUTRITION: AI-POWERED NUTRIGENOMIC SYSTEMS FOR PERSONALIZED DIET DESIGN
Rabar Mohammed HUSSEIN Lana Abdulrahman RASUL Tanya Rzgar AZIZXAN Gulizar Mustafa ABDULLAH Rayan Sherzad MUHAMMED	*Noble Technical Institute, Iraq*	COMPREHENSIVE STUDY OF ANEMIA: LABORATORY DIAGNOSIS, CLASSIFICATION, AND PRACTICAL EVALUATION FOR MEDICAL LABORATORY PRACTICE
Soukaina EL FAYQ Intissar HADDIYA	*Mohamed VI University Hospital, Morocco*	THE ROLE OF RENAL NUTRITION IN PROTECTING THE ENVIRONMENT BY DELAYING HEMODIALYSIS
Dr. Hira ISLAM	*Nazeer Hussain University, Pakistan*	COMPARATIVE EFFECTS OF VERBAL AND VISUAL FEEDBACK COMBINED WITH CONVENTIONAL PHYSIOTHERAPY ON BALANCE IN STROKE REHABILITATION: A RANDOMIZED CONTROLLED TRIAL
Asst. Prof. Babita GUPTA	*Institute of Technology and Management Gida Gorakhpur, India*	REVOLUTIONIZING CANCER DIAGNOSIS: THE POTENTIAL OF 3D PRINTED NANOSENSORS
Khawla AMMOUCH Nihal MESMOUDI Prof. Abdellah MOUSTAGHFIR Dr. Naoual OUKKACHE	*Mohammed V University in Rabat, Morocco*	TOXICOLOGICAL AND HISTOLOGICAL EVALUATION OF IMMUNOTHERAPY EFFECTS AGAINST THE NORTH AFRICAN SCORPIONS ANDROCTONUS MAURETANICUS AND BUTHUS OCCITANUS
Emmanuel LAMPTEY	*Ghana*	HUMAN ANATOMICAL MODELS: NATURAL LANGUAGE PROCESSING STUDY OF USER NARRATIVES AND EXPERIENCES

26.05.2026 TUESDAY	Online Session-4 · Hall-5 Ankara Local Time: 16:30-18:30 Tirana Local Time: 15:30-17:30	MEETING ID 844 6001 0824	PASSCODE 262626

HEAD OF SESSION: Asst. Prof. Aref BARKHORDARI

AUTHOR(S)	ORGANISATION	TOPIC TITLE
Asst. Prof. Aref BARKHORDARI	*University of Tehran, Iran*	FROM THE CRISIS OF MONARCHY TO CONSTITUTIONAL ORDER: AN ANALYSIS OF THE PROCESS OF DRAFTING THE 1906 IRANIAN CONSTITUTION
Orlinda SINANAJ Romina SINANAJ	*University of Insurance and Finance, Bulgaria*	ECONOMIC SECURITY AND COUNTER-TERRORISM POLICIES IN THE EUROPEAN UNION
Dr. Bharti Nair KHAN	*UPES School of Law, India*	INTEGRATION OF MEDICAL SCIENCE AND FORENSIC PRACTICES IN CRIMINAL INVESTIGATION AND JUSTICE DELIVERY IN INDIA
Mariana VATAMANITA	*"Constantin Stere" University of European Political and Economic Science, Republic of Moldova*	THE IMPACT OF CONSTRUCTION DEFECTS ON PUBLIC HEALTH: MEDICO-LEGAL AND CRIMINAL LAW PERSPECTIVES
Florina RAVARIU Prof. Cristian RAVARIU	*EduSciArt SRL, Romania*	ART THERAPY FOR ELDERLY PEOPLE - FROM VISUAL IMPACT OF UNIQUE ART-BIJOUX PIECES TO EDUCATION IN SELF-PRODUCING OF CROCHETED WIRES BASED JEWELLERY
Diana MILEA Assoc. Prof. Marcel BOȘCANEANU	*"Constantin Stere" University of European Political and Economic Science, Republic of Moldova*	INTERNATIONAL LEGAL STANDARDS AND NATIONAL REGULATIONS ON FORCED MARRIAGE
Diana MILEA	*"Constantin Stere" University of European Political and Economic Science, Republic of Moldova*	FORCED MARRIAGE AND ITS IMPACT ON WOMEN'S MENTAL AND PHYSICAL HEALTH

26.05.2026 TUESDAY	Online Session-4 · Hall-6 Ankara Local Time: 16:30-18:30 Tirana Local Time: 15:30-17:30	MEETING ID 844 6001 0824	PASSCODE 262626

HEAD OF SESSION: Seçil OKUMUŞ

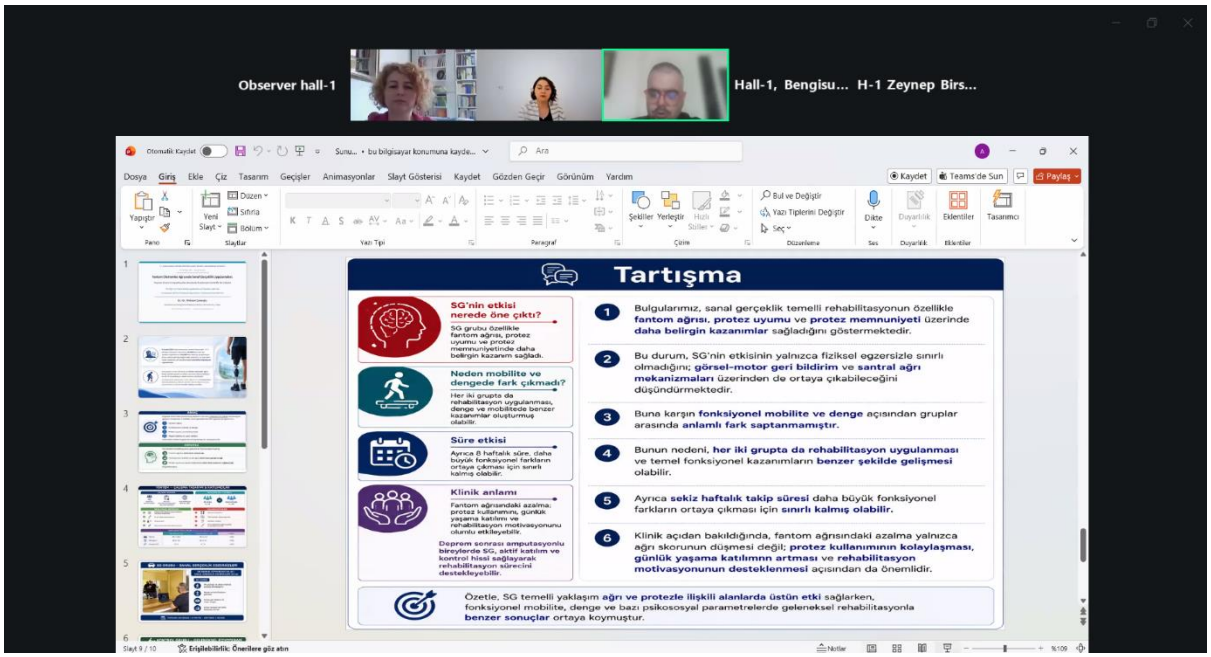
AUTHOR(S)	ORGANISATION	TOPIC TITLE
Nimet Deren YAYLA Prof. Dr. Mehmet ALAGÖZ	*Selçuk University, Türkiye*	THE IMPACT OF ORGANIZATIONAL QUALITY ON WOMEN'S LABOR FORCE PARTICIPATION AND ECONOMIC DEVELOPMENT
Durmuş Tahir ÇIBIK Prof. Dr. Mehmet ALAGÖZ	*Selçuk University, Türkiye*	THE RELATIONSHIP BETWEEN HUMAN CAPITAL AND DEVELOPMENT: THE IMPACT OF EDUCATION QUALITY ON DEVELOPMENT
Prof. Dr. Ahmet Niyazi ÖZKER	*Bandirma Onyedi Eylul University, Türkiye*	RECENT NATIONAL AND GLOBAL FISCAL RISK PERCEPTIONS AND CREDIT RATING ISSUES IN TÜRKIYE
Prof. Dr. Aslı BÜYÜKOKUTAN TÖRET Lecturer Tuğçe ÖZDEMİR	*Eskişehir Osmangazi University, Türkiye*	THE DIGITAL TRANSFORMATION OF PIGEON CULTURE AND THE REPRODUCTION OF KNOWLEDGE
Assoc. Prof. Dr Berna KIRAN BULĞURCU Kübra Ecem EFEOĞLU	*Çukurova University, Türkiye*	A NEW APPROACH TO OBJECTIVE WEIGHTING: THE MEREC METHOD
Celal ÇİMEN Asst. Prof. Dr. Nahit BEK	*Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Türkiye*	DIGITAL TRANSFORMATION IN PUBLIC ADMINISTRATION AND THE FUNCTIONALITY OF NEIGHBORHOOD HEADMANSHIPS: THE CASE OF ÇANAKKALE
Günay QURBANOVA	*Atatürk University, Türkiye*	FAMILY PSYCHOLOGY

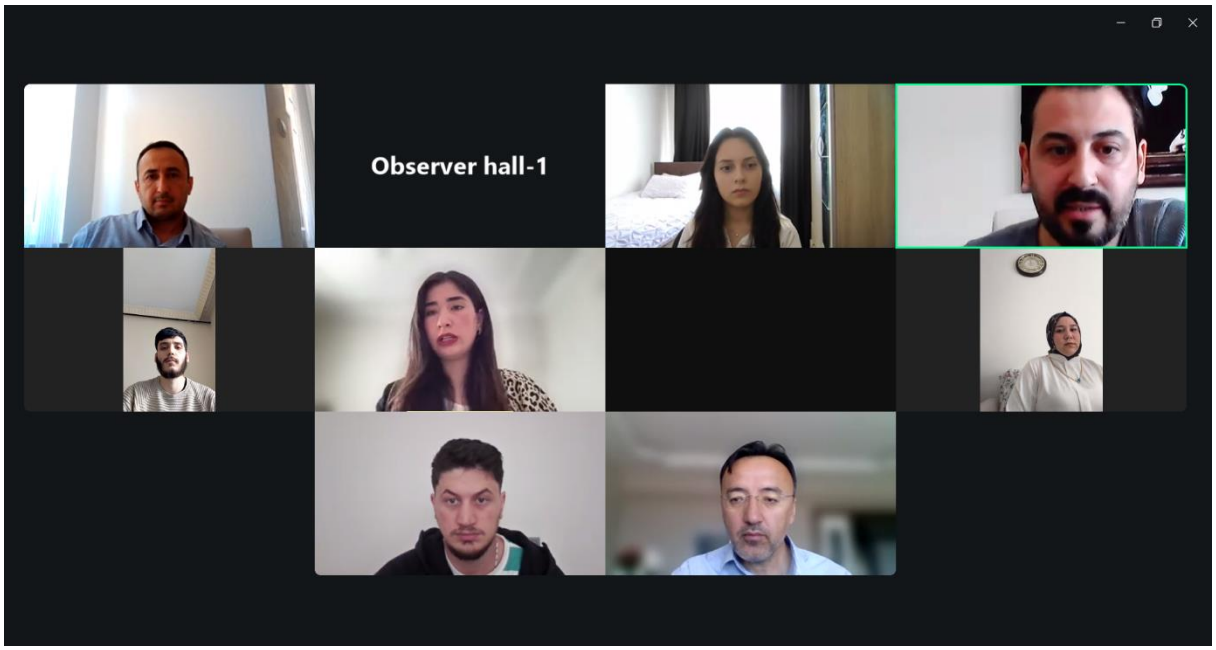
26.05.2026 TUESDAY	Online Session-4 · Hall-7 Ankara Local Time: 16:30-18:30 Tirana Local Time: 15:30-17:30	MEETING ID 844 6001 0824	PASSCODE 262626

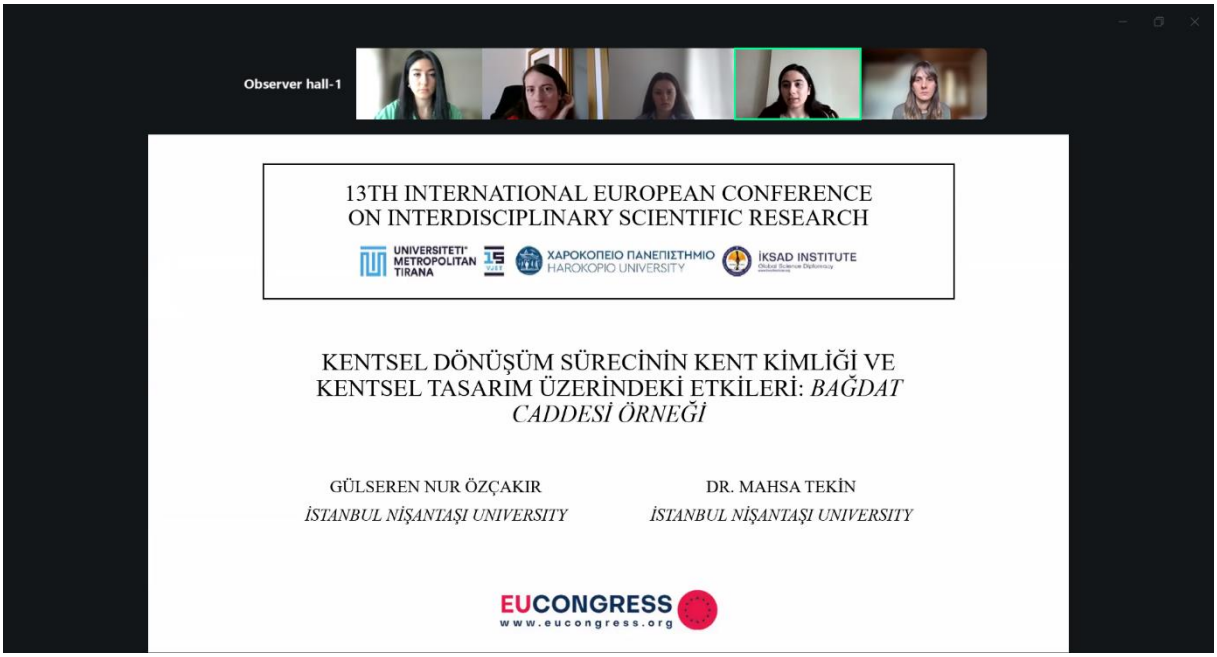
HEAD OF SESSION: Dr. Hanane RAHMOUNI

AUTHOR(S)	ORGANISATION	TOPIC TITLE
Aymane BENABOU Fatima TOUHAMI Naoufal HAMMOUMI	*Sultan Moulay Slimane University, Morocco*	ACCEPTANCE OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN PUBLIC FINANCIAL SERVICES: EVIDENCE FROM THE REGIONAL INVESTMENT CENTER OF BENI MELLAL-KHÉNIFRA REGION
Meridon DEMAJ	*University of Prishtina "Hasan Prishtina", Kosovo*	STRUCTURAL CHALLENGES AND THE NEED FOR REFORM OF THE E-PROCUREMENT SYSTEM IN KOSOVO: AN APPROACH TOWARDS TRANSPARENCY, EQUALITY, AND PROCEDURAL EFFICIENCY
Md. Shahed ALAMM Zahiduzzaman ZAHID Muhammad Masud PARVES	*Research Network, Bangladesh* *University of the Cumberlands, United States*	TOKENIZED GREEN WAQF: A SHARĪʿAH-COMPLIANT DIGITAL FRAMEWORK FOR CLIMATE FINANCE AND SUSTAINABLE DEVELOPMENT
Dr. Hanane RAHMOUNI	*University of Oran 2 Mohamed Ben Ahmed, Algeria*	THE ROLE OF ADMINISTRATION IN MANAGING INVESTMENTS AT THE UNIVERSITY
Vasilescu CEZAR	*Economic High School "Ion Ghica" College, Romania*	ECONOMIC INEQUALITIES AND POVERTY-COMPARATIVE ANALYSIS ROMANIA VERSUS EU
Sadais AMJAD	*The Islamia University of Bahawalpur, Pakistan*	DECENTRALIZED FINANCE (DEFI) & REAL-WORLD ASSET (RWA) TOKENIZATION
Dr. Ekong Akpan ESSIEN Dr. Owoseni Sulaimon KAYODE Dr. Charles UMEH Mrs. Adebolaji Ekong ESSIEN	*Olabisi Onabanjo University, Nigeria*	PREDICTIVE INFLUENCE OF JOB DEMOGRAPHICS AND COPING STRATEGIES ON BURNOUT SYNDROME AMONG HEALTHCARE PRACTITIONERS IN LAGOS, NIGERIA

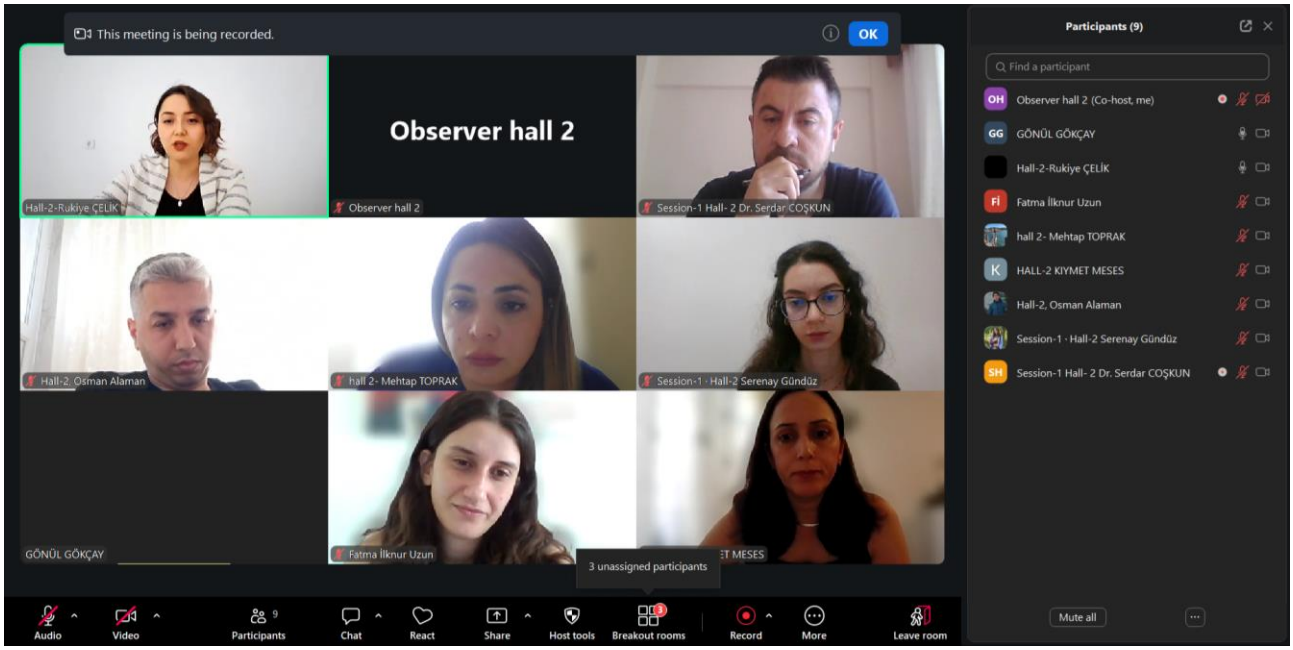
CONFERENCE GALERY

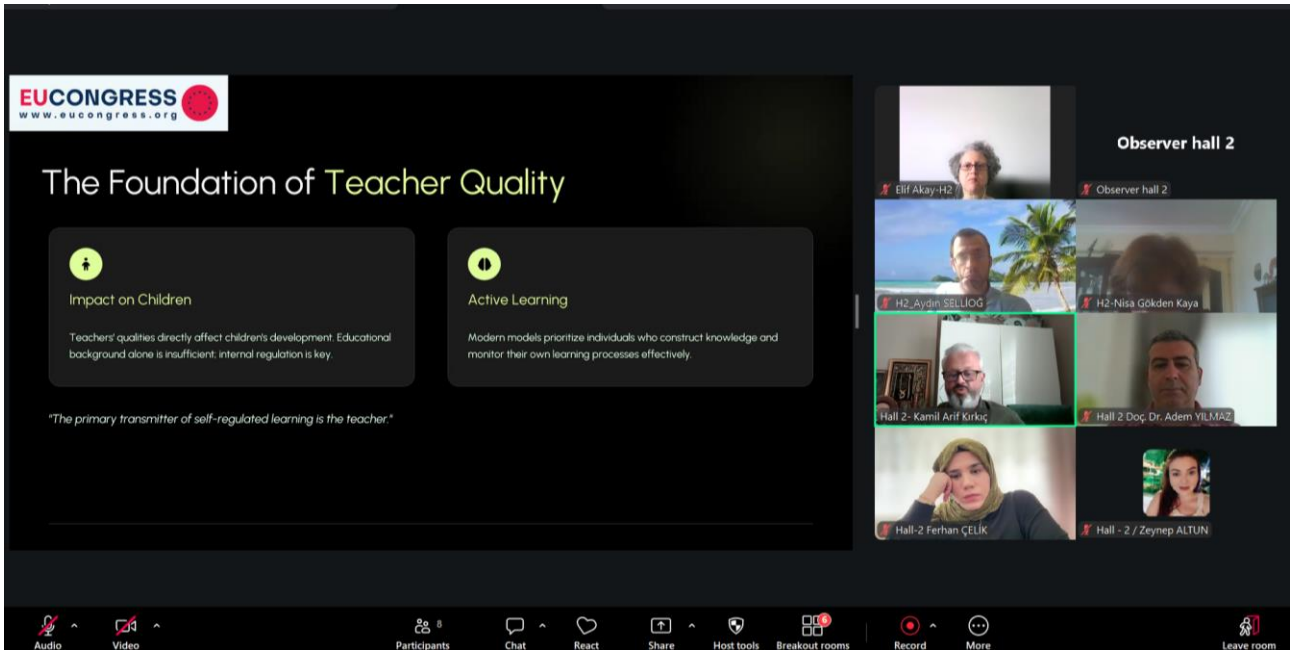


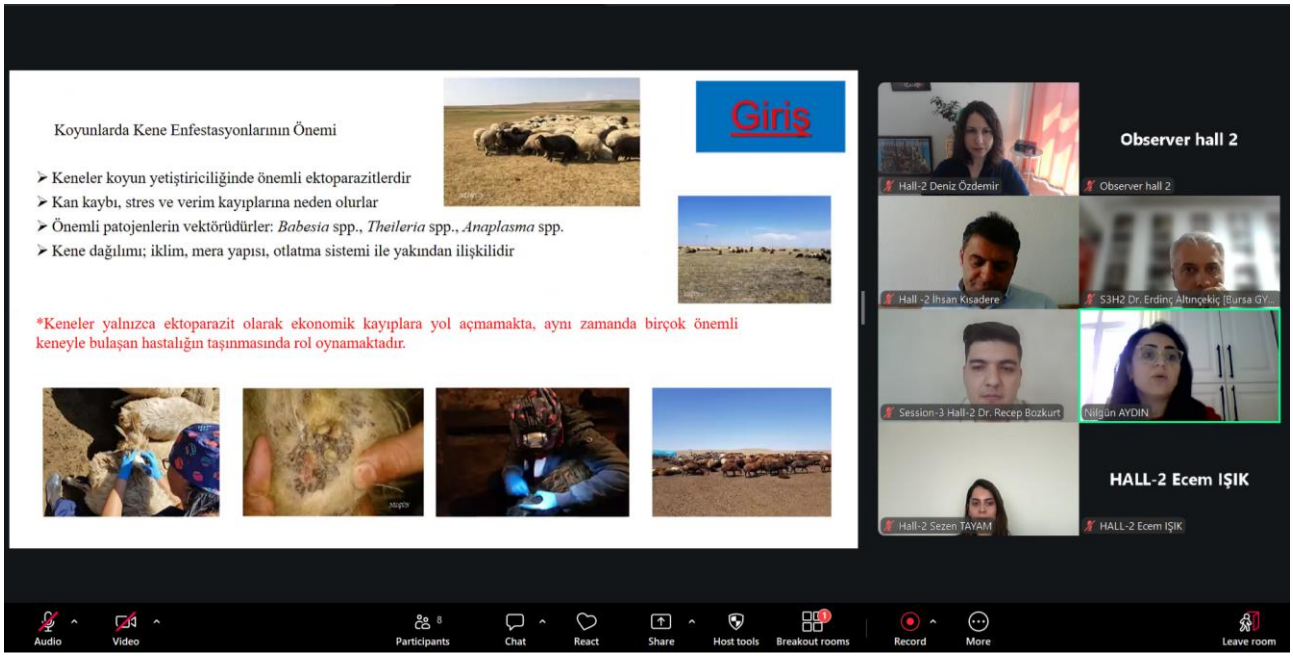


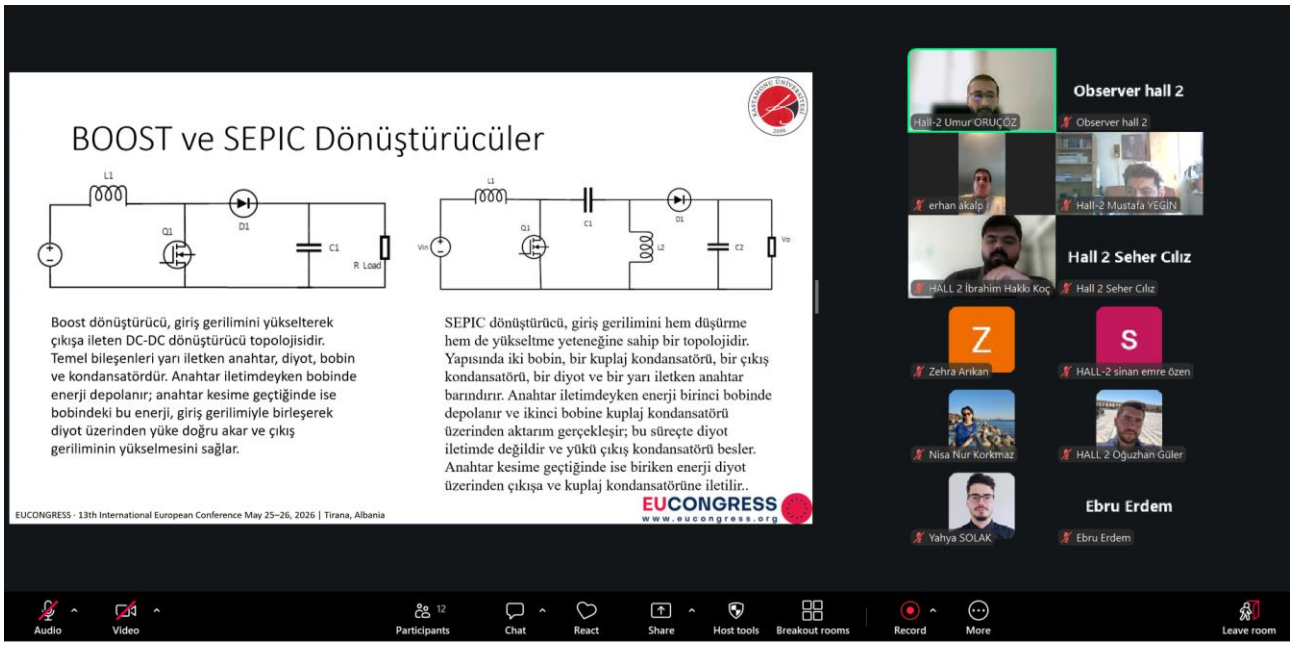

Observer hall-1
13TH INTERNATIONAL EUROPEAN CONFERENCE
ON INTERDISCIPLINARY SCIENTIFIC RESEARCH
UNIVERSITETI METROPOLITAN TIRANA
ΧΑΡΟΚΟΠΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
HAROKOPIO UNIVERSITY
İKSAD INSTITUTE
KENTSEL DÖNÜŞÜM SÜRECİNİN KENT KİMLİĞİ VE KENTSEL TASARIM ÜZERİNDEKİ ETKİLERİ: BAĞDAT CADDESİ ÖRNEĞİ
GÜLSEREN NUR ÖZÇAKIR
İSTANBUL NİŞANTAŞI UNIVERSITY
DR. MAHSA TEKİN
İSTANBUL NİŞANTAŞI UNIVERSITY
EUCONGRESS
www.eucongress.org

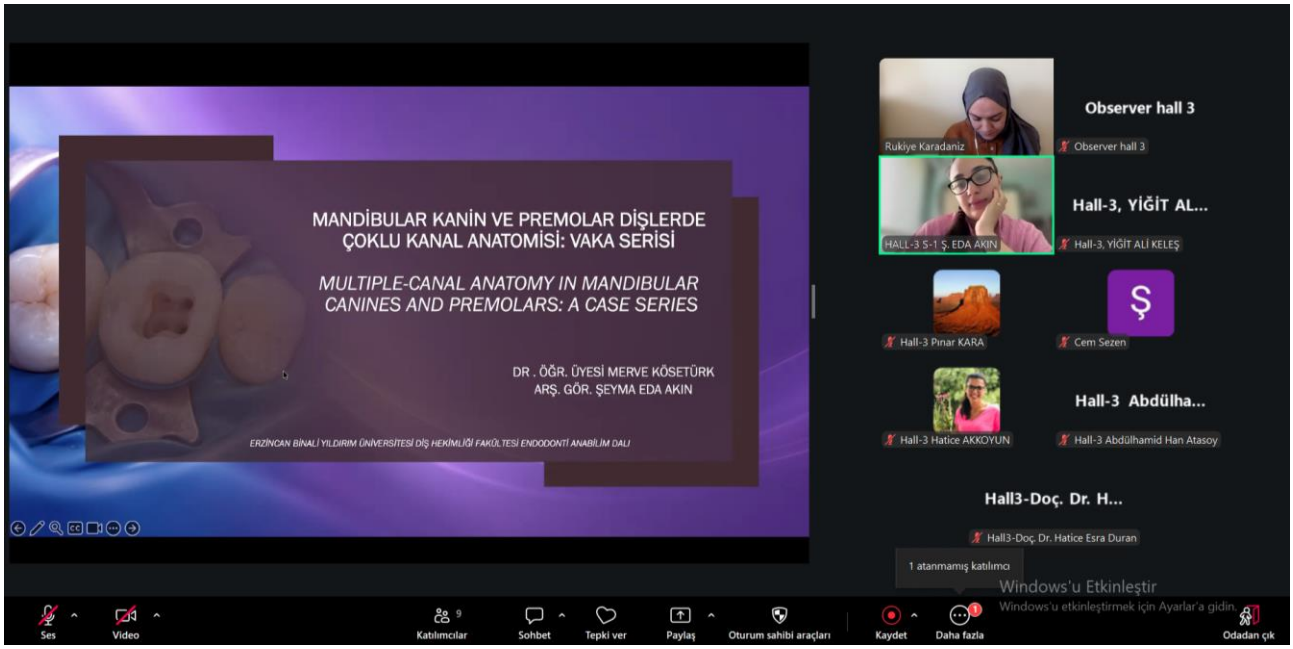
Observer hall-1
Hall-1, Sumaya...

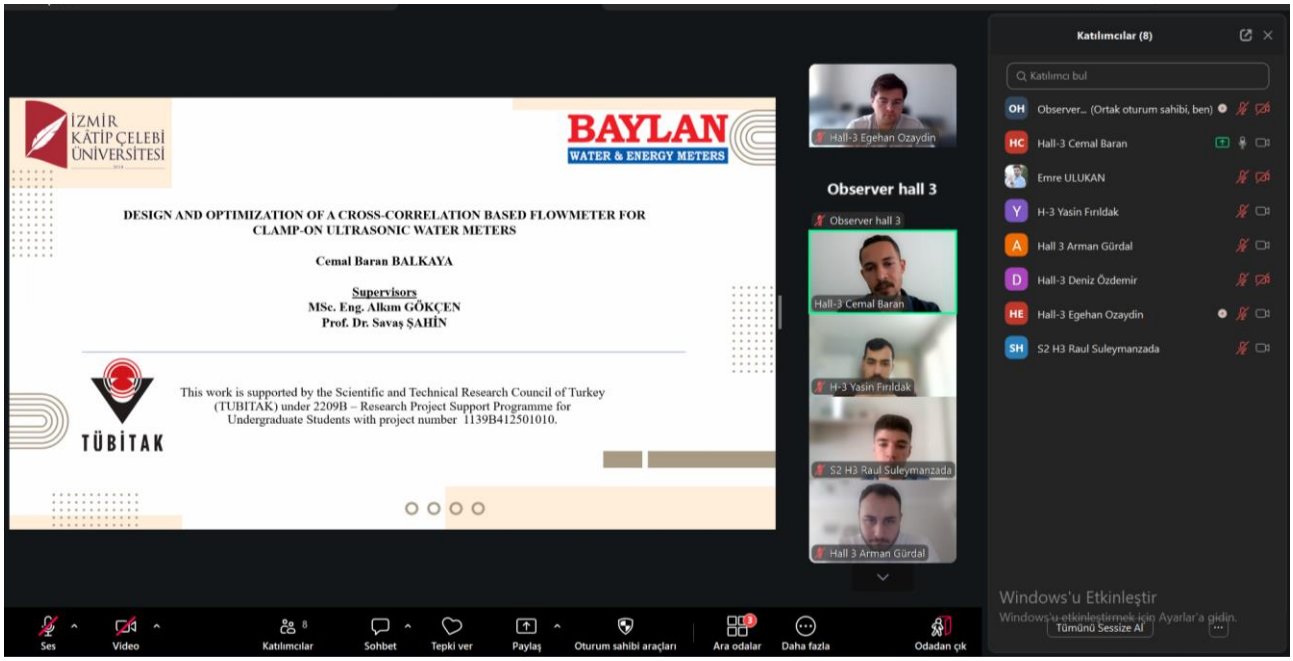

This meeting is being recorded.
OK
Observer hall 2
Hall-2-Rukiye ÇELİK
Observer hall 2
Session-1 Hall- 2 Dr. Serdar COŞKUN
Hall-2, Osman Alaman
hall 2- Mehtap TOPRAK
Session-1 · Hall-2 Serenay Gündüz
GÖNÜL GÖKÇAY
Fatma İlknur Uzun
3 unassigned participants
Participants (9)
Find a participant
Observer hall 2 (Co-host, me)
GÖNÜL GÖKÇAY
Hall-2-Rukiye ÇELİK
Fatma İlknur Uzun
hall 2- Mehtap TOPRAK
HALL-2 KIYMET MESES
Hall-2, Osman Alaman
Session-1 · Hall-2 Serenay Gündüz
Session-1 Hall- 2 Dr. Serdar COŞKUN
Mute all
Audio
Video
Participants
Chat
React
Share
Host tools
Breakout rooms
Record
More
Leave room

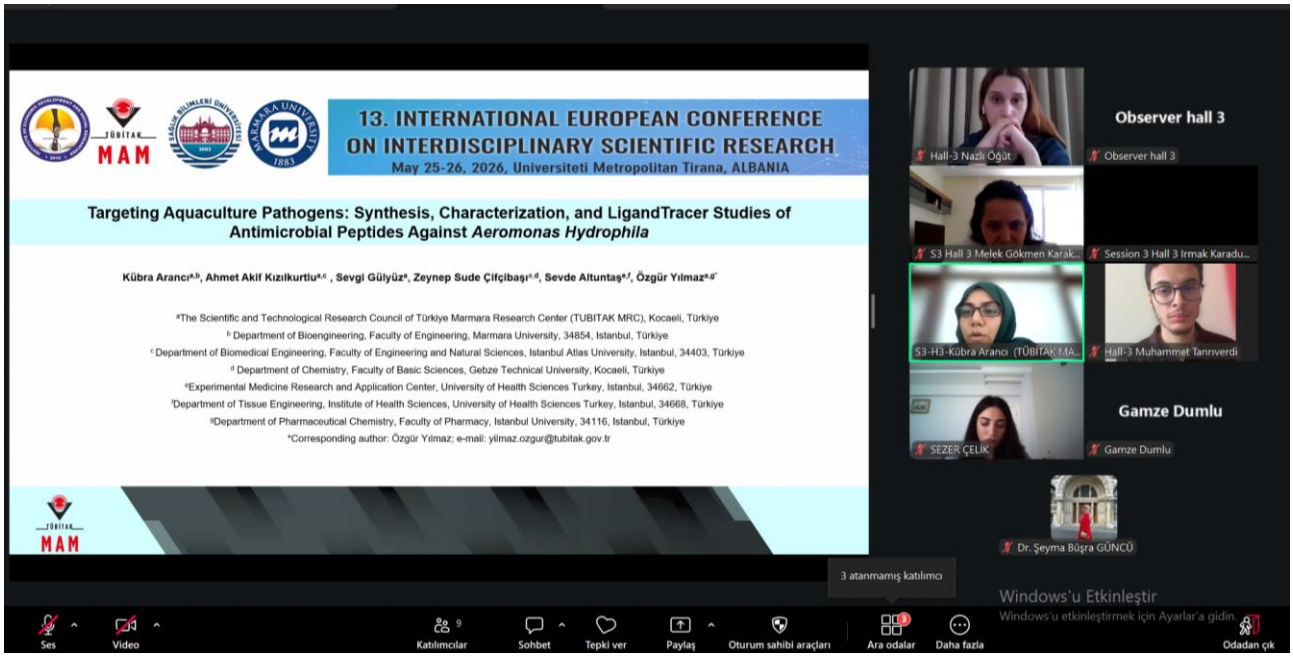

EUCONGRESS
www.eucongress.org
The Foundation of Teacher Quality
Impact on Children
Teachers' qualities directly affect children's development. Educational background alone is insufficient; internal regulation is key.
Active Learning
Modern models prioritize individuals who construct knowledge and monitor their own learning processes effectively.
"The primary transmitter of self-regulated learning is the teacher."
Observer hall 2
Elif Akay-H2
Observer hall 2
H2_Aydın SELLİOĞ
H2-Nisa Gökden Kaya
Hall 2- Kamil Arif Kırkıç
Hall 2 Doç. Dr. Adem YILMAZ
Hall-2 Ferhan ÇELİK
Hall - 2 / Zeynep ALTUN
Audio
Video
Participants
Chat
React
Share
Host tools
Breakout rooms
Record
More
Leave room

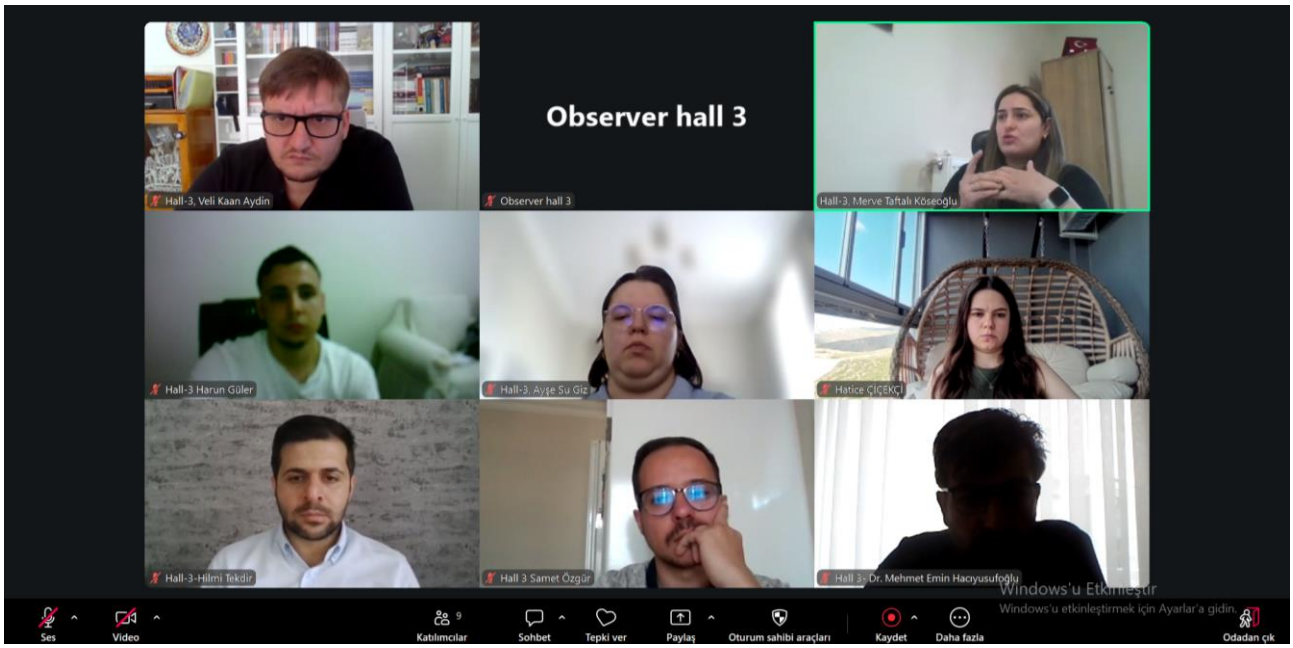

Koyunlarda Kene Enfestasyonlarının Önemi
Giriş
➢ Keneler koyun yetiştiriciliğinde önemli ektoparazitlerdir
➢ Kan kaybı, stres ve verim kayıplarına neden olurlar
➢ Önemli patojenlerin vektörüdürler: Babesia spp., Theileria spp., Anaplasma spp.
➢ Kene dağılımı; iklim, mera yapısı, otlatma sistemi ile yakından ilişkilidir
*Keneler yalnızca ektoparazit olarak ekonomik kayıplara yol açmamakta, aynı zamanda birçok önemli keneyle bulaşan hastalığın taşınmasında rol oynamaktadır.
Observer hall 2
Hall-2 Deniz Özdemir
Observer hall 2
Hall -2 İhsan Kısadere
S3H2 Dr. Erdinç Altınçekiç [Bursa GY...
Session-3 Hall-2 Dr. Recep Bozkurt
Nilgün AYDIN
HALL-2 Ecem IŞIK
Hall-2 Sezen TAYAM
HALL-2 Ecem IŞIK
Audio
Video
Participants
Chat
React
Share
Host tools
Breakout rooms
Record
More
Leave room

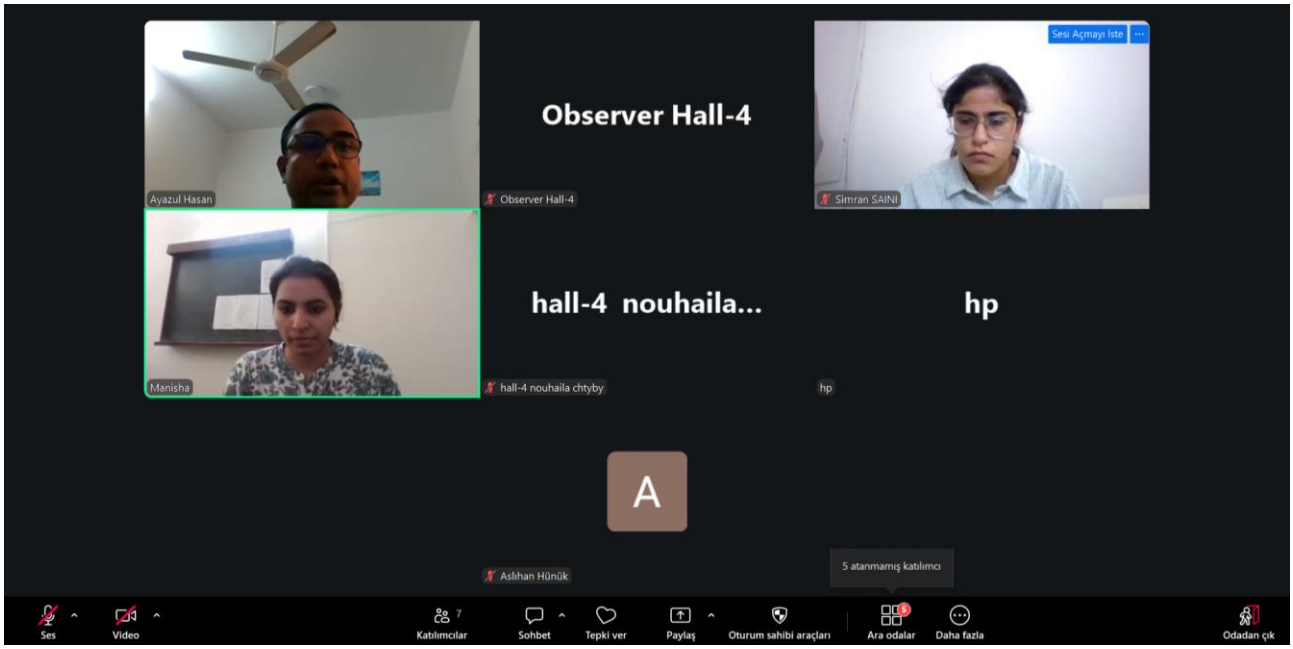

BOOST ve SEPIC Dönüştürücüler
L1
Q1
D1
C1
R Load
Boost dönüştürücü, giriş gerilimini yükselterek çıkışa ileten DC-DC dönüştürücü topolojisidir. Temel bileşenleri yarı iletken anahtar, diyot, bobin ve kondansatördür. Anahtar iletimdeyken bobinde enerji depolanır; anahtar kesime geçtiğinde ise bobindeki bu enerji, giriş gerilimiyle birleşerek diyot üzerinden yüke doğru akar ve çıkış geriliminin yükselmesini sağlar.
Vin
C2
L2
Vo
SEPIC dönüştürücü, giriş gerilimini hem düşürme hem de yükseltme yeteneğine sahip bir topolojidir. Yapısında iki bobin, bir kuplaj kondansatörü, bir çıkış kondansatörü, bir diyot ve bir yarı iletken anahtar barındırır. Anahtar iletimdeyken enerji birinci bobinde depolanır ve ikinci bobine kuplaj kondansatörü üzerinden aktarım gerçekleşir; bu süreçte diyot iletimde değildir ve yükü çıkış kondansatörü besler. Anahtar kesime geçtiğinde ise biriken enerji diyot üzerinden çıkışa ve kuplaj kondansatörüne iletilir..
EUCONGRESS · 13th International European Conference May 25–26, 2026 | Tirana, Albania
EUCONGRESS
www.eucongress.org
Observer hall 2
Hall-2 Umur ORUÇÖZ
Observer hall 2
erhan akalp
Hall-2 Mustafa YEĞİN
Hall 2 Seher Cılız
HALL 2 İbrahim Hakkı Koç
Hall 2 Seher Cılız
Zehra Arıkan
HALL-2 sinan emre özen
Nisa Nur Korkmaz
HALL 2 Oğuzhan Güler
Ebru Erdem
Yahya SOLAK
Ebru Erdem
Audio
Video
Participants
Chat
React
Share
Host tools
Breakout rooms
Record
More
Leave room

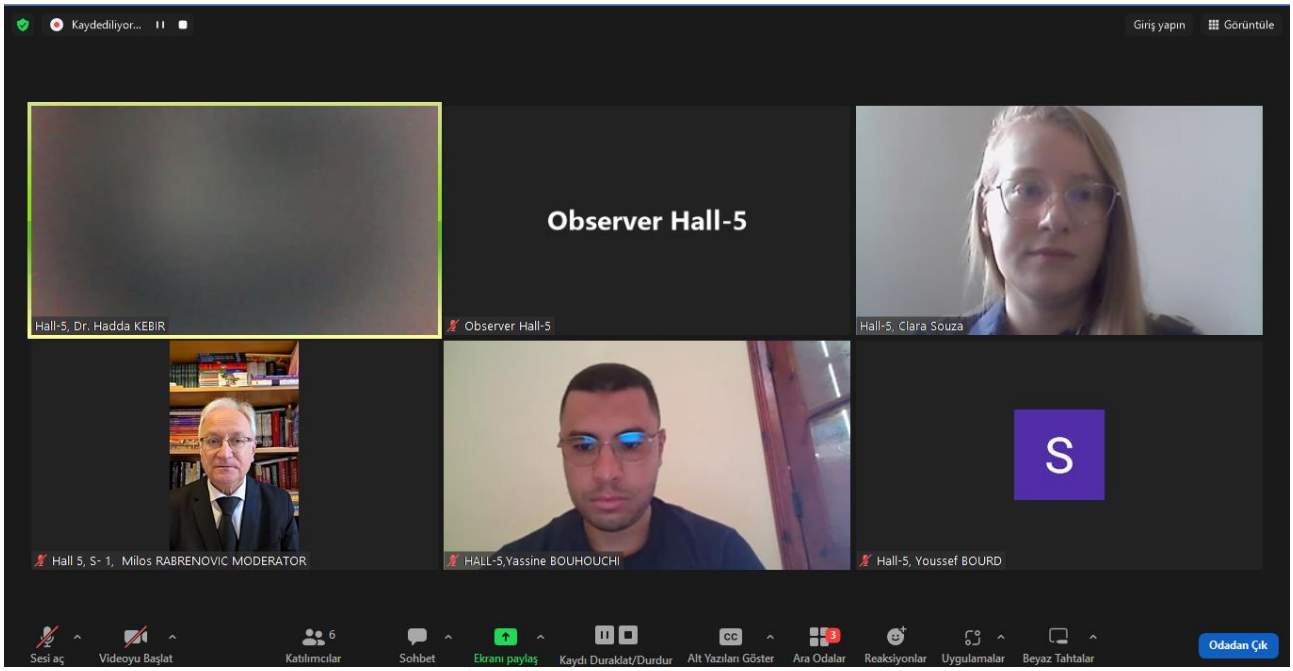

MANDİBULAR KANİN VE PREMOLAR DİŞLERDE ÇOKLU KANAL ANATOMİSİ: VAKA SERİSİ
MULTIPLE-CANAL ANATOMY IN MANDIBULAR CANINES AND PREMOLARS: A CASE SERIES
DR . ÖĞR. ÜYESİ MERVE KÖSETÜRK
ARŞ. GÖR. ŞEYMA EDA AKIN
ERZİNCAN BİNALİ YILDIRIM ÜNİVERSİTESİ DİŞ HEKİMLİĞİ FAKÜLTESİ ENDODONTİ ANABİLİM DALI
Observer hall 3
Hall-3, YİĞİT AL...
Hall-3 Abdülha...
Hall3-Doç. Dr. H...
Ses
Video
Katılımcılar
Sohbet
Tepki ver
Paylaş
Oturum sahibi araçları
Kaydet
Daha fazla
Odadan çık

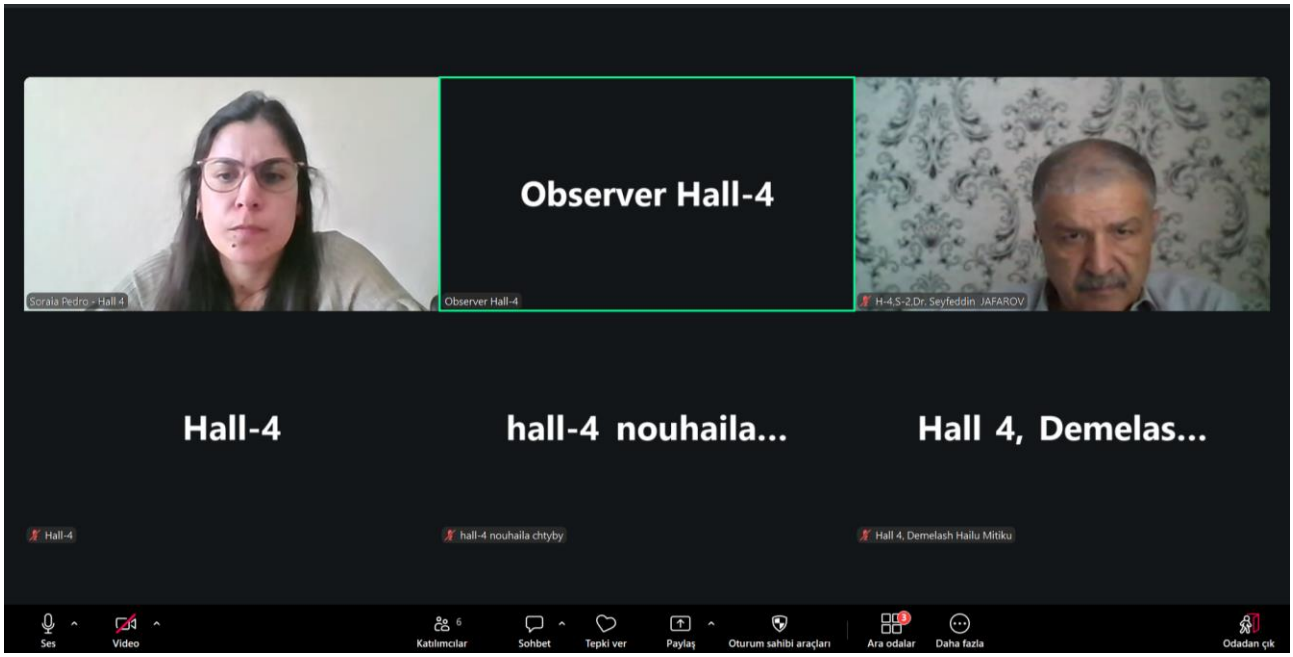

İZMİR KÂTİP ÇELEBİ ÜNİVERSİTESİ
BAYLAN
WATER & ENERGY METERS
DESIGN AND OPTIMIZATION OF A CROSS-CORRELATION BASED FLOWMETER FOR CLAMP-ON ULTRASONIC WATER METERS
Cemal Baran BALKAYA
Supervisors
MSc. Eng. Alkım GÖKÇEN
Prof. Dr. Savaş ŞAHİN
This work is supported by the Scientific and Technical Research Council of Turkey (TUBITAK) under 2209B – Research Project Support Programme for Undergraduate Students with project number 1139B412501010.
TÜBİTAK
Observer hall 3
Katılımcılar (8)
Ses
Video
Katılımcılar
Sohbet
Tepki ver
Paylaş
Oturum sahibi araçları
Ara odalar
Daha fazla
Odadan çık

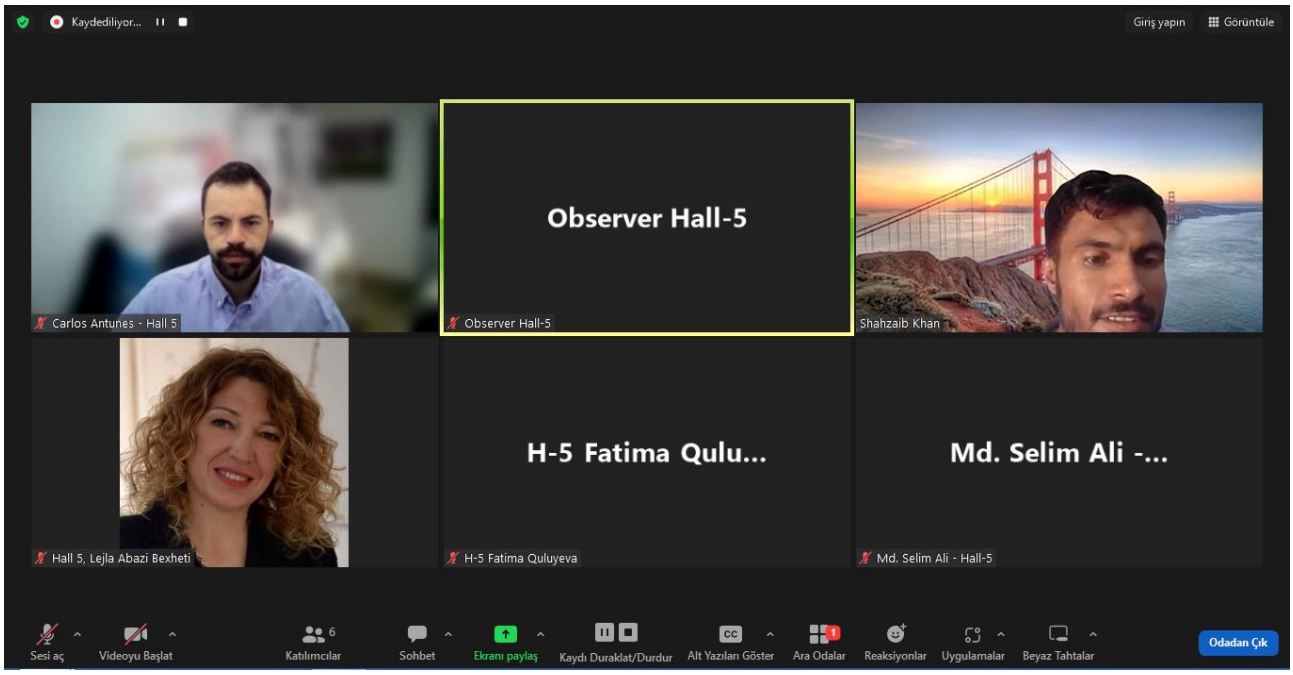

13. INTERNATIONAL EUROPEAN CONFERENCE ON INTERDISCIPLINARY SCIENTIFIC RESEARCH
May 25-26, 2026, Universiteti Metropolitan Tirana, ALBANIA
Targeting Aquaculture Pathogens: Synthesis, Characterization, and LigandTracer Studies of Antimicrobial Peptides Against Aeromonas Hydrophila
Kübra Arancı[a,b], Ahmet Akif Kızılkurtlu[a,c], Sevgi Gülyüz[a], Zeynep Sude Çifçibaşı[a,d], Sevde Altuntaş[a,f], Özgür Yılmaz[a,g*]
[a]The Scientific and Technological Research Council of Türkiye Marmara Research Center (TUBITAK MRC), Kocaeli, Türkiye
[b] Department of Bioengineering, Faculty of Engineering, Marmara University, 34854, Istanbul, Türkiye
[c] Department of Biomedical Engineering, Faculty of Engineering and Natural Sciences, Istanbul Atlas University, Istanbul, 34403, Türkiye
[d] Department of Chemistry, Faculty of Basic Sciences, Gebze Technical University, Kocaeli, Türkiye
[e]Experimental Medicine Research and Application Center, University of Health Sciences Turkey, Istanbul, 34662, Türkiye
[f]Department of Tissue Engineering, Institute of Health Sciences, University of Health Sciences Turkey, Istanbul, 34668, Türkiye
[g]Department of Pharmaceutical Chemistry, Faculty of Pharmacy, Istanbul University, 34116, Istanbul, Türkiye
*Corresponding author: Özgür Yilmaz; e-mail: yilmaz.ozgur@tubitak.gov.tr
Observer hall 3
Hall-3 Nazlı Öğüt
Observer hall 3
S3 Hall 3 Melek Gökmen Karak...
Session 3 Hall 3 Irmak Karadu...
S3-H3-Kübra Arancı (TÜBİTAK MA...
Hall-3 Muhammet Tanrıverdi
SEZER ÇELİK
Gamze Dumlu
Gamze Dumlu
Dr. Şeyma Büşra GÜNCÜ
3 atanmamış katılımcı
Windows'u Etkinleştir
Windows'u etkinleştirmek için Ayarlar'a gidin.
Ses
Video
Katılımcılar
Sohbet
Tepki ver
Paylaş
Oturum sahibi araçları
Ara odalar
Daha fazla
Odadan çık

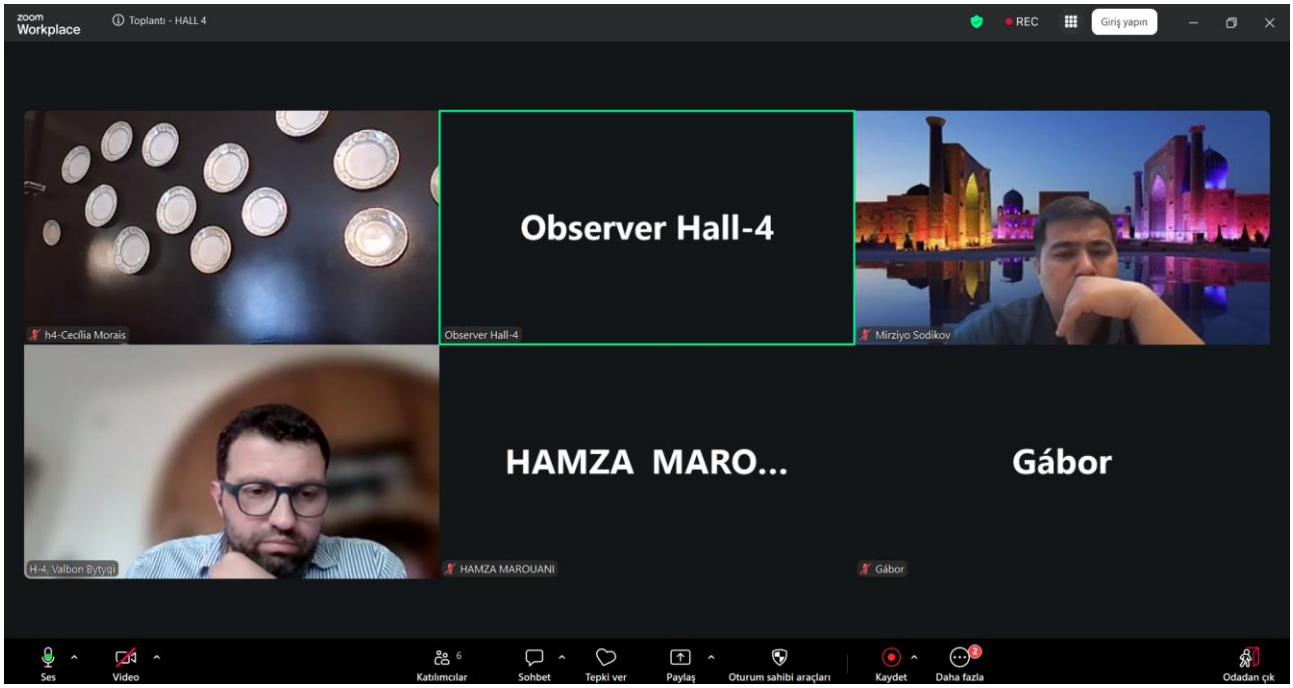

Observer hall 3
Hall-3, Veli Kaan Aydin
Observer hall 3
Hall-3, Merve Taftalı Köseoğlu
Hall-3 Harun Güler
Hall-3, Ayşe Su Giz
Hatice ÇİÇEKÇİ
Hall-3-Hilmi Tekdir
Hall 3 Samet Özgür
Hall 3 - Dr. Mehmet Emin Hacıyusufoğlu
Windows'u Etkinleştir
Windows'u etkinleştirmek için Ayarlar'a gidin.
Ses
Video
Katılımcılar
Sohbet
Tepki ver
Paylaş
Oturum sahibi araçları
Kaydet
Daha fazla
Odadan çık

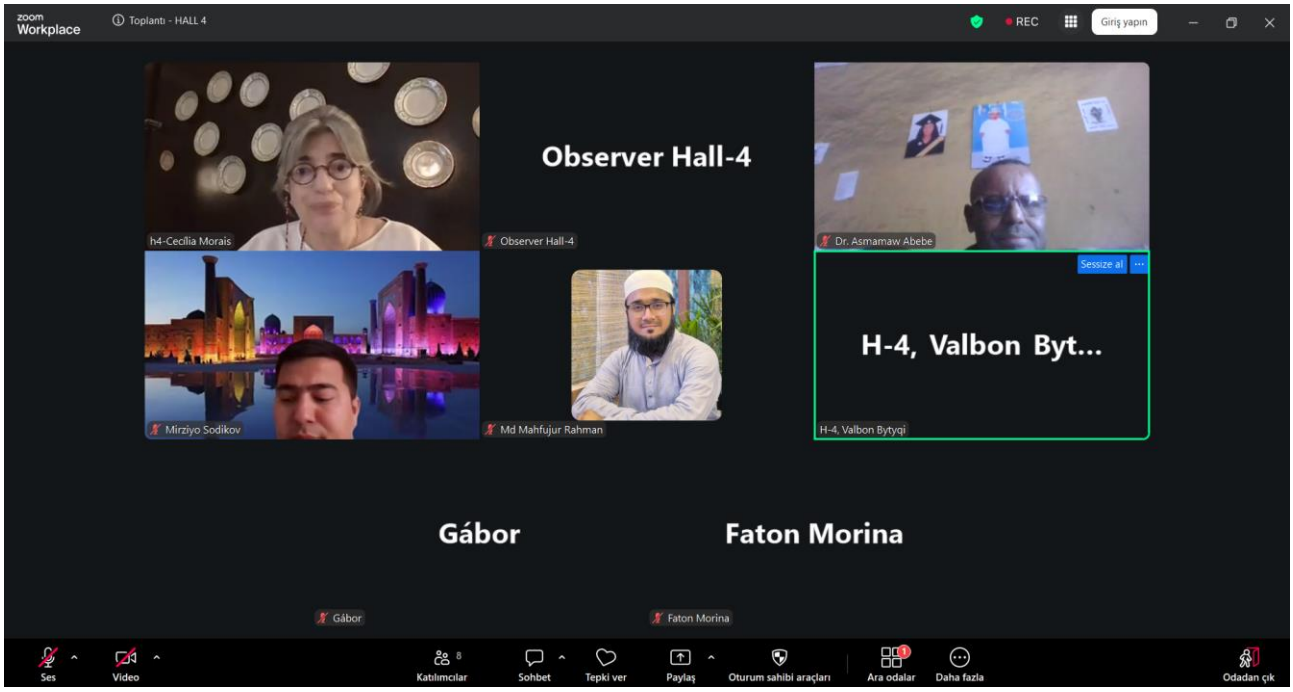

Observer Hall-4
Ayazul Hasan
Observer Hall-4
Sesi Açmayı İste
Simran SAINI
hall-4 nouhaila...
hp
Manisha
hall-4 nouhaila chtyby
hp
A
Aslıhan Hünük
5 atanmamış katılımcı
Ses
Video
Katılımcılar
Sohbet
Tepki ver
Paylaş
Oturum sahibi araçları
Ara odalar
Daha fazla
Odadan çık

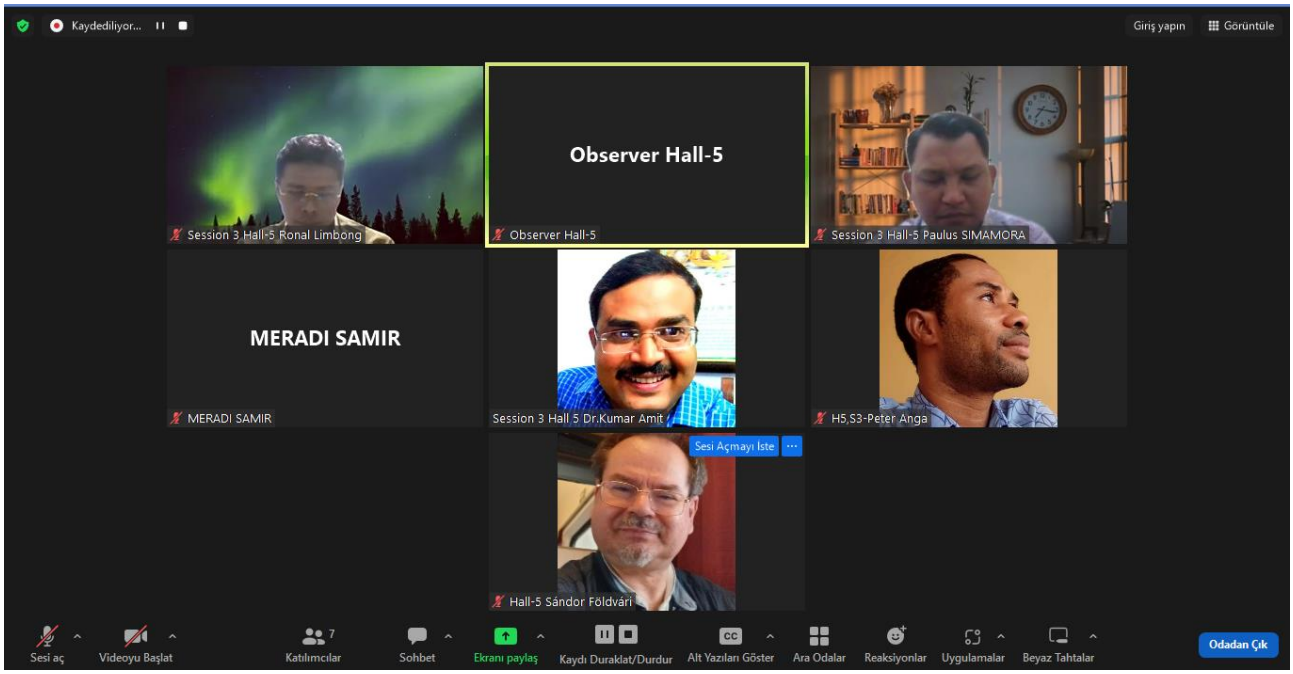

Kaydediliyor...
Giriş yapın
Görüntüle
Observer Hall-5
Hall-5, Dr. Hadda KEBIR
Observer Hall-5
Hall-5, Clara Souza
Hall 5, S- 1, Milos RABRENOVIC MODERATOR
HALL-5,Yassine BOUHOUCHI
S
Hall-5, Youssef BOURD
Sesi aç
Videoyu Başlat
Katılımcılar
Sohbet
Ekranı paylaş
Kaydı Duraklat/Durdur
Alt Yazıları Göster
Ara Odalar
Reaksiyonlar
Uygulamalar
Beyaz Tahtalar
Odadan Çık

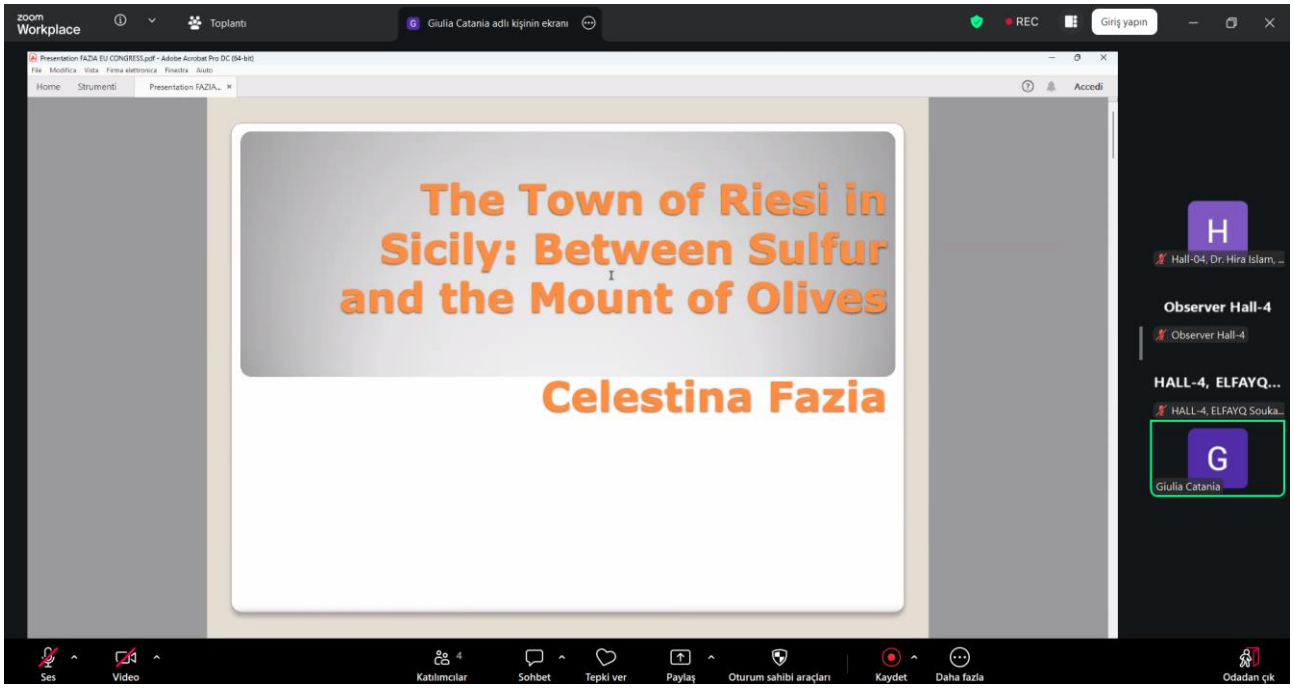

Observer Hall-4
Hall-4
hall-4 nouhaila...
Hall 4, Demelas...
Ses
Video
Katılımcılar
Sohbet
Tepki ver
Paylaş
Oturum sahibi araçları
Ara odalar
Daha fazla
Odadan çık

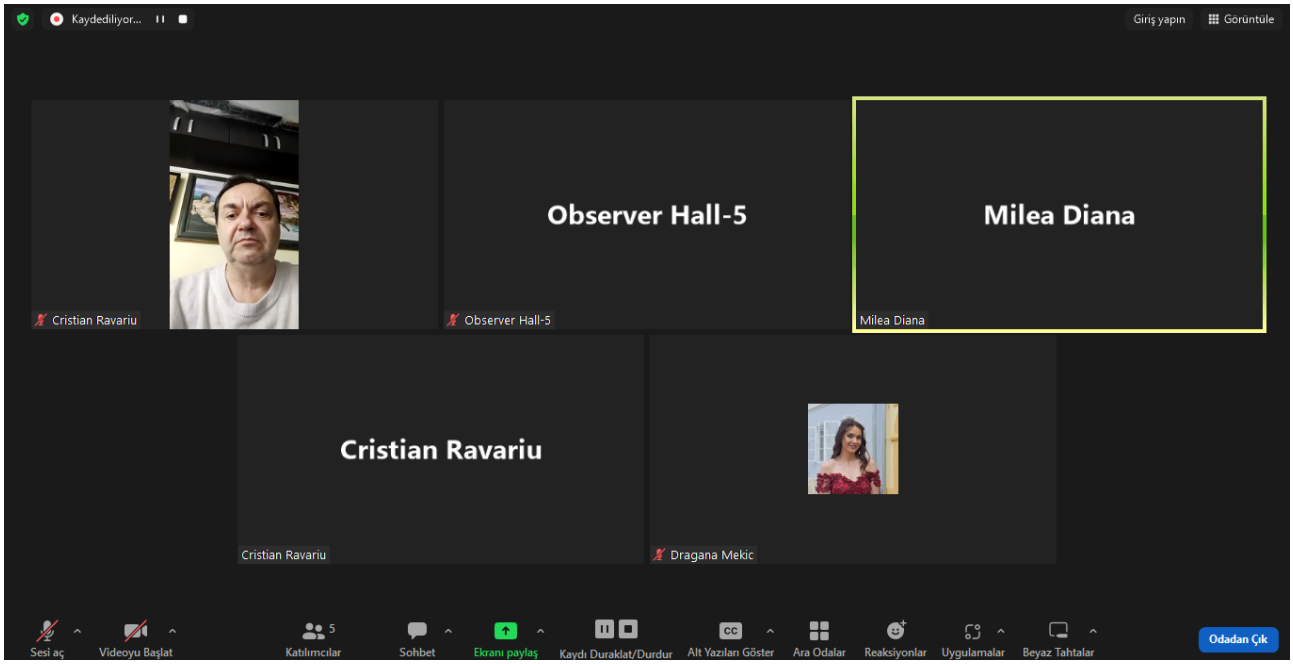

Kaydediliyor...
Giriş yapın
Görüntüle
Observer Hall-5
Carlos Antunes - Hall 5
Shahzaib Khan
Hall 5, Lejla Abazi Bexheti
H-5 Fatima Qulu...
Md. Selim Ali -...
Sesi aç
Videoyu Başlat
Katılımcılar
Sohbet
Ekranı paylaş
Kaydı Duraklat/Durdur
Alt Yazıları Göster
Ara Odalar
Reaksiyonlar
Uygulamalar
Beyaz Tahtalar
Odadan Çık

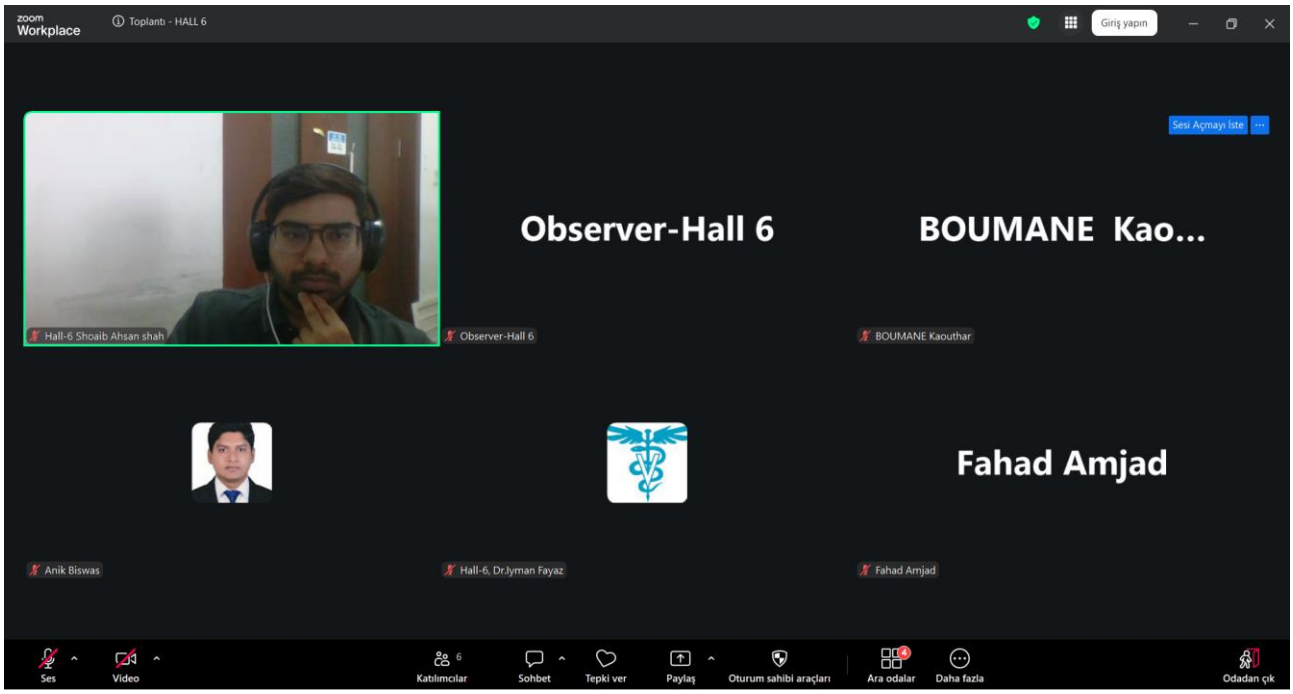

zoom Workplace
Toplantı - HALL 4
REC
Giriş yapın
h4-Cecília Morais
Observer Hall-4
Observer Hall-4
Mirziyo Sodikov
H-4, Valbon Bytyqi
HAMZA MARO...
HAMZA MAROUANI
Gábor
Gábor
Ses
Video
Katılımcılar
Sohbet
Tepki ver
Paylaş
Oturum sahibi araçları
Kaydet
Daha fazla
Odadan çık

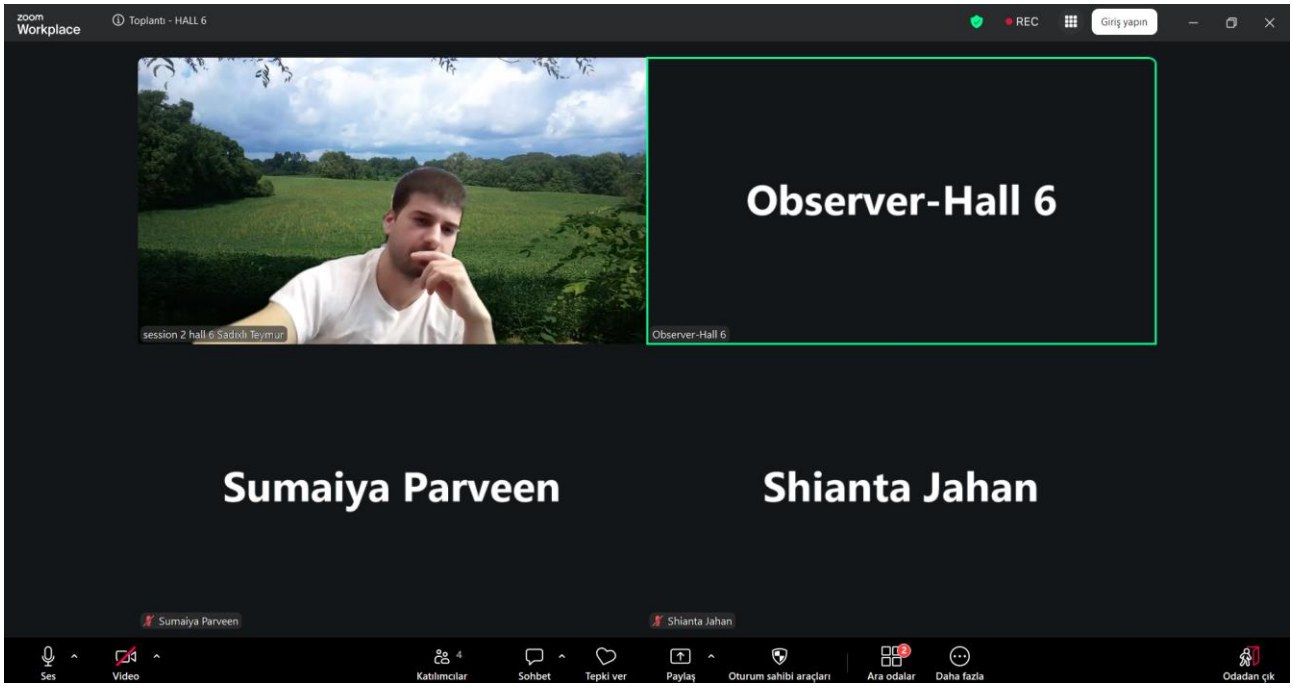

zoom Workplace
Toplantı - HALL 4
REC
Giriş yapın
h4-Cecília Morais
Observer Hall-4
Observer Hall-4
Dr. Asmamaw Abebe
Sessize al
Mirziyo Sodikov
Md Mahfujur Rahman
H-4, Valbon Byt...
H-4, Valbon Bytyqi
Gábor
Faton Morina
Gábor
Faton Morina
Ses
Video
Katılımcılar
Sohbet
Tepki ver
Paylaş
Oturum sahibi araçları
Ara odalar
Daha fazla
Odadan çık

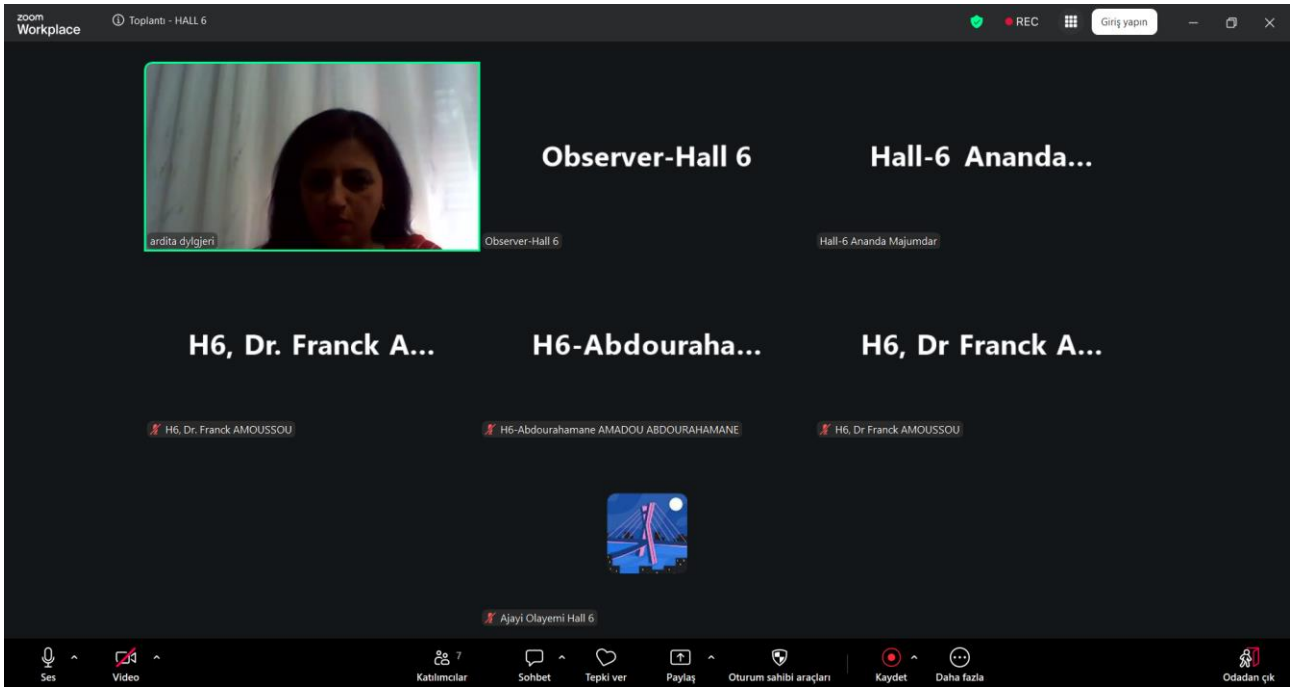

Kaydediliyor...
Giriş yapın
Görüntüle
Session 3 Hall-5 Ronal Limbong
Observer Hall-5
Observer Hall-5
Session 3 Hall-5 Paulus SIMAMORA
MERADI SAMIR
MERADI SAMIR
Session 3 Hall 5 Dr.Kumar Amit
H5,S3-Peter Anga
Sesi Açmayı İste
Hall-5 Sándor Földvári
Sesi aç
Videoyu Başlat
Katılımcılar
Sohbet
Ekranı paylaş
Kaydı Duraklat/Durdur
Alt Yazıları Göster
Ara Odalar
Reaksiyonlar
Uygulamalar
Beyaz Tahtalar
Odadan Çık


zoom Workplace
Toplantı
Giulia Catania adlı kişinin ekranı
REC
Giriş yapın
The Town of Riesi in Sicily: Between Sulfur and the Mount of Olives
Celestina Fazia
Hall-04, Dr. Hira Islam, ...
Observer Hall-4
Observer Hall-4
HALL-4, ELFAYQ...
HALL-4, ELFAYQ Souka...
Giulia Catania
Ses
Video
Katılımcılar
Sohbet
Tepki ver
Paylaş
Oturum sahibi araçları
Kaydet
Daha fazla
Odadan çık


Kaydediliyor...
Giriş yapın
Görüntüle
Cristian Ravariu
Observer Hall-5
Observer Hall-5
Milea Diana
Milea Diana
Cristian Ravariu
Cristian Ravariu
Dragana Mekic
Sesi aç
Videoyu Başlat
Katılımcılar
Sohbet
Ekranı paylaş
Kaydı Duraklat/Durdur
Alt Yazıları Göster
Ara Odalar
Reaksiyonlar
Uygulamalar
Beyaz Tahtalar
Odadan Çık


zoom Workplace
Toplantı - HALL 6
Giriş yapın
Sesi Açmayı İste
Hall-6 Shoaib Ahsan shah
Observer-Hall 6
Observer-Hall 6
BOUMANE Kao...
BOUMANE Kaouthar
Fahad Amjad
Anik Biswas
Hall-6, Dr.Iyman Fayaz
Fahad Amjad
Ses
Video
Katılımcılar
Sohbet
Tepki ver
Paylaş
Oturum sahibi araçları
Ara odalar
Daha fazla
Odadan çık

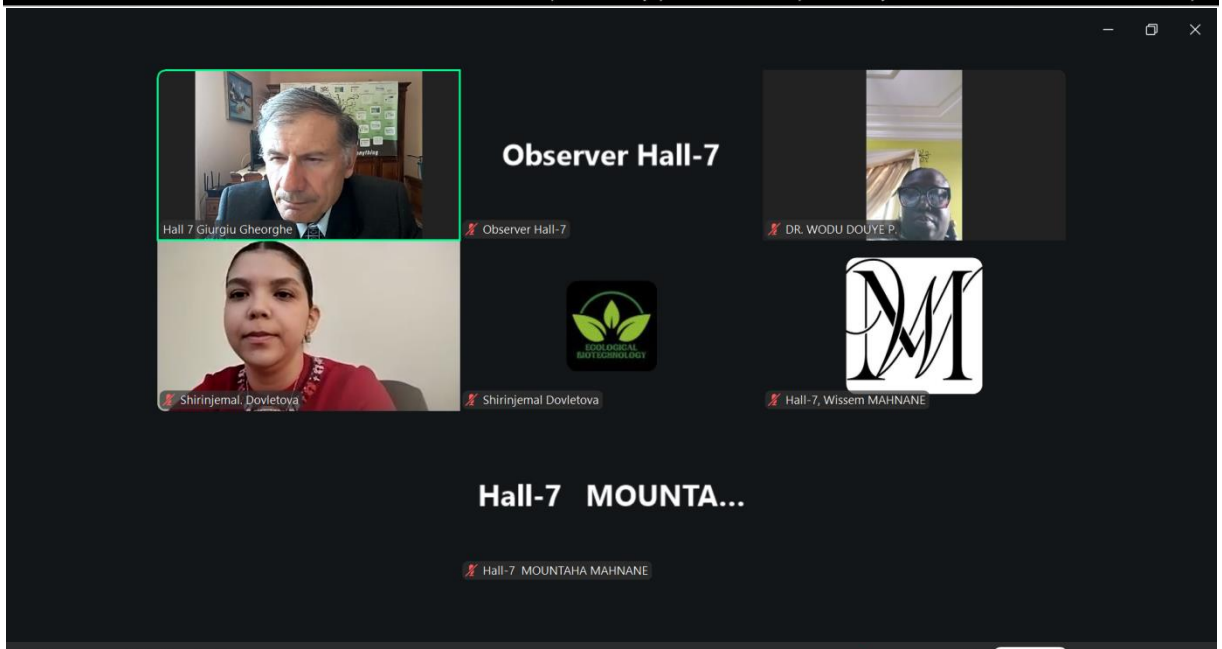

zoom Workplace
Toplantı - HALL 6
REC
Giriş yapın
session 2 hall 6 Sadıxlı Teymur
Observer-Hall 6
Observer-Hall 6
Sumaiya Parveen
Shianta Jahan
Sumaiya Parveen
Shianta Jahan
Ses
Video
Katılımcılar
Sohbet
Tepki ver
Paylaş
Oturum sahibi araçları
Ara odalar
Daha fazla
Odadan çık


zoom Workplace
Toplantı - HALL 6
REC
Giriş yapın
ardita dylgjeri
Observer-Hall 6
Observer-Hall 6
Hall-6 Ananda...
Hall-6 Ananda Majumdar
H6, Dr. Franck A...
H6-Abdouraha...
H6, Dr Franck A...
H6, Dr. Franck AMOUSSOU
H6-Abdourahamane AMADOU ABDOURAHAMANE
H6, Dr Franck AMOUSSOU
Ajayi Olayemi Hall 6
Ses
Video
Katılımcılar
Sohbet
Tepki ver
Paylaş
Oturum sahibi araçları
Kaydet
Daha fazla
Odadan çık

zoom Workplace
Toplantı - HALL 6
REC
Giriş yapın
Observer-Hall 6
Hall-6 Günay Gurbanova Session-4 Hall-6 (G ü n a y)
Observer-Hall 6
Durmuş Tahir Çıbık
Ahmet Niyazi Özker, Hall-6
Kübra Ecem Efeoğlu
Moderatör-Seçil OKUMUŞ
Tuğçe Özdemir
Hall-6 Celal Çim...
Hall 6-Nimet De...
Hall-6 Celal Çimen
Hall 6-Nimet Deren YAYLA
Ses
Video
Katılımcılar
Sohbet
Tepki ver
Paylaş
Oturum sahibi araçları
Ara odalar
Daha fazla
Odadan çık

Observer Hall-7
Hall 7 Merve Reyhan Ceylan
Observer Hall-7
hall 7 meryem gezer sevinç
Hall-7 Şeyma Arvas
Hall-7, Serap Yalçınyiğit
Hall 7 Cansu Busra Olmez
Hall-7, Zeynep Adabağlı
Hall-7, Zülal Söğüt

zoom Workplace
Toplantı - HALL 7
REC
Giriş yapın
Observer Hall-7
Maria Bdadouni Hall 7
Observer Hall-7
FANI KARATZIA HALL7
Sessize al
Ghina El Zein
h7-Gianluca Pasquale TODISCO
Ciobotariu Diana
Hall-7 Samia Mo...
Ghina
Isayeva Nigar se...
Hall-7 Samia Moustaghfir& Sakina el khattabi
Ghina
Isayeva Nigar session 2, hall-7
Ses
Video
Katılımcılar
Sohbet
Tepki ver
Paylaş
Oturum sahibi araçları
Kaydet
Daha fazla
Odadan çık


Observer Hall-7
Hall 7 Giurgiu Gheorghe
Observer Hall-7
DR. WODU DOUYE P.
Shirinjemal. Dovletova
Shirinjemal Dovletova
Hall-7, Wissem MAHNANE
Hall-7 MOUNTA...
Hall-7 MOUNTAHA MAHNANE

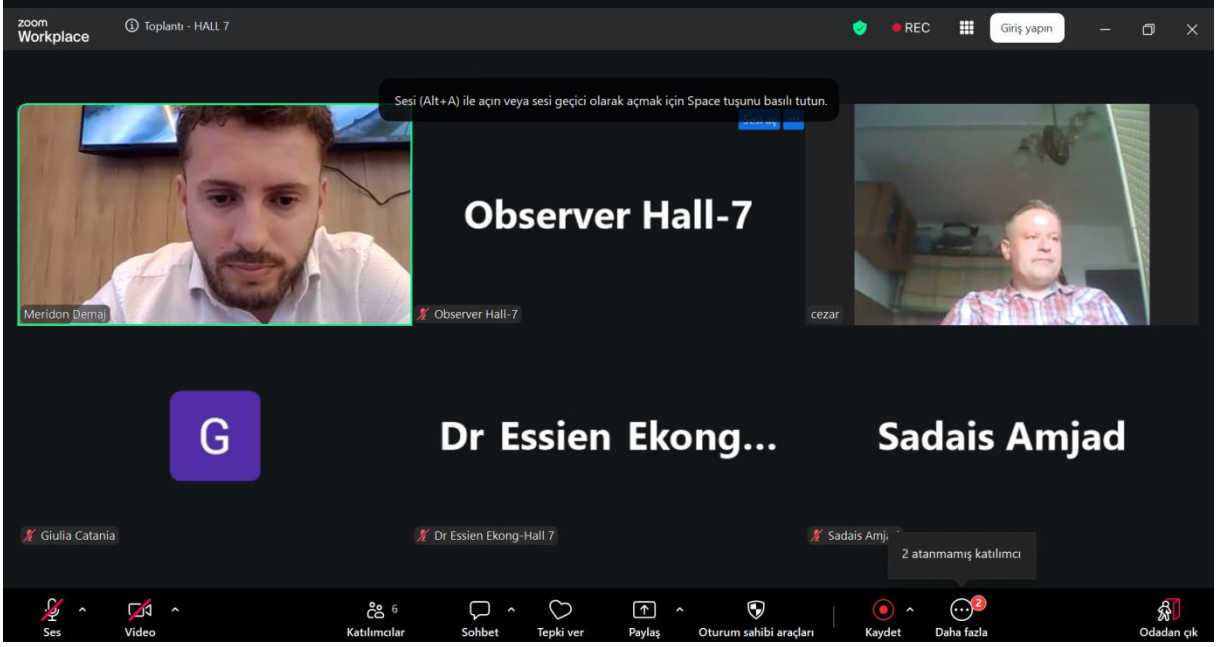

zoom Workplace
Toplantı - HALL 7
REC
Giriş yapın
Sesi (Alt+A) ile açın veya sesi geçici olarak açmak için Space tuşunu basılı tutun.
Observer Hall-7
Meridon Demaj
Observer Hall-7
cezar
G
Dr Essien Ekong...
Sadais Amjad
Giulia Catania
Dr Essien Ekong-Hall 7
2 atanmamış katılımcı
Ses
Video
Katılımcılar
Sohbet
Tepki ver
Paylaş
Oturum sahibi araçları
Kaydet
Daha fazla
Odadan çık

TABLE OF CONTENTS

AUTHORS	PRESENTATION TITLE	No
Mehmet ÇAKIROĞLU Deniz Erdan KOCAMAZ	THE EFFECT OF VIRTUAL REALITY APPLICATIONS ON PHANTOM LIMB PAIN IN INDIVIDUALS WITH POST-EARTHQUAKE AMPUTATION: A RANDOMIZED CONTROLLED TRIAL	1
Mehmet ÇAKIROĞLU	ERROR AUGMENTATION IN PHYSIOTHERAPY: CLINICAL IMPLEMENTATION AND OUTCOMES	12
Alev KESKİN Zehra ESKİMEZ	MISSED NURSING CARE	17
Ece ERSOY Pınar YEŞİL DEMİRCİ	NURSING APPROACHES TO SUPPORT SELF-CARE IN HEMODIALYSIS PATIENTS: A REVIEW IN LIGHT OF CURRENT LITERATURE	24
Leyla Senem ÜN Zehra ESKİMEZ Songül KARADAĞ	PREDICTING CLINICAL DETERIORATION IN PULMONARY ARTERIAL HYPERTENSION	30
Birgül ERDOĞAN Rukiye ÇELİK	TRAUMA-INFORMED CARE IN THE NEONATAL INTENSIVE CARE UNIT: A NURSING APPROACH FOCUSED ON INFANTS, FAMILIES AND CARE TEAMS	37
Bengisu ARSLANTAŞ Zeynep Birsu ÇİNÇİN	INTERPRETABLE ARTIFICIAL INTELLIGENCE FOR LUNG CANCER MOLECULAR CARTOGRAPHY: TRANSLATING OPEN GENOMIC DATA INTO ONCOLOGICAL INSIGHT	45
Rukiye ÇELİK Birgül ERDOĞAN	CHILD HEALTH IN A CHANGING CLIMATE: MULTIDIMENSIONAL ROLES OF PEDIATRIC NURSING	55
Osman ALAMAN Zehra ESKİMEZ	PATIENT SAFETY PERCEPTION AMONG CONTEMPORARY NURSES	66
Kıymet MESES Zehra ESKİMEZ	THE HUMANISTIC DIMENSION OF NURSING CARE IN THE AGE OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE: COMPASSION, EMPATHY, AND ETHICAL APPROACHES	73
Serenay GÜNDÜZ Pınar YEŞİL DEMİRCİ	NURSING APPROACHES TOWARDS SELF-CARE IN PATIENTS WITH LUNG CANCER: A REVIEW IN THE LIGHT OF CURRENT LITERATURE	80
Fatma İlknur UZUN Güllü YAZKAN Nezihe BULUT UĞURLU Feyza ACAR	BARRIERS TO ACCESSING MENTAL HEALTH SERVICES AMONG MIGRANTS AND THE ROLE OF PSYCHIATRIC NURSING	85
Merve AYDIN Özdem NURLUÖZ	THE FEAR OF CORONAVIRUS IN ADOLESCENTS AND ASSESSMENT OF THE VARIABLES AFFECTING SUCH FEAR	94
Mehtap TOPRAK Zehra ESKİMEZ	THE CONTRIBUTION OF THE BRADEN SCALE TO CLINICAL DECISION-MAKING IN NURSING CARE AND COMMON MISUSES: A REVIEW	102
Serdar COŞKUN	NATURE'S HEALING MATRIX: BIOLOGICAL ACTIVITY AND THERAPEUTIC POTENTIAL OF HONEY	109
Şeyma Eda AKIN MUHAMMET AKIN	COMBINED ENDODONTIC-SURGICAL TREATMENT PLANNING IN PERIAPICAL LESIONS: A CASE-BASED EVALUATION	119
Şeyma Eda AKIN MERVE KÖSETÜRK	MULTIPLE-CANAL ANATOMY IN MANDIBULAR CANINES AND PREMOLARS: A CASE SERIES	124
Şaban Cem SEZEN	INVESTIGATION OF ISCHEMIA-REPERFUSION INJURY USING SOME EXPERIMENTAL MODELS: ORGAN AND TISSUE-SPECIFIC APPLICATION PROCEDURES	131

AUTHORS	PRESENTATION TITLE	No
Şaban Cem SEZEN	ANTIOXIDANT AND ANTI-INFLAMMATORY EFFECTS OF BROMELAIN: EXPERIMENTAL STUDY AND CLINICAL PERSPECTIVES	144
Ahmet Esat GÖNER Hatice Esra DURAN	OBSERVATION OF THE CLINICAL EFFECTIVENESS AND BIOCHEMICAL SIGNIFICANCE OF THE COMPLEMENTARY FEEDING SUBSTANCE CONFIDENCE ON WOUND HEALING	155
Işın GENÇAY Yiğit Ali KELEŞ	ALLERGY DEVELOPING IN A CHILD PATIENT AFTER SEVOFLURANE ANESTHESIA: A CASE REPORT	159
Işın GENÇAY Abdülhamid Han ATASOY Kevser PEKER	POSTOPERATIVE BILATERAL VOCAL CORD PARALYSIS AFTER TOTAL THYROIDECTOMY	161
Işın GENÇAY Pınar KARA	PULMONARY EDEMA IN A PATIENT WITH ACROMEGALY: A CASE REPORT	163
S. SANTHOSH KUMAR	BIODIESEL PRODUCTION FROM CASHEW NUT OIL AND CASHEW NUT SHELL LIQUID (ANACARDIUM OCCIDENTALE): EXTRACTION AND CHARACTERIZATION	165
Mourad NAHAL Ibtissem SID	MULTI-CONDITION RELIABILITY OPTIMIZATION OF PREVENTIVE MAINTENANCE FOR INDUSTRIAL COMBUSTION AIR SYSTEMS	166
Simran SAINI Anupam KHANNA Manisha	FREE VIBRATION BEHAVIOUR OF BI-PARABOLICALLY VARYING RECTANGULAR PLATE WITH THERMAL CONDITIONS	167
Ayazul HASAN	CENTERS OF λt-ISOTYPITY IN QTAG-MODULES	179
Agnesa BEXHETI	CHAPTER-AWARE RETRIEVAL-AUGMENTED GENERATION FOR KNOWLEDGE EXTRACTION FROM UNIVERSITY THESIS REPOSITORIES: A STRUCTURED LITERATURE REVIEW A REVIEW OF RETRIEVAL-AUGMENTED GENERATION METHODS FOR LONG, STRUCTURED ACADEMIC DOCUMENTS	180
Yassine BOUHOUCHI Meryem MAISS Youness IGHRIS Mohsine QAFFOU Jamal BALITI	NON-NEWTONIAN STRESS BEHAVIOR IN KINETIC AND MICROSCALE FLOW REGIMES	185
Mouheb SBOUI	SIMPLE AND GREEN FABRICATION OF TIO2/HA/CASIO3 CERAMIC COMPOSITES FOR BIO-MEDICAL APPLICATIONS	187
Asmamaw Abebe BIABEYIN Berihun Gizachew NEGASH	UNSTEADY MHD WILLIAMSON NANOFLUID FLOW OVER A PERMEABLE INCLINED STRETCHING SHEET WITH CATTANEO-CHRISTOV DOUBLE-DIFFUSION EFFECTS: A SEMI-ANALYTICAL INVESTIGATION	188
Nouhaila CHTYBY Youssef BOURD Zineb OUHRA Abdelkbir BELLAOUCHOU Mouloud EL MOUDANE	CALCIUM PHOSPHATE-BASED GLASS-CERAMICS FOR BONE TISSUE ENGINEERING: FROM LABORATORY ADVANCES TO CLINICAL APPLICATION	189
Suresh KUMAR	ENVIRONMENTAL NANOTECHNOLOGY FOR SUSTAINABLE REMEDIATION: PRINCIPLES, APPLICATIONS, AND CASE STUDIES	190
Clara Gaspar Fossi de SOUZA Fernando Joaquim Fernandes Tavares ROCHA Francisco Antonio Rocco LAHR	DETECTION OF IRON-RICH PARTICLES IN CUMARU WOOD (DIPTERYX ODORATA) BY SEM-EDS ANALYSIS	191
Lejla Abazi BEXHETI Agnesa BEXHETI	CRITICAL LITERATURE REVIEW OF AI-WRITING DETECTION TOOLS AND THEIR USE IN UNIVERSITIES	192

AUTHORS	PRESENTATION TITLE	No
Marina S.T. STOJANOVA Acad. Dragutin A. DJUKIC Monika STOJANOVA Milos RABRENOVIC	CIRCULAR ECONOMY APPROACHES IN NANO-FERTILIZER DEVELOPMENT FOR ENHANCED NUTRITIONAL QUALITY OF CROPS	199
Yassine BOUHOUCHI Meryem MAISS Youness IGHRIS Mohsine QAFFOU Jamal BALITI	KNUDSEN LAYER PHENOMENA IN RAREFIED GAS FLOW: A COMPREHENSIVE THEORETICAL REVIEW	200
Hadda KEBIR	RADIOLOGICAL ASSESSMENT OF NATURAL RADIONUCLIDES IN THERMAL SPRINGS OF EASTERN ALGERIA	202
Youssef BOURD Mouad EL MOUZAHIM El Mehdi EDDARAI Abdelkbir BELLAOUCHOU Ratiba BOUSSEN	ADVANCED BIODEGRADABLE ALGINATE BEADS WITH TUNABLE CONTROLLED-RELEASE PROPERTIES FOR BIOMEDICAL AND AGRICULTURAL DELIVERY	203
Chokri BAYOUDH Yassmine GHRAIRI Afifa MAJDOUB Taoufik BETTAIEB	IN VITRO ROOTING POTENTIALITIES OF ROSEMARY AND THYME ESSENTIAL OILS ON PEAR (PYRUS COMMUNIS L.) VITROPLANTS	204
Anik BISWAS	AI-DRIVEN CLINICAL DECISION SUPPORT SYSTEM FOR EARLY DETECTION AND RISK STRATIFICATION OF BREAST CANCER IN U.S. HEALTHCARE SYSTEMS	205
Shoaib Ahsan SHAH	A ZIGZAG SEARCH ALGORITHM FOR UNMANNED AERIAL VEHICLE-BASED ODOR SOURCE LOCALIZATION	206
Fahad AMJAD Abdul REHMAN Muhammad ZAIN Faiqa ABID	DIGITAL AGRICULTURE AND AI ADOPTION FOR SUSTAINABLE FARMING IN DEVELOPING COUNTRIES	207
Hebat-Allah S. TOHAMY	SMART NANOEMULGELS FROM SUSTAINABLE POLYMER DOTS	208
Iyman Binti FAYAZ Mohammad Mateen ZEHGEER	STREET FOODS: A POTENTIAL THREAT TO THE FOOD SAFETY AND A MAJOR PUBLIC HEALTH CONCERN	209
Faiqa ABID Abdul REHMAN Fahad AMJAD Muhammad ZAIN	AGRONOMIC BIOFORTIFICATION AS A SUSTAINABLE STRATEGY TO COMBAT HIDDEN HUNGER AND IMPROVE GLOBAL FOOD SECURITY	210
Kaouthar BOUMANE Mostapha KARAOUI Mohammed ALAMI Mohammed ASSOUAG	INTERFACIAL ADHESION IN NATURAL FIBER-REINFORCED POLYMER COMPOSITES: MECHANISMS AND IMPROVEMENT STRATEGIES	211
Zineb OUHRA Maha EL HAWARY Nouhaila CHTYBY Youssef BOURD Abdelkbir BELLAOUCHOU Mouloud EL MOUDANE	STRUCTURAL ENGINEERING AND IONIC CONDUCTIVITY OPTIMIZATION IN $LI_2O–BI_2O_3–NB_2O_5–P_2O_5$ PHOSPHATE GLASSES INCORPORATING NIOBIUM FOR SOLID-STATE LITHIUM-ION ELECTROLYTES	212
Serap YALÇINYİĞİT	DIGITAL LEADERSHIP: A MULTIDISCIPLINARY REVIEW OF EMERGING RESEARCH AREAS	213

AUTHORS	PRESENTATION TITLE	No
Meryem Gezer SEVİNÇ Tülin AKMAN Şaban ÜNVER	EXAMINATION OF THE CREATIVITY LEVELS OF TEAM AND INDIVIDUAL ATHLETES	222
Meryem Gezer SEVİNÇ Tülin AKMAN Şaban ÜNVER	INVESTIGATION OF ANXIETY REGARDING SPORTS INJURIES IN ATHLETES	228
Zeynep ADABAĞLI	REPETITIVE NEGATIVE THINKING IN DAILY LIFE: A QUALITATIVE DOCUMENT ANALYSIS ON RUMINATIVE THINKING AND ANXIETY	235
Aslı BÜYÜKOKUTAN TÖRET Zülal SÖĞÜT	THE INFLUENCE OF DIGITAL NOMADS AND CULTURAL AMBASSADORS IN DIGITAL CULTURAL DIPLOMACY	237
Hikmet EREN Zülal SÖĞÜT	MEETING IN A SHARED HERITAGE: THE ROLE OF NOWRUZ AND DEDE KORKUT NOMINATIONS IN THE CULTURAL DIPLOMACY OF THE TURKIC WORLD	247
Merve Reyhan CEYLAN	GENDERED CYBER INSECURITIES: RISK PERCEPTION, PROTECTIVE BEHAVIORS, AND VICTIMIZATION IN DIGITAL ENVIRONMENTS	249
Cansu Büşra ÖLMEZ	THE RIGHT TO ADEQUATE HOUSING: AN APPROACH TO THE REGULATORY FRAMEWORK AND ITS IMPLEMENTATION	250
Yusra POLAT H. Pelin KARASU	EVALUATION OF WRITTEN EXPRESSION SKILLS OF STUDENTS WITH HEARING LOSS: A SYSTEMATIC REVIEW	259
Yusra POLAT H. Pelin KARASU	AN INVESTIGATION OF INSTRUCTIONAL RESEARCH AIMED AT DEVELOPING THE WRITTEN EXPRESSION SKILLS OF STUDENTS WITH HEARING LOSS	267
Adem Okan YAŞAR Erman YÜKSELTÜRK	NATIONAL TECHNOLOGY LABS: STRENGTHENING THE DOMESTIC PRODUCTION AND INNOVATION ECOSYSTEM THROUGH THE FABLAB APPROACH	275
Pınar AKGEYİK Erman YÜKSELTÜRK	THE USE OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE BY TEACHERS: ADVANTAGES AND POTENTIAL CHALLENGES	279
Sümeyye Selin ÇAVUŞ NURSEL YALÇIN	DIFFERENTIAL EFFECTS OF INSTRUCTIONAL DESIGN-BASED INTERACTIVE DIGITAL STORYBOOKS ON EARLY LITERACY SUB-SKILLS	283
Abdullah TEKELİER İsmail Onur TUNÇ	THE EFFECTIVENESS OF DISASTER AWARENESS TRAINING PROVIDED TO RECRUITS: A SINGLE-GROUP PRE- AND POST-TEST STUDY	293
Muhammed Mehdi AKSOY	THE LANGUAGE OF CLASSICAL USŪL AL-FIQH AND ARTIFICIAL INTELLIGENCE	295
Muhammet Feyzi ATASAYAR	IBN HAJAR'S CONCEPTION OF CAIRO IN HISTORIOGRAPHY: THE CASE OF INBĀʾ AL-GHUMR	309
Filiz YEĞENOĞLU Ayşegül SEL Adem YILMAZ	AN EXAMINATION OF DIFFERENTIATION, ASSESSMENT, AND FAMILY/COMMUNITY INVOLVEMENT COMPONENTS IN THE TÜRKİYE CENTURY EDUCATION MODEL PRESCHOOL EDUCATION CURRICULUM	317
Filiz YEĞENOĞLU Adem YILMAZ	AN EXAMINATION OF THE SKILL-BASED STRUCTURE OF THE TÜRKİYE CENTURY EDUCATION MODEL PRESCHOOL EDUCATION CURRICULUM IN TERMS OF CURRICULUM COMPONENTS	326
Zeynep ALTUN Şule ERŞAN	TRANSCENDING INSTITUTIONAL BOUNDARIES WITH NATURE-BASED, WALL-LESS SCHOOLS: A THEORETICAL APPROACH	334
Ferhan Ümmügülsün ÇELİK ELİF AKAY	AN EXAMINATION OF RESEARCH ON THE READING COMPREHENSION SKILLS OF STUDENTS WITH HEARING LOSS IN INFORMATIONAL TEXTS	340
İlay Ebrar ÇITRAZ Kamil Arif KIRKIÇ	INNOVATION LEVELS OF EARLY CHILDHOOD EDUCATIONAL CANDIDATES	349

AUTHORS	PRESENTATION TITLE	No
Mensure ŞUŞOĞLU Kamil Arif KIRKIÇ	THE SELF-REGULATION LEVELS OF EARLY CHILDHOOD EDUCATOR CANDIDATES	356
Nisa Gökden KAYA	THE ROLE OF THE FAMILY IN SUPPORTING LEARNING MOTIVATION IN GIFTED CHILDREN	363
Nisa Gökden KAYA	PROBLEMS THAT MAY ARISE IN GIFTED CHILDREN DUE TO ASYNCHRONOUS DEVELOPMENT AND SUGGESTED SOLUTIONS	369
Cemal Baran BALKAYA Alkım GOKCEN Savaş SAHIN	DESIGN AND OPTIMIZATION OF A CROSS-CORRELATION BASED FLOWMETER FOR CLAMP-ON ULTRASONIC WATER METERS	375
Meliha AYDIN Gürkan TOPKARA Savaş ŞAHİN	REAL-TIME PASSENGER DENSITY DETECTION AND INFORMATION SYSTEM FOR PUBLIC TRANSPORT VEHICLES BASED ON ARM MICROPROCESSOR AND EMBEDDED MACHINE LEARNING	384
Egehan ÖZAYDIN Emre ÇANCIOĞLU Savaş ŞAHİN	MACHINE LEARNING–ASSISTED MONITORING AND DATA ACQUISITION SYSTEM FOR ELECTRICITY AND COMPRESSED GAS CONSUMPTION FORECASTING IN BATTERY PRODUCTION LINES	392
Yasin FIRILDAK Uğur TÜMER Emre ULUKAN Savaş ŞAHİN	DEVELOPMENT OF ULTRA LOW POWER CONSUMPTION WIRELESS ROOM THERMOSTAT FOR COMBI BOILERS	402
Uğur TÜMER Emre ULUKAN Savaş ŞAHİN	COMPARISON OF PI AUTO TUNING METHODS ON AN INDUSTRIAL BLDC MOTOR APPLICATION FOR SPEED CONTROL	409
Etibar VAZIROV Sarkhan ARKHMAMMADOV Raul SULEYMANZADA	GRAPH NEURAL NETWORKS VS TRADITIONAL MODELS FOR SPATIAL TRAFFIC CLASSIFICATION	420
Arman GÜRDAL Femin YALCIN	A REGRESSION, BAYESIAN UNCERTAINTY, AND ATTENTION-BASED DECISION SUPPORT FRAMEWORK FOR HISTOPATHOLOGICAL BREAST CANCER ANALYSIS	427
Soukaina EL BOURACHDI Yassine RAKCHO Amal LAHKIMI	ADSORPTION: A COMPREHENSIVE INVESTIGATION COMBINING DENSITY FUNCTIONAL THEORY (DFT) THEORETICAL ANALYSIS, RIGOROUS EXPERIMENTAL EVALUATION, AND PROCESS OPTIMIZATION USING RESPONSE SURFACE METHODOLOGY (RSM) TO ELUCIDATE ADSORPTION MECHANISMS	437
Demelash Hailu MITIKU Ashagrie ZEWDU	SUSTAINABILITY, CONSUMER ACCEPTABILITY, AND CIRCULAR ECONOMY STRATEGIES FOR FRUIT WASTE-BASED FUNCTIONAL FOODS IN ETHIOPIA	438
Shabnum SHAHEEN	GREENING APICULTURE: MELISSOPALYNOLOGICAL INSIGHTS INTO CLIMATE-SMART HONEYBEE FORAGE MANAGEMENT FOR SUSTAINABLE BIODIVERSITY AND FOOD SYSTEMS	439
Skender DEMAKU Donika SYLEJMANI Arbnorë ALIU Jetë MALIQI	ENVIRONMENTAL IMPACT ASSESSMENT BASED ON PHYSICOCHEMICAL AND BIOLOGICAL INDICATORS: EVIDENCE FROM ARTANË MINE WASTE	440
Skender DEMAKU Arbnorë ALIU Donika SYLEJMANI Bahrije DOBRA	RESEARCH ON PHYSICOCHEMICAL AND BIOLOGICAL PARAMETERS, AS WELL AS HEAVY METAL LEVELS IN THE WATER AND SEDIMENT OF HERTICA ARTIFICIAL LAKE, MUNICIPALITY OF PODUJEVA	441
M A QURAISHI	RECENT ADVANCES IN GREEN CORROSION INHIBITORS: FROM FUNDAMENTAL RESEARCH TO INDUSTRIAL PRACTICE	442

AUTHORS	PRESENTATION TITLE	No
Soraia Inês PEDRO Tiago Daniel Pereira Adriano FERNANDES Alexandra Maria Moita ANTUNES Eugenia GALLARDO Ofélia Maria Serralha dos ANJOS	COMPARATIVE COMPOSITION OF DIFFERENT PARTS OF ACACIA MEARNSII	443
Hamza MAROUANI El Mehdi MAJDI	CHEMICAL PREPARATION, CRYSTAL STRUCTURE REINVESTIGATION, AND VIBRATIONAL STUDY OF META-CARBOXYPHENYL AMMONIUM DIHYDROGENOMONOPHOSPHATE (C7H4NH3OOH)H2PO4	444
Seyfaddin JAFAROV	MORPHOLOGY AND OPTICAL PROPERTIES OF CDSE;0.5%HO NANOLAYERS GAINED BY PULSE LASER DEPOSITION METHOD	445
Carlos A. L. ANTUNES Soraia Inês PEDRO Ilda CALDEİRA Ofélia ANJOS	CHARACTERISATION OF THE VOLATILE COMPOSITION OF AGEING ARBUTUS UNEDO FRUIT SPIRIT WITH CHROMATOGRAPHIC AND SPECTROSCOPIC TECHNIQUES	452
Omu Okiemute Odangowei Inetiminebi OGIDI	DETERMINATION OF PROXIMATE AND MINERAL COMPOSITIONS OF SOME SELECTED NIGERIAN POLY-HERBAL FORMULATIONS	453
Ravana GULIYEVA Narmin MAMMADOVA Milana AKIFLI Zaur AHMADOV Fatime QULUYEVA	FROM GENES TO NEURONS: ADVANCED GENETIC ENGINEERING IN NEUROLOGICAL MEDICINE	459
Ravana GULIYEVA Nigar ALIYEVA Aytac ISMAYILOVA Fatime QULUYEVA	THE BIOLOGICAL ROLE OF CHEMICAL REACTIONS IN LIVING ORGANISMS: A BIOCHEMICAL PERSPECTIVE	468
Md. Selim ALI	LABORATORY DIAGNOSIS AND ANTIBIOTIC RESISTANCE PROFILING OF BACTERIAL PATHOGENS ISOLATED FROM DIFFERENT CLINICAL SAMPLES AT RAJSHAHI MEDICAL COLLEGE HOSPITAL, RAJSHAHI, BANGLADESH	475
Dragana MEKIĆ Gyöngyi VASTAG Borko MATIJEVIĆ Gorana MRĐAN Suzana APOSTOLOV	CHROMATOGRAPHIC ASSESSMENT OF LIPOPHILICITY AND PHARMACOKINETIC PROPERTIES OF THIOCARBOHYDRAZONES	476
Gabrijel ONDRASEK Jelena HORVATINEC ISAKOVIĆ	GLOBAL METAL CONTAMINATION: ENVIRONMENTAL PATHWAYS, HUMAN HEALTH RISKS, AND SUSTAINABLE REMEDIATION	477
Nihal MESMOUDI Khawla AMMOUCH Siham MESMOUDI Abdellah MOUSTAGHFIR Naoual OUKKACHE	PATHOPHYSIOLOGICAL EFFECTS OF DABOIA MAURITANICA VENOM: INSIGHTS INTO MOROCCAN VIPER ENVENOMATION	478
Shahzaib KHAN Muhammad USMAN	ADVANCED MIXED METAL OXIDE NANOCOMPOSITE FOR ASYMMETRIC SUPERCAPACITORS	479
Rushail NAZISH	USING COMPUTER-BASED METHODS TO IDENTIFY PLANT-DERIVED COMPOUNDS AGAINST OVARIAN CANCER: A STUDY TARGETING ALDH1A1	480
Sumaiya PARVEEN Vakeel A. KHAN	A NEW PERSPECTIVE ON STATISTICAL SUMMABILITY IN NEUTROSOPHIC NON-ARCHIMEDEAN SEQUENCES	481

AUTHORS	PRESENTATION TITLE	No
K. VIGNESH	IN-PLANTA TARGETING AND CLEAVAGE OF VIRAL DNA/RNA GENOMES USING CRISPR/CAS SYSTEMS	482
Hanane MESSIAD Tarek YOUSFI	3',5,7-TRIHYDROXY-4'-METHOXYFLAVANONE COMPUTATIONAL METHODS FOR MODELING CYCLODEXTRIN-DRUG SYSTEMS	483
Nacima DIAB Asma BOUCIF	ETHNOPHARMACOLOGICAL POTENTIAL AND INDIGENOUS KNOWLEDGE OF POISONOUS SPONTANEOUS FLORA IN SOUTHEASTERN ALGERIA	485
Gulnar ATAKISHIYEVA Sevinc MUKHTAROVA Ayten QAJAR Nigar AHMEDOVA Irada SHIKHALIYEVA Gulnara BABAYEVA	ANALYSIS OF SWISSADME RESULTS FOR (E)-1-(1-(4-(TERT-BUTYL)PHENYL)-2,2-DICHLOROVINYL)-2-(M-TOLYL)DIAZENE COMPOUND	486
Shianta JAHAN	EVALUATION OF THE ANTIBACTERIAL POTENTIAL OF COMBINED ETHANOLIC EXTRACTS OF CHENOPODIUM ALBUM, MUSA SPP., AND CALOTROPIS GIGANTEA	488
Gulnar ATAKISHIYEVA Sevinç MUKHTAROVA Shafiga İBRAHIMOVA Ayten QAJAR Teymur SADIXLI	COMPARATIVE MOLECULAR DOCKING ANALYSIS OF FURAN DERIVATIVE AS DNA GYRASE B INHIBITORS	489
Gianluca Pasquale TODISCO	SYNERGIES BETWEEN NEUROARCHITECTURE, SPECIAL EDUCATION, AND ART INCLUSION METHODOLOGY	490
Karatzia FANI Sonia Garcia SEGURA	ENTREPRENEURSHIP IN ADULT EDUCATION: CHALLENGES, RESISTANCE AND THE ROLE OF LEADERSHIP	505
Liliana Diana CIOBOTARIU	BIBLICAL FINANCIAL PRINCIPLES AS PEDAGOGICAL INSTRUMENTS IN CONTEMPORARY FINANCIAL EDUCATION	507
Violla MAKHZOUM Ghina Nabil ELZEIN Maria Bdadouni Abdel NOUR	PREPARING STUDENTS FOR GLOBAL CHANGE THROUGH LIFELONG LEARNING	522
Samia MOUSTAGHFIR Sakina EL KHATTABI	RETHINKING TEACHER EDUCATION DEVELOPMENT IN CONTEMPORARY EDUCATION: CHALLENGES AND EMERGING PERSPECTIVES	524
Nigar ISAYEVA	BIOGRAPHICAL NOVEL AS A FORM OF HISTORICAL COGNITION: THE INTERACTION OF FACT AND ARTISTIC INTERPRETATION	525
Gizem ÖZAL CANPOLAT	RETHINKING ARCHITECTURAL HISTORY IN THE AGE OF DATA	530
Gülseren Nur ÖZÇAKIR Mahsa TEKİN	THE EFFECTS OF URBAN CHANGE ON IDENTITY AND URBAN DESIGN: THE CASE OF BAĞDAT AVENUE	537
Sena Erenel Savaş SARIHAN	THE INFLUENCE OF RETRO-FUTURISM AND Y2K AESTHETICS ON GRAPHIC DESIGN	539
Sümeyra AKGÜN Ümit Turgay ARPACIOĞLU	GLARE PROBLEMS CAUSED BY DAYLIGHT IN OFFICE SPACES	549
Aslıhan HÜNÜK Nuşin KARA	THE RELATIONSHIP BETWEEN SPATIAL QUALITY AND USER SATISFACTION IN THE REPURPOSING OF URBAN DERELICT SPACES: THE CASE OF TERMINAL KADIKÖY	551
Bora ÇOLAKOĞLU Yüksel BALABAN	THE PANOPTICON AND CINEMA: AN ANALYSIS OF THE FILM WALL-E	563
Canan Gülseren İnan KONUKOĞLU	THE CARTOGRAPHY OF CINEMA: THE ACT OF INTENTIONAL STILLNESS AS A MEANS OF LACONIC EXPRESSION	569

AUTHORS	PRESENTATION TITLE	No
Aslı AYDAR	RELIGIOUS MUSIC PRACTICES OF THE ORTHODOX GREEK COMMUNITY OF IZMIR	576
Erdinç ALTINÇEKİÇ Şeniz ÖZİŞ ALTINÇEKİÇ Sevil ÇALIŞKAN ELEREN	ENVIRONMENTAL IMPACTS OF MACROALGAE USE IN STRATEGIES FOR MITIGATING ENTERIC METHANE EMISSIONS FROM RUMINANTS	581
Nilgün AYDIN Nesimi İLİK Barış SARI	LEISHMANIASIS IN DOGS: A CASE SERIES OF FIVE CASES	594
Nilgün AYDIN Neslihan OLMEZ Şemistan KIZILTEPE	TICK INFESTATION IN SHEEP FROM IĞDIR PROVINCE, TÜRKIYE: PREVALENCE, SPECIES COMPOSITION AND GRAZING-RELATED RISK FACTORS	596
Sezen TAYAM Sibel ERDOĞAN Mehmet Reşit KARAGEÇİLİ	EFFECTS OF PLANT-DERIVED PHYTOBIOTICS SUPPLEMENTATION IN POULTRY NUTRITION	598
Sezen TAYAM Sibel ERDOĞAN Mehmet Reşit KARAGEÇİLİ	PERILLA FRUTESCENS IN ANIMAL NUTRITION	606
İhsan KISADERE Hasan SUSAR Tevhide Elif GÜNER	THE EFFECTS OF ALIVE OR HEAT-KILLED LACTOBACILLUS REUTERI (L. REUTERI) ADMINISTRATION ON SOME HEMATOLOGICAL AND BIOCHEMICAL PARAMETERS IN RATS EXPOSED TO CADMIUM (CD)	613
Deniz ÖZDEMİR	MANAGEMENT OF ANOREXIA IN CHRONIC KIDNEY DISEASE IN DOGS: THE THERAPEUTIC POTENTIAL OF GHRELIN RECEPTOR AGONISTS	615
Ali Orkun ÇAĞIRTEKİN Sezen TEKİN Irmak KARADUMAN ER Selim ACAR	INVESTIGATION OF CURRENT–VOLTAGE (I–V) CHARACTERISTICS UNDER DIFFERENT WAVELENGTH ILLUMINATION	625
Kübra ARANCI Ahmet Akif KIZILKURTLU Zeynep Sude ÇİFTÇİBAŞI Sevgi GÜLYÜZ Sevde ALTUNTAŞ Özgür YILMAZ	TARGETING AQUACULTURE PATHOGENS: SYNTHESIS, CHARACTERIZATION, AND LIGAND TRACER STUDIES OF ANTIMICROBIAL PEPTIDES AGAINST AEROMONAS HYDROPHILA	631
Ecem IŞIK Ebubekir DİŞLİ	DESIGN AND PROTOTYPE MANUFACTURING OF AN INTEGRATED TRIPLE MIXING UNIT FOR FRUIT JUICE AND CARBONATED BEVERAGES	633
Muhammet TANRIVERDİ Salih DİKİLİTAŞ Özlem AKSOY	THE EFFECTS OF SOME ECO-FRIENDLY AND STANDARD DISHWASHER DETERGENTS ON MITOSIS IN ALLIUM SATIVUM L.	635
Alican ÇIVĞA Nazlı ÖĞÜT	MODELING AND MAPPING THE POTENTIAL SPATIAL DISTRIBUTION OF ORIGANUM MAJORANA L. (MARJORAM)	642
Sezer ÇELİK	MASS EXTINCTION	651
Şeyma Büşra GÜNCÜ	A COMPARATIVE CONTENT ANALYSIS OF THE VISUAL COMMUNICATION PERFORMANCE OF SUSTAINABILITY CERTIFICATIONS IN THE TEXTILE INDUSTRY THROUGH GLOBAL BRANDS	652
Şeyma Büşra GÜNCÜ Gamze DUMLU	THE ROLE OF SCIENTIFIC VISUALIZATION TECHNIQUES IN ENGINEERING DOCUMENTATION: SYSTEMATIC ANALYSIS OF COMPLEX TEXTILE MECHANISMS AND SAMPLE FORMS	665

AUTHORS	PRESENTATION TITLE	No
Abubakar Abdulkadir ABUABDIN	STRATEGIC AGILITY THROUGH AMBIDEXTROUS MARKETING: A CONCEPTUAL FRAMEWORK FOR ENTREPRENEURIAL FIRMS NAVIGATING POLYCRISIS	677
Faton MORINA Valbon BYTYQI	USING GIS TO PROMOTE TOURISM: CASE STUDY – KOSOVO	685
José Moleiro MARTINS Cecília Morais MARTINS	DIGITAL STEWARDSHIP AND WELL-BEING IN LISBON FAMILY BUSINESSES	686
Sodikov Mirziyo Odiljon UGLI	ECOTOURISM IN UZBEKISTAN: ASSESSING THE DEVELOPMENT POTENTIAL, STRUCTURAL CONSTRAINTS, AND TERRITORIAL PATHWAYS WITH SPECIAL REFERENCE TO BOSTANLYK DISTRICT (TASHKENT REGION)	696
Bitila ZHULI Aldona MINGA	DIGITAL SKILLS AND AI GOVERNANCE AS DRIVERS OF INSTITUTIONAL PERFORMANCE IN ALBANIAN PUBLIC ADMINISTRATION REFORM	706
Éva KOVÁCSNÉ LACZKÓ Gábor KOVÁCS Éva LÖWE	TALENT MANAGEMENT ANALYSIS OF MULTINATIONAL COMPANIES WITH SUBSIDIARIES IN HUNGARY BASED ON JANUARY 2022 DATA	716
Zahiduzzaman ZAHID Mufti Md. Maksudul HAQUE Mufti Md Mahfujur RAHMAN	SUSTAINABLE PROSPERITY THROUGH UMMAH'S UNITY: THE ROLE OF AI-ENABLED ISLAMIC FINTECH IN ACHIEVING MAQĀṢID AL-SHARĪʿAH	726
Paulus SIMAMORA Ronal LIMBONG	RECONSTRUCTION OF THE LEARNING EVALUATION SYSTEM IN CHRISTIAN RELIGIOUS EDUCATION BASED ON CHARACTER ASSESSMENT AND FAITH GROWTH	727
Oksana SHOVAK Tetiana POCHEPETSKA Olha KISHKO Natalia PETIY	GRAMMAR BEYOND THE RULE BOOK: RETHINKING GRAMMAR INSTRUCTION FOR UNIVERSITY EFL LEARNERS	737
Sándor FÖLDVÁRI	HUNGARIAN RIGHT-WING AMBITIONS IN THE EARLY 21ST CENTURY TOWARD THE REVISION OF THE TRIANON TREATY	738
Samir MERADI Naima LABIAD Hela DIOUANI	THE IMPACT OF AI-POWERED DIGITAL MARKETING ON CONSUMER TRUST AND ENGAGEMENT: A COMPARATIVE STUDY OF HUMAN AND AI-GENERATED BRAND CONTENT	740
Anga Peter INALEGWU	DEVELOPMENT AND IMPLEMENTATION OF A VIRTUAL CHEMISTRY LABORATORY FOR ENHANCING LEARNING OUTCOMES AMONG SENIOR SECONDARY SCHOOL STUDENTS IN ABUJA, NIGERIA	747
Kumar AMIT	A GEOGRAPHICAL STUDY OF HEALTH AND QUALITY OF LIFE OF ELDERLY POPULATION IN LUCKNOW	752
Nino LOMSADZE Nino BOCHORISHVILI Marika KATAMADZE	AN ANALYSIS OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN LESSON GENERATION AND CURRICULUM ALIGNMENT	753
Mirela LAZIMI	ACTIVE AGING AND SOCIAL INCLUSION OF OLDER ADULTS IN MODERN SOCIETY	754
Ananda MAJUMDAR	EXPLORING MATERIAL CULTURE IN OLD NORSE LITERATURE	763
Ajayi, Olayemi T. AJAYI Omotosho, Azeez O. OMOTOSHO	EXPLORING GENDER DYNAMICS IN ART HISTORY: FEMINIST PERSPECTIVES ON THE REPRESENTATION AND RECOGNITION OF WOMEN ARTISTS IN NIGERIA	771
Ajayi, Olayemi T. AJAYI Adaradohun, Ayodele V. ADARADOHUN	VISUAL ARTS AND THE BUILT ENVIRONMENT: ASSESSMENT OF FONPI STUDENTS' PERCEPTION OF MURAL PAINTINGS WITHIN THE POLYTECHNIC	772

AUTHORS	PRESENTATION TITLE	No
Ardita DYLGJERI	CONVERSATIONAL MAXIMS IN DIGITAL COMMUNICATION: A STUDY OF WHATSAPP INTERACTION	777
Sheyla MORONI	NOSTALGIA, SERIES AND IMAGINED EMPIRES: HOW TV SERIES REWRITE HISTORY	785
Michele MANIGRASSO	GEOGRAPHIES OF THE INVISIBLE: THE CITY OF THE HOMELESS AS A RADICAL PRACTICE OF DWELLING	799
Munevver PAZHARBEK	THE MODERN FEMININE IDEAL: DIGITAL CULTURE, PSYCHOLOGICAL PRESSURE, AND THE CONSTRUCTION OF FEMALE SELF-WORTH	801
Munevver PAZHARBEK	SOCIAL MEDIA, COGNITIVE MANIPULATION, AND MENTAL HEALTH IN THE INFORMATION AGE	802
Munevver PAZHARBEK	INVISIBLE STRUGGLES: PSYCHOLOGICAL MASKING, MEDICAL GENDER BIAS, AND THE MENTAL HEALTH OF WOMEN	803
Abdourahamane AMADOU ABDOURAHAMANE Ayodele Adebayo ALLAGBE Franck AMOUSSOU	DEICTIC FEATURES IN "THE INDIAN LOVE MOVIE"	804
Mountaha MAHNANE Wissem MAHNANE Nabila BELYAGOUBI-BENHAMMOU Larbi BELYAGOUBI	FROM PLANTS TO SKIN REPAIR: THE PROMISING ROLE OF SAPONINS IN ACCELERATING BURN WOUND HEALING AND TISSUE REGENERATION	813
Wissem MAHNANE Mountaha MAHNANE Nabila BELYAGOUBI-BENHAMMOU	BIOACTIVE AND THERAPEUTIC POTENTIAL OF METHYLEPHEDRINE-RICH EXTRACTS FROM EPHEDRA ALATA: ANTIOXIDANT ACTIVITY AND PROSPECTS FOR NATURAL ANTI-INFLAMMATORY FORMULATION DEVELOPMENT	814
Emine SEYDAMETOVA Junhyeok BYEON Seon-Won KIM	POLYUNSATURATED FATTY ACIDS: HEALTH IMPACTS, CHALLENGES WITH PRIMARY SOURCES AND POSSIBLE SOLUTIONS	815
Shirinjemal DOVLETOVA Bahadir YULDASHOV	SUSTAINABLE FABRICATION OF A NATURAL POLYMER-BASED BIOPLASTIC USING AGAR, GELATIN, AND GLYCERIN: A LOW-COST APPROACH TO ECO-FRIENDLY MATERIAL DESIGN	816
Wodu Douye PERE-ERE	TOWARDS SUSTAINABLE CITIES: INTEGRATING ENVIRONMENTAL MANAGEMENT WITH SPATIAL PLANNING	821
Tasawar IQBAL Sidra ALTAF	GRAPE (VITIS VINIFERA) JUICE AS A HERBAL REMEDY FOR REDUCING LUNG CONGESTION AND MUCUS ACCUMULATION	827
Gheorghe GIURGIU Manole COJOCARU	THE GUT-BRAIN-SKIN AXIS IN ACNE: IMPACT OF POLENODERM	828
Tran Trung DU Phan Ngoc Thiet KE	COMPARATIVE ANALYSIS OF MOVEMENT PATTERNS AND LOWER-LIMB BIOMECHANICAL DEMANDS IN PICKLEBALL AND OTHER RACKET SPORTS	829
Berna KIRAN BULĞURCU Tesnim BIKERA	THE ROLE OF THE SIMOS TECHNIQUE IN DECISION-MAKING PROBLEMS	840
Togzhan ARTYKBEK Tolga TÜRKÖZ	LEADERSHIP STYLES AND EMPLOYEES' INTENTION TO STAY: A MULTIGENERATIONAL WORKFORCE PERSPECTIVE	845
Zerrin FIRAT Nergiz DURSUN Tuğba TUFAN ŞÜKRÜ DOKUR	THE IMPACT OF FINANCIAL DATA QUALITY ON BUSINESS RISK MANAGEMENT: A CONCEPTUAL FRAMEWORK FOR TURKISH SMES	846

AUTHORS	PRESENTATION TITLE	No
Zerrin FIRAT Nergiz DURSUN Tuğba TUFAN ŞÜKRÜ DOKUR	ACCOUNT READABILITY FROM THE MANAGERIAL PERSPECTIVE: A CONCEPTUAL EVALUATION OF THE MANAGERIAL USE OF THE UNIFORM CHART OF ACCOUNTS	856
Sermet DOĞAN Sinan AYTEKİN	ENTROPY, VOLATILITY AND TIME-VARYING MARKET EFFICIENCY: EVIDENCE FROM EUROPEAN FINANCIAL MARKETS	866
Shafira Iradayanti Syauqina FIRDAUSA Doğan ŞENGÜL	AN INTERVAL TYPE-2 FUZZY TOPSIS BENCHMARKING FRAMEWORK FOR ONLINE COMPLAINT MANAGEMENT QUALITY ACROSS CROSS-BORDER SERVICE PLATFORMS	875
Berna KIRAN BULĞURCU Sumaya ALTORK	QUANTITATIVE APPROACH IN DECISION-MAKING: THE CILOS METHOD	872
Rehana Afrika Rahma Alfatah ALFATAH Doğan ŞENGÜL	A PICTURE FUZZY CRITIC–CODAS DECISION FRAMEWORK FOR BENCHMARKING ONLINE COMPLAINT MANAGEMENT QUALITY IN CONSUMER ELECTRONICS SERVICE	888
Yahya SOLAK Murat ÖNDER	THE SUITABILITY OF CITIES FOR AUTONOMOUS VEHICLES: THE CASE OF ANKARA	895
İbrahim Hakkı KOÇ Sinan Emre ÖZEN Oğuzhan GÜLER Burhan ŞAHİN	A NUMERICAL STUDY ON THE AERODYNAMIC CHARACTERISTICS OF LEADING-EDGE STRAKES ON A FIGHTER AIRCRAFT	897
Burhan ŞAHİN Nisa Nur KORKMAZ Zehra ARIKAN Seher CILIZ	DESIGN OF AN IMPROVED WIRE CUTTING SYSTEM FOR HELICOPTERS	898
Umur ORUÇÖZ Yücel ÇETİNCEVİZ	OPTIMAL DESIGN OF PI CONTROLLERS FOR BOOST AND SEPIC CONVERTERS USING FDB-SFS META-HEURISTIC ALGORITHM AND COMPARISON OF OPTIMIZATION RESULTS	910
Mustafa YEGİN Aytekin ÇELİK Ekrem AYDIN	ECONOMIC EVALUATION OF MXENE-BASED BIPOLAR MEMBRANE FABRICATION PROCESSES FOR SUSTAINABLE WASTEWATER TREATMENT	920
Ebru ERDEM	AN EVIDENCE-LEVEL SCORECARD FRAMEWORK FOR PRIVACY-PRESERVING TDM TOOL ASSESSMENT	926
Hatice AKKOYUN Banu SUGÖZÜ Barbaros DURMUS	SYNTHESIS OF A NANO-CHITOSAN/ASPERGILLUS NIGER COMPOSITE ADSORBENT AND EVALUATION OF ITS PERFORMANCE FOR REACTIVE DYE REMOVAL FROM AQUEOUS SOLUTIONS	940
Harun GÜLER Şahin ÖZEL	UREA-CROSSLINKED ULEXITE-REINFORCED POLY(GMS)-BASED ADHESIVES FOR METAL–METAL BONDING: SYNTHESIS AND MECHANICAL EVALUATION	942
Hatice ÇİÇEKÇİ	DEVELOPMENT OF HALOGEN-FREE AND COPPER-FREE FLAME-RETARDANT POLYAMIDE 6.6 MATERIALS REINFORCED WITH GLASS FIBER	945
Merve TAFTALI KÖSEOĞLU	INVESTIGATION OF THE CORROSION BEHAVIOR OF PVD-TIN FILMS COATED ON ADDITIVELY MANUFACTURED TI 6 AL 4 V ALLOY FOR AEROSPACE APPLICATIONS	947
Hilmi TEKDİR	INVESTIGATION OF THE CORROSION BEHAVIOR OF SOL-GEL DERIVED ZR-DOPED PDMS COATINGS ON METAL LASER POWDER BED FUSION ADDITIVELY MANUFACTURED TI6AL4V ALLOY	948
Veli Kaan AYDIN	MAPPING BIOPHYSICS RESEARCH: A COMPARATIVE BIBLIOMETRIC ANALYSIS OF ADDRESS-BASED AND CATEGORY-BASED APPROACHES USING 200,000 DOCUMENTS FROM THE LAST DECADE	957

AUTHORS	PRESENTATION TITLE	No
Ayşe Su GİZ Sena Cimilli DURU Ata MUĞAN	EVALUATION OF TRANSFORMATION METHODS FOR EXTREME NON-GAUSSIAN STRESS DATA	982
Samet ÖZGÜR Şeyma YALÇIN TURAN Ali KARA	INVESTIGATION OF THE EFFECT OF GRAFT COPOLYMERIZATION APPLICATION ON POLYESTER FABRICS ON DYEABILITY	989
Celestina FAZIA	THE TOWN OF RIESI IN SICILY: BETWEEN SULFUR AND THE MOUNT OF OLIVES	995
Moses Adeolu AGOI Samuel Olayiwola AJAGA Oluwanifemi Opeyemi AGOI Success Eniola OGBOYE	TOWARDS PRECISION NUTRITION: AI-POWERED NUTRIGENOMIC SYSTEMS FOR PERSONALIZED DIET DESIGN	1003
Rabar Mohammed HUSSEIN Lana Abdulrahman RASUL Tanya Rzgar AZIZXAN Gulizar Mustafa ABDULLAH Rayan Sherzad MUHAMMED	COMPREHENSIVE STUDY OF ANEMIA: LABORATORY DIAGNOSIS, CLASSIFICATION, AND PRACTICAL EVALUATION FOR MEDICAL LABORATORY PRACTICE	1014
Soukaina EL FAYQ Intissar HADDIYA	THE ROLE OF RENAL NUTRITION IN PROTECTING THE ENVIRONMENT BY DELAYING HEMODIALYSIS	1015
Hira ISLAM	COMPARATIVE EFFECTS OF VERBAL AND VISUAL FEEDBACK COMBINED WITH CONVENTIONAL PHYSIOTHERAPY ON BALANCE IN STROKE REHABILITATION: A RANDOMIZED CONTROLLED TRIAL	1016
Babita GUPTA	REVOLUTIONIZING CANCER DIAGNOSIS: THE POTENTIAL OF 3D PRINTED NANOSENSORS	1017
Khawla AMMOUCH Nihal MESMOUDI Abdellah MOUSTAGHFIR Naoual OUKKACHE	TOXICOLOGICAL AND HISTOLOGICAL EVALUATION OF IMMUNOTHERAPY EFFECTS AGAINST THE NORTH AFRICAN SCORPIONS ANDROCTONUS MAURETANICUS AND BUTHUS OCCITANUS	1018
Emmanuel LAMPTEY	HUMAN ANATOMICAL MODELS: NATURAL LANGUAGE PROCESSING STUDY OF USER NARRATIVES AND EXPERIENCES	1019
Aref BARKHORDARI	FROM THE CRISIS OF MONARCHY TO CONSTITUTIONAL ORDER: AN ANALYSIS OF THE PROCESS OF DRAFTING THE 1906 IRANIAN CONSTITUTION	1020
Orlinda SINANAJ Romina SINANAJ	ECONOMIC SECURITY AND COUNTER-TERRORISM POLICIES IN THE EUROPEAN UNION	1031
Bharti Nair KHAN	INTEGRATION OF MEDICAL SCIENCE AND FORENSIC PRACTICES IN CRIMINAL INVESTIGATION AND JUSTICE DELIVERY IN INDIA	1037
Mariana VATAMANITA	THE IMPACT OF CONSTRUCTION DEFECTS ON PUBLIC HEALTH: MEDICO-LEGAL AND CRIMINAL LAW PERSPECTIVES	1038
Florina RAVARIU Cristian RAVARIU	ART THERAPY FOR ELDERLY PEOPLE - FROM VISUAL IMPACT OF UNIQUE ART-BIJOUX PIECES TO EDUCATION IN SELF-PRODUCING OF CROCHETED WIRES BASED JEWELLERY	1048
Diana MILEA Marcel BOŞCANEANU	INTERNATIONAL LEGAL STANDARDS AND NATIONAL REGULATIONS ON FORCED MARRIAGE	1050
Diana MILEA	FORCED MARRIAGE AND ITS IMPACT ON WOMEN'S MENTAL AND PHYSICAL HEALTH	1055
Nimet Deren YAYLA Mehmet ALAGÖZ	THE IMPACT OF ORGANIZATIONAL QUALITY ON WOMEN'S LABOR FORCE PARTICIPATION AND ECONOMIC DEVELOPMENT	1060

AUTHORS	PRESENTATION TITLE	No
Durmuş Tahir ÇIBIK Mehmet ALAGÖZ	THE RELATIONSHIP BETWEEN HUMAN CAPITAL AND DEVELOPMENT: THE IMPACT OF EDUCATION QUALITY ON DEVELOPMENT	1067
Ahmet Niyazi ÖZKER	RECENT NATIONAL AND GLOBAL FISCAL RISK PERCEPTIONS AND CREDIT RATING ISSUES IN TÜRKIYE	1074
Aslı BÜYÜKOKUTAN TÖRET Tuğçe ÖZDEMİR	THE DIGITAL TRANSFORMATION OF PIGEON CULTURE AND THE REPRODUCTION OF KNOWLEDGE	1083
Berna KIRAN BULĞURCU Kübra Ecem EFEOĞLU	A NEW APPROACH TO OBJECTIVE WEIGHTING: THE MEREC METHOD	1100
Celal ÇİMEN Nahit BEK	DIGITAL TRANSFORMATION IN PUBLIC ADMINISTRATION AND THE FUNCTIONALITY OF NEIGHBORHOOD HEADMANSHIPS: THE CASE OF ÇANAKKALE	1107
Günay QURBANOVA	FAMILY PSYCHOLOGY	1109
Aymane BENABOU Fatima TOUHAMI Naoufal HAMMOUMI	ACCEPTANCE OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN PUBLIC FINANCIAL SERVICES: EVIDENCE FROM THE REGIONAL INVESTMENT CENTER OF BENI MELLAL-KHÉNIFRA REGION	1116
Meridon DEMAJ	STRUCTURAL CHALLENGES AND THE NEED FOR REFORM OF THE E-PROCUREMENT SYSTEM IN KOSOVO: AN APPROACH TOWARDS TRANSPARENCY, EQUALITY, AND PROCEDURAL EFFICIENCY	1117
Md. Shahed ALAMM Zahiduzzaman ZAHID Muhammad Masud PARVES	TOKENIZED GREEN WAQF: A SHARĪʿAH-COMPLIANT DIGITAL FRAMEWORK FOR CLIMATE FINANCE AND SUSTAINABLE DEVELOPMENT	1118
Hanane RAHMOUNI	THE ROLE OF ADMINISTRATION IN MANAGING INVESTMENTS AT THE UNIVERSITY	1119
Vasilescu CEZAR	ECONOMIC INEQUALITIES AND POVERTY-COMPARATIVE ANALYSIS ROMANIA VERSUS EU	1120
Sadais AMJAD	DECENTRALIZED FINANCE (DEFI) & REAL-WORLD ASSET (RWA) TOKENIZATION	1126
Ekong Akpan ESSIEN Owoseni Sulaimon KAYODE Charles UMEH Adebolaji Ekong ESSIEN	PREDICTIVE INFLUENCE OF JOB DEMOGRAPHICS AND COPING STRATEGIES ON BURNOUT SYNDROME AMONG HEALTHCARE PRACTITIONERS IN LAGOS, NIGERIA	1127

FANTOM EKSTREMİTE AĞRISINDA SANAL GERÇEKLİK UYGULAMALARI: DEPREM SONRASI AMPUTASYONLU BİREYLERDE RANDOMİZE KONTROLLÜ BİR ÇALIŞMA

THE EFFECT OF VIRTUAL REALITY APPLICATIONS ON PHANTOM LIMB PAIN IN INDIVIDUALS WITH POST-EARTHQUAKE AMPUTATION: A RANDOMIZED CONTROLLED TRIAL

Dr. Fzt. Mehmet ÇAKIROĞLU
Hasan Kalyoncu Universitesi
ORCID: 0000-0002-9692-8203

Doç. Dr. Deniz Erdan KOCAMAZ
PT, PhD Hasan Kalyoncu University
ORCID: 0000-0002-0611-7686

ÖZET

Bu randomize kontrollü çalışma, 6 Şubat 2023 Kahramanmaraş merkezli deprem sonrasında transtibial amputasyon geçiren bireylerde yürütülmüş olup, sanal gerçeklik (SG) temelli rehabilitasyon programının fantom ağrısı, fonksiyonellik, denge ve psikososyal parametreler üzerindeki etkilerini klasik fizyoterapi ile karşılaştırmayı amaçlamıştır. Unilateral transtibial amputasyonu olan 40 hasta, SG (n=21) ve kontrol (n=19) gruplarına randomize edilmiştir. SG grubuna 8 hafta boyunca (haftada 3 gün, seans başına 30–40 dakika) immersif SG egzersiz programı uygulanırken, kontrol grubuna aynı sürede klasik fizyoterapi verilmiştir. Değerlendirmeler tedavi öncesi ve sonrası olmak üzere iki kez yapılmış; ağrı Kısa Form McGill Ağrı Anketi (SF-MPQ), amputasyon ve protez deneyimi Trinity Amputasyon ve Protez Deneyimi Ölçeği (TAPES), denge Berg Denge Ölçeği (BDÖ), fonksiyonel mobilite Zamanlı Kalk ve Yürü Testi (ZKYT), yaşam kalitesi Kısa Form-36 (SF-36) ve uyku kalitesi Pittsburgh Uyku Kalitesi İndeksi (PUKİ) ile değerlendirilmiştir. Müdahale sonrasında her iki grupta da ağrı, depresyon, denge ve mobilitede iyileşmeler gözlenmiş; ancak fantom ağrısındaki azalma SG grubunda kontrol grubuna göre anlamlı düzeyde daha fazla bulunmuştur ($p<0,05$). Ayrıca protez uyumu ve memnuniyetindeki artış SG grubunda daha yüksek saptanmıştır ($p<0,05$). Gruplar arasında uyku kalitesi, denge ve fonksiyonel mobilite değişimleri açısından anlamlı fark bulunmamıştır ($p>0,05$). Sonuç olarak, SG temelli rehabilitasyonun travmatik transtibial amputelerde fantom ağrısını azaltmada ve protez uyumunu artırmada klasik fizyoterapiye göre daha etkili olduğu, diğer fonksiyonel ve klinik parametrelerde ise benzer sonuçlar sağladığı belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Amputasyon, Deprem, Fantom ekstremite ağrısı, Rehabilitasyon, Sanal gerçeklik.

ABSTRACT

This randomized controlled study investigated individuals who underwent transtibial amputation following the February 6, 2023 Kahramanmaraş-centered earthquake, aiming to compare the effects of a virtual reality (VR)-based rehabilitation program with conventional physiotherapy on phantom pain, functionality, balance, and psychosocial parameters. Forty patients with unilateral transtibial amputation were randomly assigned to a VR group (n=21) or a control group (n=19). The VR group received an immersive VR exercise program for 8 weeks (3 days/week, 30–40 minutes/session), while the control group underwent conventional physiotherapy for the same duration. Assessments were conducted before and after the intervention using the Short-Form McGill Pain Questionnaire (SF-MPQ) for pain, the Trinity Amputation and Prosthesis Experience Scales (TAPES) for amputation and prosthesis experience, the Berg Balance Scale (BBS) for balance, the Timed Up and Go Test (TUG) for functional mobility, the Short Form-36 (SF-36) for quality of life, and the Pittsburgh Sleep Quality Index (PSQI) for sleep quality. Post-intervention, both groups showed improvements in pain, depression, balance, and mobility; however, the reduction in phantom pain was significantly greater in the VR group compared to the control group ($p<0.05$). Additionally, prosthesis compliance and satisfaction scores improved significantly more in the VR group ($p<0.05$). No significant between-group differences were found in sleep quality, balance, or functional mobility ($p>0.05$). In conclusion, VR-based rehabilitation appears to be more effective than conventional physiotherapy in reducing phantom pain and enhancing prosthesis compliance in traumatic transtibial amputees, while yielding similar results in other functional and clinical outcomes.

Keywords: Amputation, Earthquake, Phantom limb pain, Rehabilitation, Virtual reality.

GİRİŞ

Doğal afetler arasında en yıkıcı sonuçlara yol açan depremler, yalnızca yüksek mortalite oranları ile karşımıza çıkmaz. Aynı zamanda crush sendromu ve ekstremite kayıpları gibi ciddi travmatik yaralanmalar ile de derinden etkilemektedir. 6 Şubat 2023 tarihinde Türkiye'de meydana gelen Kahramanmaraş merkezli depremler ile 11 ili etkileyen ve on binlerce insanın yaşamını yitirdiği büyük bir afet olarak kayıtlara geçmiştir. Bu depremlere bağlı olarak 50.000'den fazla kişi yaşamını yitirirken ayrıca 120.000'den fazla birey ise yaralanmıştır (Kulakoğlu vd., 2023).

Deprem sonrası enkaz altında uzun süre kalmaya bağlı gelişen crush sendromu, kompartman sendromu ve ciddi doku hasarları nedeni ile çok sayıda bireyde ekstremite amputasyonu uygulanmak zorunda kalmıştır (Akbaş vd., 2024). Travmatik amputasyonlar arasında en sık uygulanan cerrahi seviyelerden biri transtibial amputasyondur. Diz ekleminin korunması nedeni ile fonksiyonel açıdan avantajlı kabul edilir. Ancak bireyin biyomekaniğini, enerji tüketimini ve mobilite kapasitesini doğrudan etkileyen majör bir cerrahi girişimdir (Makin, 2020).

Amputasyon sonrası dönemde en sık karşılaşılan komplikasyonlardan birisi ise fantom ekstremite ağrısıdır. Literatürde amputasyon geçiren bireylerin yaklaşık %60–70'inde fantom ağrısı görüldüğü bildirilmektedir (Morgan vd., 2017). Fantom ağrısı, artık mevcut olmayan bir uzuvda ağrı hissedilmesi şeklinde tanımlanmaktadır. Periferik sinir sistemi değişiklikleri ile birlikte merkezi sinir sisteminde meydana gelen kortikal reorganizasyon süreçleri ile ilişkilendirilmektedir (Hao vd., 2022). Fonksiyonel görüntüleme çalışmaları, fantom ağrısının şiddeti ile beyin korteksindeki değişiklikler arasındaki ilişkiyi incelemiştir. Bu çalışmalar, özellikle primer motor ve somatosensoriyel kortekste meydana gelen reorganizasyon ile ağrı şiddeti arasında anlamlı bir ilişki olduğunu ortaya koymuştur (Levin, 2011).

Fantom ağrısı yalnızca ağrı deneyimi ile sınırlı değildir. Bireylerin günlük yaşam aktiviteleri ile mobilite düzeyleri ve protez kullanımını da olumsuz yönde etkileyebilmektedir. Ayrıca kronik ağrıya bağlı uyku bozuklukları, depresyon ve yaşam kalitesinde azalma gibi psikososyal sorunlara da yol açabilmektedir (Tong vd., 2020). Bu nedenle amputasyon rehabilitasyonunda yalnızca fiziksel kapasiteyi artırmaya yönelik yaklaşımlar yeterli değildir. Aynı zamanda santral sinir sistemindeki duyusal-motor uyumsuzluğu hedefleyen müdahalelere de ihtiyaç duyulmaktadır.

Son yıllarda rehabilitasyon alanında giderek daha fazla kullanılmaya başlayan sanal gerçeklik (SG) teknolojileri, bu açıdan umut verici bir yaklaşım olarak dikkat çekmektedir. SG uygulamaları, bireylerin bilgisayar tarafından oluşturulan üç boyutlu ortamlarda etkileşim kurmasını sağlar. Böylece görsel, işitsel ve proprioseptif geri bildirimleri eş zamanlı olarak sunabilmektedir. Bu özellikleri sayesinde SG tabanlı egzersizlerin motor öğrenmeyi kolaylaştırır. Ayrıca nöroplastisiteyi desteklediği ve rehabilitasyon sürecine katılımı da artırdığı bildirilmektedir (Pourmand vd., 2018). Bu özellikleri ile SG ortamında gerçekleştirilen görev odaklı egzersizlerin amputelerde denge kontrolünü geliştirdiği ve fonksiyonel performansı artırdığı gösterilmiştir (Steckel vd., 2024).

Bununla birlikte, SG uygulamaları farklı klinik alanlarda giderek daha yaygın kullanılmaktadır. Ancak travmatik amputasyonlarda, özellikle deprem sonrası gelişen olgulara yönelik çalışmaların sınırlı olduğu görülmektedir. Deprem sonrası ampute bireyler yalnızca fiziksel kayıplar ile mücade etmez. Aynı zamanda post-travmatik stres, anksiyete, uyku bozuklukları ve yoğun fantom ağrısı gibi çok boyutlu sorunlarla karşı karşıya kalmaktadır. Bu neden ile bireylerin rehabilitasyonunda multidisipliner bir yaklaşıma ihtiyaç duyulmaktadır.

Bu klinik gereksinim ve literatürdeki boşluktan hareketle, bu çalışmanın amacı Kahramanmaraş merkezli depremler sonucunda unilateral transtibial amputasyon geçiren bireyleri incelemektir. Bu kapsamda, sekiz haftalık SG temelli egzersiz programının ve geleneksel fizyoterapi uygulamalarının fantom ağrısı, fonksiyonel mobilite ve denge üzerindeki etkileri değerlendirilecektir. Bu doğrultuda ise SG destekli egzersizlerin deprem kaynaklı amputasyon geçiren bireylerde fantom ağrısını azaltmada, fonksiyonel mobilite ve dengeyi geliştirmede etkili olacağı öngörülmektedir. Buna ek olarak, yaşam kalitesini artırmada geleneksel fizyoterapiye kıyasla daha fazla kazanım sağlayacağı hipotez edilmektedir.

GEREÇ VE YÖNTEM

Çalışma Tasarımı

Araştırma, Kahramanmaraş merkezli depremler sonrasında unilateral transtibial amputasyon geçiren bireyler üzerinde yürütülmüştür.

SG temelli egzersiz programının fantom ekstremite ağrısı ve fonksiyonel sonuçlar üzerindeki etkilerini değerlendirmek amacı ile randomize kontrollü olarak tasarlanmıştır.
Çalışma Helsinki Bildirgesi ilkelerine uygun olarak yürütüldü ve Hasan Kalyoncu Üniversitesi Sağlık Bilimleri Girişimsel Olmayan Araştırmalar Etik Kurulu tarafından onaylandı (Karar No: 2025/020). Araştırmaya katılan tüm bireylerden yazılı bilgilendirilmiş onam alındı.

Katılımcılar
Çalışma örneklemi, daha önceden belirlenen dahil edilme ve dışlanma kriterlerine göre uygun bulunan katılımcılar oluşturulmuştur.
Dahil edilme kriterleri:
6 Şubat 2023 depremleri sonrasında unilateral transtibial amputasyon geçirmiş olmak
En az üç aydır protez kullanıyor olmak
18 yaş ve üzerinde olmak
Fantom ekstremite ağrısı şikâyetinin bulunması
SG uygulamalarını kullanmaya engel bilişsel veya fiziksel bir durumun bulunmaması

Dışlanma kriterleri:
Bilateral amputasyon
Ciddi nörolojik veya bilişsel bozukluk
Vestibüler bozukluk nedeniyle sanal gerçeklik gözlüğü kullanamama
Son altı ay içinde fantom ağrısına yönelik cerrahi müdahale geçirmiş olmak

Örneklem büyüklüğü güç analizi kullanılarak belirlendi (α=0,05; güç=0,80). Analiz sonucunda her grup için minimum 16 katılımcı gerekli bulundu ve olası veri kayıpları göz önünde bulundurularak başlangıçta daha fazla katılımcı dahil edildi. Çalışma toplam 40 katılımcı ile tamamlandı (SG grubu n=21, kontrol grubu n=19).

Müdahale Protokolü
Çalışma kapsamında iki grup için iki farklı tedavi protokolü hazırlanmıştır. Tedaviye başlanmadan önce ise tüm katılımcılara tedavinin amacı, içeriği, uygulanma yöntemi ile seans sıklığı ve rehabilitasyon süreci hakkında kapsamlı bir hasta eğitimi verilmiştir.

SG Grubu
SG temelli egzersiz programı uygulanan katılımcılara standartlaştırılmış ortak bir rehabilitasyon protokolü uygulanmıştır. Program 8 hafta boyunca haftada üç gün olacak şekilde planlandı. Tüm uygulamalar ise aynı uygulayıcı (M.Ç) tarafından gerçekleştirildi.
SG grubunda egzersizler başa takılan sanal gerçeklik gözlüğü ve hareket sensörleri aracılığı ile uygulanmıştır. Katılımcılar üç boyutlu sanal ortama dahil edilmiş ve baş ile üst ekstremite hareketleri sensörler aracılığıyla algılanarak sanal ortama aktarılmıştır. Bu sayede katılımcıların sanal nesneler ile etkileşim içinde görev temelli egzersizler gerçekleştirmesi sağlanmıştır. Katılımcı performansı araştırmacı tarafından laptop veya mobil cihaz üzerinden gerçek zamanlı olarak izlendi. Gerekli durumlarda ise katılımcılara anlık geri bildirim verilmiştir.
Her seans yaklaşık 30–40 dakika olarak planlandı. Seanslar, 5–10 dakikalık ısınma ve adaptasyon ile 15–20 dakikalık ana egzersiz ve 5–10 dakikalık soğuma egzersizlerinden oluşturuldu. Ayrıca, çalışma programı üç ana faza ayrıldı. Faz 1'de (1–3. haftalar) sisteme uyum ve temel hareket kontrolü hedeflendi. Bu faz ile el–göz koordinasyonu, düşük hızda hedef yakalama, kontrollü ağırlık aktarımı ve gövde stabilitesi egzersizleri uygulandı. Faz 2'de ise (4–6. haftalar) zorluk düzeyi planlı olarak artırıldı. Orta hızda ağırlık aktarımı, uzanma görevleri ve dinamik denge ile reaksiyon süresi geliştirilmesi hedeflendi. Faz 3'te (7–8. haftalar) ise çok yönlü ağırlık aktarımı ve hızlı yön değiştirme ile tek taraflı denge görevleriyle fonksiyonel entegrasyon sağlanması hedeflendi. Bu grupta doğrudan yürüyüş, merdiven–rampa eğitimi ile klasik izometrik/izotonik kuvvetlendirme egzersizler uygulanmadı. Kas aktivasyonu ve fonksiyonel mobilite yalnızca sanal görevler aracılığı ile dolaylı olarak çalıştırılmıştır. Progresyon kararları ise belirli bir protokol dahilinde verildi. Modifiye Borg Skalası (MBS ≤4: yoğunluk %10–20 artırıldı, MBS 5–6: mevcut yüklenme korundu, MBS ≥7: soğuma fazına geçildi) egzersiz şiddetinin

belirlenmesinde kullanıldı. Bunun ile birlikte görevlerin en az %90 oranında tamamlanabilmesi ve seans sonrası ağrı artışının +2 puanı geçmemesi dikkate alındı. Ayrıca, sanal ortamda en az 30 saniye dengede durabilmesi ve en az 20 metre kesintisiz yürüyebilme gibi fonksiyonel kriterler ile birlikte değerlendirildi.

Kontrol Grubu

Kontrol grubuna geleneksel fizyoterapi temelli egzersiz programı uygulandı ve tüm egzersizler aynı uygulayıcı tarafından gerçekleştirildi. Seanslar, 5–7 dakikalık ısınma egzersizleri ile başlayıp 10–15 dakikalık kuvvetlendirme ile devam etti. Ardından 8–10 dakikalık denge ve ağırlık aktarımı ile 7–10 dakikalık yürüyüş ve fonksiyonel mobilite eğitimi uygulandı. Seanslar, 3–5 dakikalık soğuma egzersizleri ile tamamlandı.

Kuvvetlendirme egzersizleri ise kalça abdüktörleri, kalça ekstansörleri, diz ekstansör ve fleksörleri ile gövde stabilizatörleri ve rezidüel ekstremite kaslarını hedefledi. Kas yorgunluğunu azaltmak amacı ile egzersizler haftalık A–B–A rotasyon düzeninde uygulandı. Gün A'da kalça abdüktörleri, kalça ekstansörleri ve diz ekstansörleri çalıştırıldı. Gün B'de ise diz fleksörleri, gövde stabilizatörleri ile rezidüel ekstremite kasları çalıştırıldı.

Program üç faz halinde ilerletildi. Faz 1 (1–3. haftalar) adaptasyon döneminde düşük tekrar ve kontrollü denge çalışmaları uygulandı. Faz 2'de ise (4–6. haftalar) kuvvet ve dinamik dengeyi geliştirmeye yönelik progresyonlar eklendi. Faz 3 (7–8. haftalar) ise fonksiyonel mobilite ve protez ile yürüme eğitimi üzerine odaklandı.

Merdiven ve rampa eğitimi ise yalnızca ZKYT ≤20 saniye, protez ile desteksiz ≥10 metre yürüyebilen ve son iki hafta içinde düşme öyküsü olmayan katılımcılara uygulanmıştır. Egzersiz yoğunluğu katılımcı performansına göre kademeli olarak artırılmıştır. Progresyon kriterleri olarak statik dengede ≥30 saniye durabilme, ≥20 metre kesintisiz yürüyebilme ve egzersiz tekrarlarının %90 oranında tamamlanabilmesi dikkate alınmıştır.

Ölçme ve Değerlendirmeler

Katılımcılar müdahale programı başlamadan önce ve sekiz haftalık egzersiz programının tamamlanmasının ardından olmak üzere iki kez değerlendirildi. Her iki değerlendirme sırasında demografik veriler ve klinik özellikler ile fonksiyonel ölçümler kaydedildi. Fiziksel değerlendirme kapsamında ise her katılımcının güdük uzunluğu patella alt kenarı ile distal uç arasındaki mesafe ölçülerek cm cinsinden kaydedildi.

Demografik veriler

Katılımcıların yaş, cinsiyet, medeni durum, eğitim düzeyi, meslek ve sigara ile alkol kullanımı gibi sosyodemografik özellikleri kaydedildi. Boy ve vücut ağırlığı ölçülerek vücut kütle indeksi (VKİ) hesaplandı. Dünya Sağlık Örgütü sınıflamasına göre düşük kilolu (<18,5 kg/m²), normal kilolu (18,5–24,9 kg/m²), fazla kilolu (25,0–29,9 kg/m²) ve obez (≥30 kg/m²) olarak sınıflandırıldı (Sabuncu, 2019).

Ağrı değerlendirmesi

Fantom ağrısı düzeyi McGill Kısa Form Ağrı Anketi (SF-MPQ) ile değerlendirildi. Türkçe geçerlik ve güvenirliği yapılmış olan bu ölçek kullanıldı. Ölçek, ağrıyı duyusal ve duygusal boyutlarda değerlendiren 11 duyusal ve 4 affektif tanımlayıcıdan oluşmaktadır. Maddeler "yok", "hafif", "orta" ve "şiddetli" şeklinde puanlanmaktadır. Ayrıca ağrı şiddeti görsel analog skala (VAS) ve altı dereceli Likert tipi ölçek ile değerlendirildi (Melzack, 1987; Yakut vd., 2007).

Yaşam kalitesi değerlendirmesi

Yaşam kalitesi değerlendirmesi için Kısa Form-36 Yaşam Kalitesi Ölçeği (SF-36) kullanıldı. Bu ölçek sağlıkla ilişkili yaşam kalitesini değerlendiren yaygın kullanılan bir özbildirim aracıdır ve Türkçe geçerlik ve güvenirliği yapılmıştır (Demiral vd., 2006; Hill-Tout, 1989). Ölçek fiziksel fonksiyon, fiziksel rol kısıtlılığı, ağrı, genel sağlık, canlılık, sosyal fonksiyon ve emosyonel rol kısıtlılığı ile ruh sağlığı olmak üzere sekiz alt boyuttan oluşmaktadır. Her alt boyut 0–100 arasında puanlanmaktadır. Ayrıca yüksek skorlar daha iyi yaşam kalitesini göstermektedir.

Uyku değerlendirmesi
Katılımcıların uyku kalitesi ise Pittsburgh Uyku Kalitesi İndeksi (PUKİ) kullanılarak değerlendirildi. Bu ölçek bireyin son bir ay içindeki uyku kalitesini ve uyku ile ilişkili sorunlarını değerlendiren yaygın kullanılan bir ölçüm aracıdır (Buysse vd., 1989; Mollayeva vd., 2016). Ölçek toplam 0–21 puan arasında değişen bir global skor üretmektedir. Toplam puanın 5'in üzerinde olması kötü uyku kalitesini göstermektedir.

Protez uyumu ve psikososyal adaptasyon değerlendirmesi
Protez deneyimi Trinity Amputasyon ve Protez Deneyim Ölçeği (TAPES) kullanılarak değerlendirildi. Bu ölçek amputelerde protez kullanımına ilişkin psikososyal uyum ve aktivite kısıtlılığı ile protez memnuniyetini değerlendiren çok boyutlu bir ölçüm aracıdır (Gallagher ve MacLachlan, 2000; Topuz, 2009).

Fonksiyonel mobilite ve denge değerlendirmesi
Fonksiyonel mobilite, Zamanlı Kalk ve Yürü Testi (ZKYT) ile değerlendirildi. Bu testte katılımcılardan sandalyeden kalkmaları, üç metre yürüyüp geri dönmeleri ve tekrar sandalyeye oturmaları istendi. Aynı zaman da test süresi kronometre ile ölçülmüştür (Sebastião vd., 2016). Denge performansı için Berg Denge Ölçeği (BDÖ) kullanılarak değerlendirildi. BDÖ, günlük yaşam aktivitelerini içeren 14 görevden oluşmakta olup her görev 0–4 arasında puanlanmaktadır. Ölçekten alınabilecek en yüksek puan 56 olup yüksek skorlar daha iyi denge performansını göstermektedir (Berg vd., 1992; Sahin vd., 2008).

İstatistiksel Analiz
Veriler IBM SPSS Statistics yazılımı kullanılarak analiz edilmiştir. Verilerin normal dağılıma uygunluğu Shapiro–Wilk testi ile değerlendirilmiştir. Dağılımın genel olarak normal olduğu belirlenmiştir. Gruplar arası karşılaştırmalarda bağımsız örneklem t-testi, grup içi karşılaştırmalarda ise bağımlı örneklem t-testi kullanılmıştır. Kategorik değişkenlerin karşılaştırılmasında Ki-kare testi uygulanmıştır. Etki büyüklükleri Cohen's d katsayısı ile hesaplanmıştır. Tüm analizlerde istatistiksel anlamlılık düzeyi $p<0,05$ olarak kabul edilmiştir.

BULGULAR
Katılımcıların başlangıç özellikleri
Çalışma toplam 40 transtibial amputeli birey ile tamamlandı. Katılımcıların 21'i sanal gerçeklik grubunda, 19'u ise kontrol grubunda yer aldı. Yaş, vücut kütle indeksi ve güdük uzunluğu bakımından gruplar arasında fark saptanmadı ($p>0,05$). Cinsiyet, eğitim düzeyi, ampute taraf, dominant taraf ve komorbiditelerin dağılımı açısından da gruplar benzer bulundu ($p>0,05$). Müdahale öncesinde uygulanan değerlendirme ölçeklerinin başlangıç puanları bakımından iki grup arasında fark bulunmadı ($p>0,05$) (Tablo 1).

Tablo 1. Katılımcıların demografik ve klinik özelliklerinin gruplara göre karşılaştırılması

Değişken	SG Grubu (n=21)	Kontrol Grubu (n=19)	p Değeri
Yaş (yıl, Ort±SS)	40,14 ± 12,84	44,32 ± 17,73	0,292
VKİ (kg/m², Ort±SS)	26,91 ± 3,62	26,05 ± 3,10	0,429
Güdük Uzunluğu (cm, Ort±SS)	11,68 ± 2,06	12,03 ± 1,32	0,531
Cinsiyet (Erkek / Kadın)	13 / 8	9 / 10	0,356
Eğitim Düzeyi (İlk-Orta-Lise-Üniv.)	7 - 4 - 7 - 3	5 - 6 - 8 - 0	0,295
Ampute Taraf (Sağ / Sol)	12 / 9	11 / 8	0,962
Dominant Taraf (Sağ / Sol)	21 / 0	16 / 3	0,058
Güdük Ağrısı (Evet / Hayır)	12 / 9	12 / 7	0,698
Komorbiditeler (Hipertansiyon - E/H)	5 / 16	1 / 18	0,101
Komorbiditeler (Diyabet - E/H)	4 / 17	3 / 16	0,787

SG: Sanal gerçeklik, VKİ: Vücut kütle indeksi, E: Evet, H: Hayır, Ort: Ortalama, SS: Standart sapma, p: Anlamlılık değeri

Ağrı bulguları

Sekiz haftalık müdahale sonrasında her iki grupta ağrı puanlarında azalma gözlendi. McGill Kısa Form Ağrı Anketi sonuçlarına göre tedavi sonrası gruplar arası karşılaştırmada sanal gerçeklik grubunda ağrı tanımlama puanları kontrol grubuna göre daha düşük bulundu (p<0,001). Görsel Analog Skala (VAS) sonuçlarında da sanal gerçeklik grubunda kontrol grubuna göre daha düşük ağrı puanları saptandı (p=0,009). Değişim skorları incelendiğinde, sanal gerçeklik grubunda ağrıdaki azalmanın kontrol grubuna göre daha fazla olduğu görüldü (p=0,007) (Tablo 2).

Tablo 2. Klinik ve fiziksel parametrelerin grup içi ve gruplar arası karşılaştırılması

Değişken (Ölçek)	Sanal Gerçeklik Grubu (Ön Test → Son Test)	Kontrol Grubu (Ön Test → Son Test)	Grup İçi Fark (p^a) (SG / KG)	Gruplar Arası Son Test (p^b)
McGill Ağrı Tanımlama	25,29 ± 6,51 →10,20 ± 5,73	25,14 ± 5,90 →18,26 ± 5,84	**<0,001*/0,003***	**<0,001***
McGill VAS	6,60 ± 0,59 → 3,62 ± 1,14	7,08 ± 1,05 →4,58 ± 1,08	**<0,001*/<0,001***	**0,009***
BDÖ (Denge)	37,83 ± 7,21 →42,93 ± 4,38	38,40 ± 5,70 →42,46 ± 6,48	**0,016***/0,065	0,786
ZKYT (Mobilite, sn)	12,19 ± 3,11 →11,21 ± 2,37	12,26 ± 2,91 →11,95 ± 3,02	0,263/0,750	0,397
PUKİ (Uyku Kalitesi)	8,67 ± 1,98 → 6,03 ± 1,96	8,14 ± 2,29 →6,74 ± 1,68	**<0,001***/0,058	0,233

a: Paired Samples t,Test, b: Bağımsız örneklem t,Testi, SG: Sanal Gerçeklik, KG: Kontrol Grubu, VAS: Görsel Analog Skala, BDÖ: Berg Denge Ölçeği, ZKYT: Zamanlı Kalk ve Yürü Testi, PUKİ: Pittsburgh Uyku Kalitesi İndeksi. Veriler Ortalama ± Standart Sapma (Ort±SS), *: p<0,05.

Protez uyumu ve protez deneyimi

TAPES alt boyutlarına ilişkin tedavi sonrası gruplar arası karşılaştırmada sanal gerçeklik grubunun protez uyumu puanları kontrol grubuna göre daha yüksek bulundu (p<0,001). Protez memnuniyeti puanları da sanal gerçeklik grubunda kontrol grubuna göre daha yüksek saptandı (p=0,025). Aktivite kısıtlılığı alt boyutunda her iki grupta da grup içi karşılaştırmalarda anlamlı azalma görüldü (SG grubu: p=0,023; kontrol grubu: p=0,002). Bununla birlikte, değişim skorlarının gruplar arası karşılaştırmasında aktivite kısıtlılığı açısından anlamlı fark saptanmadı (p>0,05) (Tablo 3).

Tablo 3. Psikososyal Durum ve Yaşam Kalitesi Parametrelerinin Grup İçi ve Gruplar Arası Karşılaştırması

Değişken (Ölçek)	SG Grubu (Ön Test → Son Test)	Kontrol Grubu (Ön Test → Son Test)	Grup İçi Fark (p^a) (SG / KG)	Gruplar Arası Son Test (p^b)
TAPES Protez Uyumu	51,77±3,32 →54,91±3,12	48,98±4,26 →50,74±2,91	**<0,001***/0,057	**<0,001***
TAPES Aktivite Kısıtlılığı	23,77±3,91 →21,89±2,82	25,92±3,46 →23,41±2,43	**0,023*/0,002***	0,077
TAPES Protez Memnuniyeti.	32,28±3,94 →33,12±3,78	30,25±3,77 →30,66±2,81	0,329/0,622	**0,025***
SF-36 Fiziksel Fonksiyon	44,06±10,54 →54,51±17,32	42,80±16,01 →48,42±14,03	**0,021***/0,273	0,228
SF-36 Rol Kısıtlılığı	50,65±15,70 →51,26±14,40	47,71±14,67 →41,97±14,15	0,878/0,201	**0,047***
SF-36 Ruhsal Sağlık	47,71±11,78 →52,30±19,44	44,98±9,75 →51,51±9,13	0,351/**0,023***	0,869

a: Paired Samples t,Test, b: Bağımsız örneklem t,Testi, SG: Sanal Gerçeklik, KG: Kontrol Grubu, TAPES: Trinity Amputasyon ve Protez Deneyim Ölçeği, SF-36: Kısa Form-36 Yaşam Kalitesi Ölçeği. Veriler Ortalama ± Standart Sapma (Ort±SS), *: p<0,05

Denge, fonksiyonel mobilite ve uyku kalitesi

Berg Denge Ölçeği sonuçlarına göre sanal gerçeklik grubunda ön test–son test karşılaştırmasında anlamlı iyileşme saptandı (p=0,016), kontrol grubunda ise anlamlı değişim bulunmadı (p>0,05). Tedavi sonrası ve değişim skorlarında gruplar arasında fark görülmedi (p>0,05). Pittsburgh Uyku Kalitesi İndeksi'nde sanal gerçeklik grubunda anlamlı iyileşme gözlenirken (p<0,001), kontrol grubunda değişim saptanmadı (p>0,05); gruplar arası karşılaştırmada fark bulunmadı (p>0,05). Zamanlı Kalk ve Yürü Testi süreleri her iki grupta azalsa da değişimler istatistiksel olarak anlamlı değildi (p>0,05).

Yaşam kalitesi

SF-36 yaşam kalitesi sonuçlarında tedavi sonrası fiziksel rol kısıtlılığı alt boyutunda sanal gerçeklik grubu lehine fark saptandı (p=0,047). Grup içi karşılaştırmalarda sanal gerçeklik grubunda fiziksel fonksiyon alt boyutunda iyileşme görüldü (p=0,021). Kontrol grubunda ise ruhsal sağlık alt boyutunda iyileşme saptandı (p=0,023) (Tablo 3).

TARTIŞMA

Çalışmada, deprem sonrası unilateral transtibial amputasyon geçirmiş bireylerde SG temelli egzersiz programı ile geleneksel fizyoterapi karşılaştırılmıştır. Bu karşılaştırma, fantom ağrısı, protez deneyimi, denge, fonksiyonel mobilite, yaşam kalitesi ve uyku parametreleri üzerinden yapılmıştır. Çalışmanın temel bulguları üç ana başlık altında özetlenebilir: SG temelli rehabilitasyon, fantom ağrısının azaltılmasında konvansiyonel fizyoterapiye göre daha belirgin iyileşme sağlamıştır. Ayrıca, SG uygulamaları ile protez uyumu ve memnuniyeti üzerinde olumlu etkiler saptandı. Fonksiyonel mobilite, denge ve psikososyal parametreler açısından ise her iki yaklaşım benzer klinik kazanımlar sağlamıştır.

Fantom ağrısı amputasyon sonrası en sık görülen komplikasyonlardan biridir. Amputasyon geçiren bireylerin yaklaşık %60–70'inde ortaya çıktığı bildirilmektedir (Limakatso vd., 2020). Fantom ağrısının gelişiminde periferik sinir hasarı, duyusal-motor uyumsuzluk ve maladaptif kortikal reorganizasyon gibi nörofizyolojik mekanizmaların rol oynadığı bilinmektedir (Pacheco-Barriosvd., 2021). Bu nedenle son yıllarda santral sinir sistemi mekanizmalarını hedefleyen rehabilitasyon yaklaşımlarına ilgi artmıştır. Sanal gerçeklik uygulamaları bu yaklaşımlar arasında giderek daha fazla kullanılmaktadır. Daha önce yapılan çalışmalarda SG temelli rehabilitasyonun fantom ağrısı üzerinde azalma sağlayabildiği gösterilmiştir (Ambron vd., 2021; Elgendy vd., 2024). Örneğin SG destekli bir rehabilitasyon programı uygulanan transtibial amputelerde fantom ağrısında belirgin azalma rapor edilmiştir (Ambron vd., 2021). Benzer şekilde SG uygulamalarının geleneksel tedaviye eklenmesinin fantom ağrısını azaltmada daha etkili olduğu bildirilmiştir (Elgendy vd., 2024). Çalışmamızın sonuçları da bu bulgularla uyumludur. Sekiz haftalık müdahale sonrasında her iki grupta da ağrı skorlarında azalma gözlenmiş olmakla birlikte SG grubunda McGill ağrı tanımlama ve VAS skorlarındaki düşüşün daha belirgin olduğu görülmüştür. Bu durum SG uygulamalarının fantom ağrısının çok boyutlu yapısı üzerinde daha güçlü bir etki oluşturabileceğini düşündürmektedir. SG uygulamalarının ağrı üzerindeki etkisi birkaç farklı mekanizma ile açıklanabilir. İlk olarak, sanal ortamda sağlanan görsel ve motor geri bildirim amputasyon sonrası ortaya çıkan duyusal-motor uyumsuzluğu azaltabilir. İkinci olarak, SG uygulamaları sırasında bireyin dikkatinin aktivitelere yönelmesi dikkat dağıtma mekanizması aracılığıyla ağrı algısını azaltabilir. Son olarak, sanal gerçekliğin oluşturduğu avatar temelli görsel geri bildirim beynin ağrı ile ilişkili bölgelerinde oluşan maladaptif nöroplastisiteyi düzenleyebilir (Ambron vd., 2021; Pacheco-Barriosvd., 2021).

Protez uyumu amputasyon rehabilitasyonunun en önemli hedeflerinden biridir. Bu süreç yalnızca fiziksel performansla değil aynı zamanda psikososyal faktörlerle de yakından ilişkilidir. Bu nedenle çalışmamızda protez deneyimi TAPES ölçeği ile değerlendirilmiştir (Gallagher ve MacLachlan, 2000; Topuz, 2009). Literatürde farklı rehabilitasyon yaklaşımlarının protez kullanım deneyimini iyileştirebildiği gösterilmiştir. Örneğin telerehabilitasyon uygulamalarının aktivite kısıtlılığını azaltarak protez memnuniyetini artırabildiği bildirilmiştir (Kurtaran ve Çelik, 2024). Benzer şekilde ayak bileği rotasyon ünitesi kullanımının da amputelerde yaşam kalitesi ve aktivite katılımını artırabildiği gösterilmiştir (Behshad ve Shamsoddini, 2018). Sanal gerçeklik temelli rehabilitasyonun protez

deneyimi üzerindeki etkilerini inceleyen çalışmalar da bulunmaktadır. Bu çalışmalar SG uygulamalarının aktivite kısıtlılığını azaltabildiğini ve protez memnuniyetini artırabildiğini göstermektedir (Şahan, 2018).

Çalışmamızda elde edilen bulgular da literatür ile uyumludur. Sekiz haftalık müdahale sonrasında SG grubunda protez uyumu ve protez memnuniyetinde daha belirgin bir artış gözlenmiştir. Aktivite kısıtlılığında ise her iki grupta da iyileşme görülmüştür. SG uygulamaları sırasında katılımcıların protezleriyle daha uzun süre ayakta kalabildiklerini veya daha fazla adım attıklarını ifade etmeleri, bu yöntemin bireyin protezle olan etkileşimini olumlu yönde etkileyebileceğini göstermektedir. Ayrıca SG ortamında başarıyla gerçekleştirilen görevler bireyin rehabilitasyon sürecine yönelik motivasyonunu artırarak protez kullanımına uyum sürecini destekleyebilir.

Denge ve fonksiyonel mobilite transtibial amputasyon rehabilitasyonunun temel bileşenleridir (Jović, 2023). Literatürde fizyoterapi programlarının amputelerde denge performansını artırabildiği gösterilmiştir (Šakalienė ve Urbaitė, 2010). Son yıllarda SG destekli rehabilitasyonun denge ve mobilite üzerindeki etkileri araştırılmaktadır. Bazı çalışmalar SG uygulamalarının geleneksel fizyoterapiye kıyasla daha iyi denge performansı sağlayabildiğini bildirmiştir (Abbas vd., 2021). Buna karşın bazı çalışmalarda ise iki yaklaşım arasında fark bulunmamıştır (Yildirim vd., 2021). Çalışmamızda SG grubunda denge skorlarında iyileşme görülmüş olmasına rağmen gruplar arasında istatistiksel olarak fark saptanmamıştır. Fonksiyonel mobiliteyi değerlendiren ZKYT sonuçları da benzer şekilde her iki grupta iyileşme olduğunu ancak gruplar arasında fark bulunmadığını göstermiştir. Bu bulgular SG uygulamalarının amputasyon rehabilitasyonunda fonksiyonel mobiliteyi destekleyebileceğini ancak geleneksel fizyoterapi ile benzer klinik etkiler oluşturabileceğini düşündürmektedir. Ayrıca örneklem büyüklüğünün sınırlı olması ve kullanılan SG uygulamalarının zorluk düzeyinin bireysel performansa göre yeterince ayarlanamaması da bu sonuçları etkilemiş olabilir.

Alt ekstremite amputasyonu bireylerin yaşam kalitesini fiziksel, psikolojik ve sosyal yönlerden etkileyebilmektedir (Naz vd., 2023). Rehabilitasyon programlarının yaşam kalitesi üzerinde olumlu etkiler oluşturduğu birçok çalışmada gösterilmiştir (Pereira vd., 2024). SG temelli rehabilitasyon uygulamalarının yaşam kalitesini artırabildiğini gösteren sistematik derleme ve meta-analizler bulunmaktadır (Cortés-Pérez vd., 2021). Bununla birlikte bazı çalışmalarda SG uygulamalarının yalnızca belirli yaşam kalitesi alt boyutlarında iyileşme sağladığı bildirilmiştir (García-Bravo vd., 2020). Çalışmamızda her iki grupta da yaşam kalitesinin farklı alt boyutlarında iyileşme gözlenmiştir. SG grubunda özellikle fiziksel rol kısıtlılığı alt boyutunda daha belirgin bir gelişme görülmüştür. Bu durum SG uygulamalarının sağladığı motivasyonel unsurlar ve interaktif geri bildirim mekanizmaları ile açıklanabilir. Uyku kalitesi açısından değerlendirildiğinde amputasyon sonrası dönemde uyku bozukluklarının sık görüldüğü bildirilmektedir (Em vd., 2015). Fantom ağrısı ve psikolojik stresin uyku kalitesini olumsuz etkileyebileceği belirtilmektedir (Bekrater-Bodmann vd., 2015). SG temelli müdahalelerin uyku kalitesi üzerinde olumlu etkiler sağlayabileceği de rapor edilmiştir (Chitra ve Eremita, 2023). Çalışmamızda SG grubunda uyku kalitesinde belirgin bir iyileşme eğilimi gözlenmiş ancak gruplar arasında fark bulunmamıştır.

Bu çalışmanın bazı sınırlılıkları bulunmaktadır. Örneklem büyüklüğünün sınırlı olması genellenebilirliği kısıtlamaktadır. Yalnızca deprem sonrası unilateral transtibial amputeli bireylerin dahil edilmesi, sonuçların diğer amputasyon seviyelerine genellenmesini sınırlandırmaktadır. Sekiz haftalık müdahale süresi uzun dönem etkilerin değerlendirilmesine olanak tanımamıştır. Sanal gerçeklik uygulamaları sırasında bazı katılımcılarda hafif yan etkiler (baş dönmesi, mide bulantısı) gözlenmiş olup, ayrıca teknik altyapı gereksinimi klinik erişilebilirliği sınırlayabilir.

SONUÇ

Bu çalışmanın bulguları, SG temelli egzersiz programlarının deprem sonrası transtibial amputasyon geçirmiş bireylerde güvenli ve uygulanabilir bir rehabilitasyon yaklaşımı olduğunu göstermektedir. SG egzersizleri fantom ağrısının azaltılması ve protez deneyiminin iyileştirilmesinde konvansiyonel fizyoterapiye göre daha belirgin kazanımlar sağlamış, ancak diğer klinik parametrelerde benzer iyileşmeler görülmüştür. Çalışmamız, deprem sonrası transtibial amputasyon geçirmiş bireylerde SG temelli egzersiz programlarının çok boyutlu etkilerini inceleyen özgün araştırmalardan biridir. Bu bulgular doğrultusunda SG destekli rehabilitasyon, amputasyon rehabilitasyonunda tamamlayıcı bir

yaklaşım olarak uygun hasta gruplarında temel rehabilitasyon sürecinin bir parçası olarak değerlendirilebilir.

Teşekkür: Araştırmamızı yürütmemize olanak sağlayan Özel Maraş Terapi Rehabilitasyon Merkezi'ne, tüm personeline ve çalışmamıza gönüllü olarak katılan katılımcılarımıza teşekkür ederiz.

KAYNAKLAR

Abbas, R. L., Cooreman, D., Al Sultan, H., El Nayal, M., Saab, I. M., & El Khatib, A. (2021). The effect of adding virtual reality training on traditional exercise program on balance and gait in unilateral, traumatic lower limb amputee. *Games for Health Journal*, *10*(1), 50–56.

Akbaş, E., Akbaş, A., Usgu, S., & Bayramlar, K. (2024). Analysis of amputations occurring in the earthquakes centered in Kahramanmaraş: Adıyaman experience. *International Orthopaedics*, *48*(10), 2513–2518.

Ambron, E., Buxbaum, L. J., Miller, A., Stoll, H., Kuchenbecker, K. J., & Coslett, H. B. (2021). Virtual reality treatment displaying the missing leg improves phantom limb pain: A small clinical trial. *Neurorehabilitation and Neural Repair*, *35*(12), 1100–1111.

Behshad, M., & Shamsoddini, A. (2018). The effects of Ankle Turner Unit on the quality of life of unilateral below knee amputees. *Journal of Archives in Military Medicine*, *6*(6), Makale e87011.

Bekrater-Bodmann, R., Schredl, M., Diers, M., Reinhard, I., Foell, J., Trojan, J., Fuchs X., & Flor, H. (2015). Post-amputation pain is associated with the recall of an impaired body representation in dreams—results from a nation-wide survey on limb amputees. *PLoS ONE*, *10*(3), Makale e0119552. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0119552.

Berg, K. S., Maki, B. E., Williams, J. I., Holliday, P. J., & Wood-Dauphinee, S. L. (1992). Clinical and laboratory measures of postural balance in an elderly population. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, *73*(11), 1073–1080.

Buysse, D. D., Reynolds III, C. F., Monk, T. H., Berman, S. R., & Kupfer, D. J. (1989). The Pittsburgh Sleep Quality Index: A new instrument for psychiatric practice and research. *Psychiatry Research*, *28*(2), 193–213.

Chitra, J., & Eremita, M. D. S. (2023). Effect of virtual reality on sleep-deprived individuals. *Indian Journal of Psychological Medicine*, *45*(6), 610–613. https://doi.org/10.1177/02537176231177388

Cortés-Pérez, I., Sánchez-Alcalá, M., Nieto-Escámez, F. A., Castellote-Caballero, Y., Obrero-Gaitán, E., & Osuna-Pérez, MC. (2021). Virtual reality-based therapy improves fatigue, impact, and quality of life in patients with multiple sclerosis: A systematic review with a meta-analysis. *Sensors*, *21*(21), Makale 7389. https://doi.org/10.3390/s21217389 .

Demiral, Y., Ergor, G., Unal, B., Semin, S., Akvardar, Y., Kıvırcık, B., & Alptekin, K. (2006). Normative data and discriminative properties of short form 36 (SF-36) in Turkish urban population. *BMC Public Health*, *6*(1), Makale 247.

Elgendy, M. H., Helal, M. M., & Habib, A. A. (2024). The influence of virtual reality approach on phantom pain in Trans-Tibial amputation: A randomized control trail. *International Journal of Health Sciences*, *8*(S1), 436–457.

Em, S., Batmaz, İ., Karakoc, M., Aydın, A., Bozkurt, M., Çağlayan, M., & Nas, K. (2015). Determining sleep quality and its associated factors in patients with lower limb amputation. *Turkish Journal of Physical Medicine and Rehabilitation*, *61*(3), 241–246. https://doi.org/10.5152/tftrd.2015.45477.

Gallagher, P., & MacLachlan, M. (2000). Development and psychometric evaluation of the Trinity Amputation and Prosthesis Experience Scales (TAPES). *Rehabilitation Psychology*, *45*(2), 130.

García-Bravo, S., Cano-de-la-Cuerda, R., Domínguez-Paniagua, J., Campuzano-Ruiz, R., Barreñada-Copete, E., López-Navas, M. J., Araujo-Narváez, A., García-Bravo, C., Florez-Garcia, M., Botas-Rodríguez, J., & Cuesta-Gómez, A. (2020). Effects of virtual reality on cardiac rehabilitation programs for ischemic heart disease: A randomized pilot clinical trial. *International Journal of Environmental Research and Public Health (IJERPH)*, *17*(22), Makale 8472. https://doi.org/10.3390/ijerph17228472.

Hao, J., Chen, Z., Remis, A., & He, Z. (2022). Virtual reality–based rehabilitation to restore motor function in people with amputation. *American Journal of Physical Medicine & Rehabilitation*, *102*(5), 468–474. https://doi.org/10.1097/phm.0000000000002150.

Hill-Tout, J. (1989). Quality of life measures. *Journal of the British Institute of Mental Handicap (APEX)*, *17*(2), 85–85.

Jović, I., Simanić, I., Radotić, M., & Vitaz, M. (2023). Procena balansnih sposobnosti kod pacijenata sa unilateralnim transtibijalnim amputacijama u pretprotetičkoj fazi rehabilitacije nakon sprovedenih vežbi balansa. *Education and Research in Health Sciences*, 63.

Kulakoğlu, B., Uzunay, Z., Pota, K., Varhan, N., & Fırat, M. G. (2023). Evaluation of musculoskeletal injuries after the 2023 Kahramanmaras earthquake: A local hospital experience. *Joint Diseases and Related Surgery*, *34*(2), 509.

Kurtaran, M., & Çelik, D. (2024). Effectiveness of telerehabilitation-based structured exercise program in individuals with unilateral transtibial amputation: A randomized controlled study. *Disability and Rehabilitation*, *46*(23), 5651–5659.

Levin, M. F. (2011). Can virtual reality offer enriched environments for rehabilitation? *Expert Review of Neurotherapeutics*, *11*(2), 153–155.

Limakatso, K., Bedwell, G. J., Madden, V. J., & Parker, R. (2020). The prevalence and risk factors for phantom limb pain in people with amputations: A systematic review and meta-analysis. *PLoS ONE*, *15*(10), Makale e0240431.

Makin, T. (2020). Phantom limbs and brain plasticity in amputees. *Oxford Research Encyclopedia of Neuroscience*.

Melzack, R. (1987). The short-form McGill pain questionnaire. *Pain*, *30*(2), 191–197.

Mollayeva, T., Thurairajah, P., Burton, K., Mollayeva, S., Shapiro, CM., & Colantonio, A. (2016). The Pittsburgh sleep quality index as a screening tool for sleep dysfunction in clinical and non-clinical samples: A systematic review and meta-analysis. *Sleep Medicine Reviews*, *25*, 52–73.

Morgan, S. J., Friedly, J. L., Amtmann, D., Salem, R., & Hafner, B. J. (2017). Cross-sectional assessment of factors related to pain intensity and pain interference in lower limb prosthesis users. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, *98*(1), 105–113.

Naz, S., Haider, S. S., Sarfraz, M., & Ghazanfar, I. (2023). Quality of life of lower limb amputees; A comparative study between rehabilitated vs non-rehabilitated groups: Quality of life of lower limb amputees. *Pakistan Journal of Health Sciences (PJHS)*, *4*(10), 213–217. https://doi.org/10.54393/pjhs.v4i10.977

Pacheco-Barrios, K., de Melo, PS., Vasquez-Avila, K.,.Cardenas-Rojas A., Gonzalez-Mego, P., Marduy, A., Parente, J., Sanchez, I.R., Cortez, P., Whalen, M., Castelo-Branco, L., & Fregni, F, (2021). Accelerating the translation of research findings to clinical practice: Insights from phantom limb pain clinical trials. *Principles and Practice of Clinical Research*, *7*(4), 1.

Pereira, Â. M., Ramos, A., Rafaela, A., João, M., & Arrifes, V. (2024). Mobility in patients with lower limb amputation after prosthesis. *Annals of Medicine*, *51*(sup1), 212–212. https://doi.org/10.1080/07853890.2018.1560175.

Pourmand, A., Davis, S., Marchak, A., Whiteside, T., & Sikka, N. (2018). Virtual reality as a clinical tool for pain management. *Current Pain and Headache Reports*, *22*(8), Makale 53.

Sabuncu, T. (2019). *Obezite tanı ve tedavi kılavuzu*. Türkiye Endokrinoloji ve Metabolizma Derneği. Erişim: http://temd. org. tr/admin/uploads/tbl_kilavuz/20190506163904-2019tbl_ kilavuz5ccdcb9e5d. pdf

Sahin, F., Yilmaz, F., Ozmaden, A., Kotevoglu, N., Sahin, T., & Kuran, B. (2008). Reliability and validity of the Turkish version of the Berg Balance Scale. *Journal of Geriatric Physical Therapy*, *31*(1), 32–37.

Šakalienė, R., & Urbaitė, L. (2010). Effectiveness of physiotherapy while observing yourself in a mirror for balance and walking speed in people who underwent transtibial amputation. *Reabilitacijos Mokslai: Slauga, Kineziterapija, Ergoterapija*, *2*(3).

Sebastião, E., Sandroff, B. M., Learmonth, Y. C., & Motl, R. B. (2016). Validity of the timed up and go test as a measure of functional mobility in persons with multiple sclerosis. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, *97*(7), 1072–1077.

Steckel, B. M., Schwertner, R., Bücker, J., Nazareth, A. C. de P., Bizarro, L., & Oliveira, A. A. de. (2024). Immersive virtual reality applied to the rehabilitation of patients with lower limb amputation: A small randomized controlled trial for feasibility study. *Virtual Reality*, *28*(2), Makale 115.

Şahan, T. (2018). *Transtibial amputasyonu olan bireylerde sanal gerçeklik uygulamalarının fizyoterapi ve rehabilitasyon sonuçlarına etkisinin araştırılması.* Hacettepe Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü.

Tong, X., Wang, X., Cai, Y., Gromala, D., Williamson, O., Fan, B., & Wei, K. (2020). "I dreamed of my hands and arms moving again": A case series investigating the effect of immersive virtual reality on phantom limb pain alleviation. *Frontiers in Neurology*, *11*, Makale 876.

Topuz, S. (2009). *Alt ekstremite amputelerinde Trinity Amputasyon ve Protez Deneyim Ölçeğinin (TAPES) güvenirlik ve geçerliği.* Published online 2009.

Yakut, Y., Yakut, E., Bayar, K., & Uygur, F. (2007). Reliability and validity of the Turkish version short-form McGill pain questionnaire in patients with rheumatoid arthritis. *Clinical Rheumatology*, *26*(7), 1083–1087.

Yildirim, Y., Budak, M., Tarakçi, D., & Algun, Z. C. (2021). The effect of video-based games on hand functions and cognitive functions in cerebral palsy. *Games for Health Journal*, *10*(3), 180–189. https://doi.org/10.1089/g4h.2020.0182.

FİZYOTERAPİDE HATA ARTIRMA YAKLAŞIMI: KLİNİK UYGULAMALAR VE SONUÇLARI

ERROR AUGMENTATION IN PHYSIOTHERAPY: CLINICAL IMPLEMENTATION AND OUTCOMES

Dr. Fzt. Mehmet ÇAKIROĞLU
Kahramanmaraş Özel İlgi Özel Rehabilitasyon Merkezi
ORCID: 0000-0002-9692-8203

ÖZET

Rehabilitasyon süreçlerinde motor öğrenmenin desteklenmesi, fonksiyonel iyileşmenin sürdürülebilirliği açısından önemlidir. Geleneksel yaklaşımlar çoğunlukla hataların azaltılmasına odaklanır. Bunun aksine, hata artırma (Error Augmentation, EA) yaklaşımı ise hatayı öğrenmeyi destekleyen bir unsur olarak ele alır. Bu derlemenin amacı, EA yaklaşımının teorik temellerini, uygulama yöntemlerini fizyoterapi ve rehabilitasyon alanındaki klinik etkilerini incelemektir. Çalışmamız ile hata artırma temelli müdahalelerin nörolojik ve kas-iskelet sistemi rehabilitasyonunda uygulanabildiğini göstermektedir. Bu müdahalelerin özellikle yürüme ve üst ekstremite fonksiyonları üzerinde olumlu etkiler ortaya koyduğu bildirilmektedir. Bununla birlikte elde edilen etkiler tüm ölçütlerde tutarlı değildir ve bazı çalışmalarda standart yaklaşımlara göre belirgin bir üstünlük gösterilememiştir. Ancak küçük örneklem büyüklükleri, kontrol grubu eksikliği ve sınırlı takip süreleri gibi metodolojik kısıtlılıklar bulunmaktadır. Bu durum, bulguların yorumlanmasını ve genellenebilirliğini zorlaştırmaktadır. Mevcut bulgular, hata artırma yaklaşımının motor öğrenme ile birlikte fonksiyonel performansı da olumlu yönde etkileyebileceğine işaret etmektedir. Böylece EA'nın rehabilitasyon uygulamalarında etkili bir şekilde kullanılabileceği düşünülmektedir. Ancak klinik etkinliğin ve uygulama parametrelerinin netleştirilmesi için daha kapsamlı ve kontrollü çalışmalara ihtiyaç vardır.

Anahtar Kelimeler: Hata Artırma, Motor Öğrenme, Rehabilitasyon

ABSTRACT

Motor learning is essential for sustainable functional recovery in rehabilitation. Traditional approaches primarily focus on minimizing errors, whereas the error augmentation (EA) approach considers error as a factor that facilitates learning. This review examines the theoretical foundations, application methods, and clinical effects of the EA approach in physiotherapy and rehabilitation. Current evidence suggests that EA-based interventions are applicable in both neurological and musculoskeletal rehabilitation, with reported benefits particularly in gait and upper extremity functions. However, findings are not consistent across outcomes, and some studies have not demonstrated clear superiority over conventional approaches. Methodological limitations, including small sample sizes, lack of control groups, and short follow-up periods, further restrict the interpretation and generalizability of these results. Overall, the available evidence suggests that the EA approach may positively influence both motor learning and functional performance, highlighting its clinical value in rehabilitation practice. Nevertheless, further well-designed, large-scale, and long-term studies are needed to clarify its clinical effectiveness and to establish optimal application parameters.

Keywords: Error Augmentation, Motor Learning, Rehabilitation

GİRİŞ

Rehabilitasyon süreçlerinde motor fonksiyonların yeniden kazanımı, klinik uygulamaların temel hedeflerinden biri olmaya devam etmektedir (Frenkel-Toledo vd., 2023). Nörolojik ve kas-iskelet sistemi bozuklukları sonrasında ortaya çıkan fonksiyonel kısıtlılıklar, bireylerin günlük yaşam aktivitelerine katılımını sınırlayabilmekte ve yaşam kalitesini olumsuz yönde etkileyebilmektedir (Pelosi vd., 2024; Qamar vd., 2025). Rehabilitasyon süreçlerinde elde edilen kazanımların uzun dönem seyri ise bireyler arası farklılıklar ve motor öğrenme süreçlerinin karmaşıklığı gibi faktörlere bağlı olarak değişkenlik gösterebilmektedir (Fisher vd., 2014). Bu durum, rehabilitasyonun yalnızca semptomların azaltılmasına odaklanmaması gerektiğini ortaya koymaktadır. Aynı zamanda sürdürülebilir ve genellenebilir öğrenme süreçlerinin desteklenmesini de önemlidir.

Geleneksel rehabilitasyon yaklaşımları büyük ölçüde doğru hareketin tekrarına ve hataların minimize edilmesine dayanmaktadır. Özellikle yalnızca tekrara dayalı uygulamalar ile öğrenmenin kalıcılığı ve farklı bağlamlara transferi açısından bazı durumlarda yetersiz kalabileceği bildirilmektedir (Lage vd., 2024). Bu bağlamda, bireyin aktif katılımını ve çevre ile etkileşimini merkeze alan daha dinamik yaklaşımların önemi giderek daha fazla vurgulanmaktadır. Motor öğrenme literatüründe performans gelişimi yalnızca tekrar miktarıyla değil, aynı zamanda bireyin hataları algılama ve işleme süreçleriyle de ilişkilidir (Feulner vd., 2025; Kunavar vd., 2023). Bu çerçevede hata, yalnızca düzeltilmesi gereken bir sapma değildir. Ayrıca sensorimotor sistemin adaptasyonunu yönlendiren önemli bir bilgi kaynağı olarak değerlendirilmelidir. Beklenen ve gerçekleşen duyusal geri bildirim arasındaki farktan kaynaklanan hata sinyallerinin işlenmesi, motor çıktının güncellenmesine ve motor adaptasyonun gelişimine katkı sağlamaktadır (Feulner vd., 2025). Bu süreç, hata temelli öğrenme (error-based learning) olarak adlandırılmakta olup motor adaptasyonun temel mekanizmalarından biri olarak kabul edilmektedir (Diedrichsen vd., 2010). Bu perspektif doğrultusunda, hatayı tamamen ortadan kaldırmaya yönelik yaklaşımların öğrenme sürecini sınırlayabilir. Hata sinyalleri, motor sistemin yeniden düzenlenmesini destekleyen geri bildirim süreçlerinde önemli bir rol oynamaktadır (Hill vd., 2024). Dolayısıyla hata, rehabilitasyon sürecinde kaçınılması gereken bir unsur değildir. Bizzat öğrenmenin temel belirleyicilerinden biri olarak ele alınmalıdır.

Bu anlayışın bir uzantısı olarak geliştirilen hata artırma (Error Augmentation, EA) yaklaşımının, motor öğrenmeyi geliştirebileceği ve rehabilitasyon uygulamalarında kullanılabileceği gösterilmiştir (Sedda vd., 2025). EA, hareket sırasında oluşan hataların kontrollü biçimde büyütülmesi yoluyla motor öğrenme ve adaptasyon süreçlerini destekleyen bir yaklaşımdır (Parmar ve Patton, 2024). Geleneksel hata azaltma temelli yaklaşımların aksine, bu yaklaşım öğrenmeyi tetikleyen hata sinyallerini bilinçli olarak artırmayı hedefler. Temel varsayım, daha belirgin hale getirilen hataların sensorimotor sistem tarafından daha etkin algılanacağı ve düzeltici mekanizmaların daha hızlı devreye gireceğidir (Sedda vd., 2025). EA yaklaşımının klinik uygulamalardaki yansımaları, bu yaklaşımın pratikte nasıl kullanılabildiğini ortaya koyması açısından önem taşımaktadır. Rehabilitasyon ortamında ise bu yaklaşım; özellikle nörolojik rehabilitasyon ve motor fonksiyonların yeniden kazanımına yönelik uygulamalarda, görsel geri bildirim manipülasyonları ve robotik destekli sistemler aracılığıyla uygulanabilmektedir (Carmeli vd., 2023; Cho vd., 2022).

Bununla birlikte, bu yaklaşımın farklı uygulama biçimlerine rağmen, teorik mekanizmalar ile klinik uygulamalar arasındaki ilişkinin literatürde hâlâ sınırlı düzeyde ele alındığı görülmektedir. Son yıllarda fizyoterapi ve rehabilitasyon alanında giderek artan ilgi gören bu yaklaşımın klinik kullanımına ilişkin çerçevenin daha net ortaya konmasına ihtiyaç duyulmaktadır. Bu doğrultuda, mevcut çalışmada yapılmış çalışmalar incelenmektedir. Hata artırma yaklaşımının mekanizmaları ile uygulama yöntemleri ele alınmaktadır. Ayrıca klinik etkileri, fizyoterapi ve rehabilitasyon perspektifinden bütüncül bir şekilde değerlendirilmektedir.

Non-travmatik transtibial amputasyonu olan bireylerde yürüyüş asimetrileri yaygın olarak gözlenen bir durumdur (Yalçın vd., 2025). Bu doğrultuda, mevcut çalışma sekiz seanslık hata arttırma temelli yürüyüş eğitiminin uygulanabilirliğini ve etkilerine ilişkin ön bulguları incelemiştir (Kline vd., 2022). Split-belt treadmill üzerinde asimetrik bant hızları kullanılarak gerçekleştirilen müdahale sonrasında katılımcıların adım uzunluğu simetrisinde iyileşme gözlenmiştir. Normalleştirilmiş Simetri İndeksi'ndeki (NSI) azalma, müdahalenin spatiotemporal yürüyüş asimetrilerini azaltma etkisine işaret etmektedir. Katılımcıların büyük çoğunluğunun protokolü tamamlaması ve ciddi yan etkilerin bildirilmemesi, yöntemin uygulanabilir ve genel olarak güvenli olduğunu desteklemektedir. Ayrıca, yüksek kabul edilebilirlik puanları müdahalenin katılımcılar tarafından olumlu karşılandığını göstermektedir. Müdahale sonrasındaki bir haftalık takipte iyileşmenin devam etmesi ise kısa vadeli etkilerin korunabileceğini düşündürmektedir.

EA temelli müdahalelerin farklı hasta gruplarında olumlu sonuçlar göstermesi, bu yaklaşımın motor öğrenme üzerindeki olumlu etkisini desteklemektedir. Akut inme hastalarında yapılan bir çalışmada, erken dönemde ve daha yüksek frekansta uygulanan hata arttırma temelli fizik tedavinin standart bakıma kıyasla daha fazla iyileşme ile ilişkili olduğu bildirilmiştir (Farrelly vd., 2024). Çalışmada, nörolojik durumun değerlendirilmesinde kullanılan National Institutes of Health Stroke Scale (NIHSS) ve engellilik düzeyini gösteren modified Rankin Scale (mRS) skorlarında azalma gözlenmiştir. Buna ek olarak, fonksiyonel mobiliteyi değerlendiren Activity Measure for Post-Acute Care (AM-PAC) ve

postüral kontrolü ölçen Postural Assessment Scale for Stroke (PASS) skorlarında artış bildirilmiştir. Bu bulgular, hata arttırma yaklaşımının nörolojik ve fonksiyonel iyileşme üzerinde rol oynayabileceğini düşündürmektedir.

Hata arttırma temelli yaklaşımların üst ekstremite rehabilitasyonunda da potansiyel olarak etkili olabileceği bildirilmiştir (Porta vd., 2021). İnme hastalarında görsel geri bildirim yoluyla hata arttırmanın uygulandığı bir çalışmada, her iki grupta da fonksiyonel iyileşme gözlendi. Ancak hata arttırma uygulanan grupta tüm değerlendirme zamanlarında daha yüksek iyileşme eğilimi raporlanmıştır. Bununla birlikte, gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark saptanmamıştır. Ayrıca, hata arttırmanın denemeler arası değişkenliği artırdığı bulgusu, bu yaklaşımın motor öğrenme süreçlerini farklı mekanizmalar üzerinden etkileyebileceğini düşündürmektedir.

Görsel hata arttırma kullanılarak gerçekleştirilen bimanuel egzersizlerin incelendiği bir çalışmada, kronik inme hastalarında motor performansta artış gözlenmiştir (Celian vd., 2025). Üç hafta süren müdahale sonrasında Fugl-Meyer Assessment (FMA) üst ekstremite skorlarında artış elde edildi. Ayrıca bu kazanımların takip değerlendirmelerinde kısmen korunduğu bildirilmiştir. Bununla birlikte, hata arttırma uygulamasının standart yaklaşıma göre üstünlüğü istatistiksel olarak gösterilememiştir. Ancak hareket açıklığı, hareket süresi ve bimanuel simetri gibi bazı performans ölçütlerinde hata arttırma lehine iyileşmeler raporlanmıştır. Bu bulgular, yaklaşımın etkisinin kullanılan ölçütlere bağlı olarak değişebileceğini düşündürmektedir.

EA temelli yaklaşımların robot destekli ve sanal gerçeklik ortamlarında uygulanması da motor iyileşme açısından umut verici sonuçlar ortaya koymaktadır. Kronik inme hastalarında görsel hata arttırma ile desteklenen robotik üst ekstremite eğitiminin incelendiği bir çalışmada, dört haftalık müdahale sonrasında motor fonksiyon ve kinematik parametrelerde anlamlı iyileşmeler gözlenmiştir (Cho vd., 2022). FMA, Box and Block ve Action Research Arm Test skorlarındaki artışlar üst ekstremite fonksiyonel kazanımlarına işaret ederken, zaman, hız ve hareket yolu gibi kinematik değişkenlerdeki gelişmeler motor performanstaki iyileşmeyi desteklemektedir. Bununla birlikte, çalışmanın tek grup tasarımına sahip olması elde edilen sonuçların doğrudan müdahaleye atfedilmesini sınırlamaktadır. Bu bulgular, EA yaklaşımının teknolojik rehabilitasyon uygulamaları ile birlikte fayda sağlayabileceğini göstermektedir.

Tablo 1. EA Temelli rehabilitasyon müdahalelerine yönelik klinik çalışmaların özet

Yazar (Yıl)	Çalışma Tasarımı	Katılımcılar	Müdahale Protokolü	Sonuç Ölçütleri	Temel Bulgular
Kline vd. (2022)	Ön-son test, tek grup	n=8, non-travmatik transtibial amputeler	4 hafta, haftada 2 gün, toplam 8 seans; split-belt koşu bandı ile hata arttırma eğitimi (EAT) (5×3 dk asimetrik hız)	Normalleştirilmiş Simetri İndeksi (NSI), uygulanabilirlik	Katılımcıların çoğu protokolü tamamlamış, ciddi yan etki bildirilmemiştir. NSI azalmış, iyileşme 1 hafta devam etmiştir.
Farrelly vd. (2024)	Randomize kontrollü pilot çalışma	n=100, akut inme hastaları	Erken yoğun hata arttırma temelli fizik tedavi (F-EA-PT): ilk 5 günün 3 gününde günde 2 kez, sonrasında günlük EAT; standart bakım fizik tedavisi (SOC-PT): günde 1 kez, haftada 3–5 gün	National Institutes of Health Stroke Scale (NIHSS), Modified Rankin Scale (mRS), Activity Measure for Post-Acute Care (AM-PAC), Postural Assessment Scale for Stroke (PASS)	EAT grubu, kontrol grubuna kıyasla NIHSS ve mRS'de daha fazla azalma; AM-PAC ve PASS'ta daha fazla artış göstermiştir. Müdahale güvenli bulunmuş olup yalnızca bir yan etki bildirilmiştir.
Porta vd. (2021)	Körlenmiş randomize kontrollü	n=15, inme hastaları	3 hafta boyunca haftada 3 gün, 50–60 dk seanslar; sanal ortamda	Klinik değerlendirmeler (fonksiyonel performans	Her iki grupta da anlamlı iyileşme gözlenmiştir. Hata arttırma grubunda daha yüksek iyileşme eğilimi

	çalışma (ara sonuçlar)		bimanuel uzanma egzersizleri; müdahale grubunda görsel hata arttırma, kontrol grubunda standart geri bildirim	ölçümleri; öncesi, 1 hafta ve 2 ay sonrası)	raporlanmış, ancak istatistiksel fark bulunmamıştır. Hata arttırma denemeler arası değişkenliği artırmıştır.
Celian vd., (2025)	Randomize kontrollü çalışma	n=38, kronik (>8 ay) inme hastaları	3 hafta boyunca haftada 3 gün, ~40 dk bimanuel uzanma egzersizleri; müdahale grubunda görsel hata arttırma	Fugl-Meyer Assessment (FMA), hareket süresi, hareket açıklığı, bimanuel simetri	FMA skorunda artış gözlenmiş ve kısmen korunmuştur; ancak klinik anlamlı düzeye ulaşılmamış ve gruplar arası üstünlük gösterilememiştir. Bazı performans ölçütlerinde hata arttırma lehine gelişmeler bildirilmiştir.
Cho vd., (2022)	Tek grup ön-son test (uygulanabilirlik çalışması)	n=27, kronik hemiparetik inme hastaları	4 hafta boyunca haftada 3 gün (toplam 12 seans); sanal gerçeklik ortamında robot destekli üst ekstremite eğitimi; görsel hata her hafta %5 artırılmış	Fugl-Meyer Assessment (FMA), Box and Block Test (BBT), Action Research Arm Test (ARAT); kinematik ölçümler (zaman, hız, mesafe, eğrisellik oranı)	Müdahale sonrası motor fonksiyon ve kinematik parametrelerde istatistiksel olarak anlamlı iyileşmeler raporlanmıştır ($p<0.05$). Ancak tek grup tasarım nedeniyle sonuçların doğrudan müdahaleye atfedilmesi sınırlıdır.

SONUÇ

EA yaklaşımı, fizyoterapi uygulamalarında motor öğrenmeyi destekleme açısından giderek daha fazla ilgi görmektedir. Mevcut çalışmalar, özellikle yürüme ve üst ekstremite fonksiyonlarında olumlu etkiler elde edilebildiğini göstermektedir. Ancak bulgular tüm ölçütlerde tutarlı değildir ve bazı araştırmalarda geleneksel yöntemlere belirgin bir üstünlük sağlanamamıştır. Ayrıca, küçük örneklem büyüklükleri, kontrol grubu eksiklikleri ve kısa takip süreleri gibi sınırlılıklar, sonuçların genellenmesini güçleştirmektedir. Bu nedenle, yaklaşımın klinik kullanımını daha net ortaya koymak için standartlaştırılmış protokollere ve daha kapsamlı, iyi kontrollü, uzun dönemli çalışmalara ihtiyaç vardır. Gelecekte yapılacak araştırmaların, EA yaklaşımının hangi koşullarda ve hangi hastalarda daha etkili olduğunu belirlemesi, klinik uygulamalara önemli katkılar sağlayacaktır.

Etik Onay

Bu çalışma için ilgili kurumsal ve ulusal düzenlemelere uygun olarak etik kurul onayı gerekli olmamıştır.

Yapay Zekâ Kullanımına İlişkin Beyan

Bu makalenin hazırlanması sürecinde, dilin geliştirilmesi, dilbilgisi düzeltmeleri ve okunabilirliğin artırılması amacıyla üretken yapay zekâ araçlarından yararlanılmıştır. Yazar, makalenin nihai içeriğinden tamamen sorumludur.

KAYNAKLAR

Carmeli, E., Israely, S., Barel, H., Zalesov, O., Zaygraykin, N., Mansour, R., & Leisman, G. (2023). Robotically driven error augmentation training enhances post-stroke arm motor recovery. *Engineering Reports.* https://doi.org/10.1002/eng2.12720

Celian, C., Puzzi, T., Verardi, M., Olavarria, E., Porta, F., Pedrocchi, A., & Patton, J. L. (2025). Does visual error augmentation offer advantages during bimanual therapy in individuals poststroke? A

randomized controlled trial. *Journal of International Medical Research, 53*(8), 3000605251361115.

Cho, K.-H., Hong, M.-R., & Song, W.-K. (2022). Upper-limb robot-assisted therapy based on visual error augmentation in virtual reality for motor recovery and kinematics after chronic hemiparetic stroke: A feasibility study. *Healthcare, 10*(7), 1186. https://doi.org/10.3390/healthcare10071186

Diedrichsen, J., White, O., Newman, D., & Lally, N. (2010). Use-dependent and error-based learning of motor behaviors. *Journal of Neuroscience, 30*(15), 5159–5166. https://doi.org/10.1523/JNEUROSCI.5406-09.2010

Farrelly, S., Boan, A. D., Hartnett, J., Monsch, E., Hartis, A., Bowden, M., Kautz, S., & Holmstedt, C. (2024). Frequent error augmentation training in physical therapy post stroke. *Journal of Acute Care Physical Therapy, 15*(3), 65–76. https://doi.org/10.1097/jat.0000000000000237

Feulner, B., Perich, M. G., Miller, L. E., et al. (2025). A neural implementation model of feedback-based motor learning. *Nature Communications, 16,* 1805. https://doi.org/10.1038/s41467-024-54738-5

Fisher, B. E., Morton, S. M., & Lang, C. E. (2014). From motor learning to physical therapy and back again: The state of the art and science of motor learning rehabilitation research. *Journal of Neurologic Physical Therapy*, *38*(3), 149–150. https://doi.org/10.1097/NPT.0000000000000043

Frenkel-Toledo, S., Friedman, J., Liebermann, D. G., Sacher, Y., & Weiss, P. L. (2023). Editorial: Motor recovery following central neurological disorders in humans: Mechanisms and therapeutic interventions. *Frontiers in Human Neuroscience, 17*, 1171193. https://doi.org/10.3389/fnhum.2023.1171193

Hill, C. M., Sebastião, E., Barzi, L., Wilson, M., & Wood, T. (2024). Reinforcement feedback impairs locomotor adaptation and retention. *Frontiers in Behavioral Neuroscience, 18*, 1388495. https://doi.org/10.3389/fnbeh.2024.1388495

Kline, P. W., Davis-Wilson, H. C., So, N. F., Fields, T. T., & Christiansen, C. L. (2022). Feasibility of repeated session error-augmentation gait training for people with nontraumatic transtibial amputation. *Prosthetics and Orthotics International, 46*(6), 553–559. https://doi.org/10.1097/PXR.0000000000000181

Kunavar, T., Cheng, X., Franklin, D. W., Burdet, E., & Babič, J. (2023). Explicit learning based on reward prediction error facilitates agile motor adaptations. *PLOS ONE*, *18*(12), e0295274. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0295274

Lage, G. M., Bicalho, L. E. A., Machado, S., Lelis-Torres, N., Fernandes, L. A., & Apolinário-Souza, T. (2024). Motor learning and the interactions between working memory and practice schedule. *Journal of Motor Behavior, 56*(6), 686–696. https://doi.org/10.1080/00222895.2024.2374010

Parmar, P. N., & Patton, J. L. (2024). Influence of error-augmentation on the dynamics of visuomotor skill acquisition: Insights from proxy-process models. *Journal of Neurophysiology, 131*(6). https://doi.org/10.1152/jn.00051.2024

Pelosi, A. D., Roth, N., Yehoshua, T., Itah, D., Braun Benyamin, O., & Dahan, A. (2024). Personalized rehabilitation approach for reaching movement using reinforcement learning. *Scientific Reports*, *14*, 17675. https://doi.org/10.1038/s41598-024-64514-6

Porta, F., Celian, C., & Patton, J. L. (2021). Upper extremity functional rehabilitation for stroke survivors using error-augmented visual feedback: Interim results. *Proceedings of the Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society (EMBC),* 1318–1324. https://doi.org/10.1109/EMBC46164.2021.9630799

Qamar, M., Mukhtar, T., Malik, Y. K., Sarwar, A., Riaz, H., & Rashid, A. (2025). Tele-rehabilitation in neurological disorders: A narrative synthesis of efficacy, accessibility, and long-term impact. *Journal of Health, Wellness and Community Research*. https://doi.org/10.61919/j345py72

Sedda, G., Olla, G., & Pani, D. (2025). Nonlinear error augmentation applied to upper limb movements enhances motor learning. *Proceedings of the 47th Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society (EMBC)*. IEEE. https://doi.org/10.1109/EMBC58623.2025.11253401

Yalçın, A. İ., Topuz, S., & Yazıcıoğlu, G. (2025). Influence of walking conditions on spatiotemporal and kinematic gait symmetry following unilateral transtibial amputation. *Gait & Posture, 121*(Supplement), 278–279. https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2025.07.297

KARŞILANAMAYAN HEMŞİRELİK BAKIMI
MISSED NURSING CARE

Alev KESKİN
Çukurova Üniversitesi Balcalı Hastanesi Ortopedi ve Travmatoloji Servisi
ORCID: 0000-0002-6580-2843

Doç. Dr. Zehra ESKİMEZ
Çukurova Üniversitesi Sağlık Bilimleri Fakültesi, Hemşirelik Bölümü
ORCID: 0000-0002-8268-835X

ABSTRACT
Missed nursing care is defined as the delay, incomplete provision or total neglect of necessary care, and is considered a significant problem in terms of patient safety and quality of care. The aim of this study is to examine the causes, consequences and effects of missed nursing care on patient safety, and to systematically review the literature relating to adult inpatients.
Findings from the literature indicate that missed care most frequently arises in the areas of basic care practices, patient education, psychosocial support and monitoring of care. It is emphasised that this situation stems from interrelated structural and organisational factors, particularly nurse shortages, high workload, time constraints, shortages of materials/equipment and communication problems within the team. These factors prevent care from being delivered as planned, leading to adverse outcomes such as reduced patient safety, an increase in complications, prolonged hospital stays, and decreased patient satisfaction. Furthermore, this process results in psychosocial effects for nurses, such as burnout, reduced job satisfaction and intention to leave; whilst at the level of the healthcare system, it leads to multi-dimensional negative outcomes, including increased costs and rising readmission rates.
Consequently, missed nursing care is a significant healthcare issue that must be addressed at the systemic level rather than as an individual concern. To mitigate this problem, it is recommended that the nursing workforce be strengthened, working conditions improved, and communication within the team enhanced.
Keywords: Missed care, nursing care, patient safety, quality of care

ÖZET
Karşılanamayan hemşirelik bakımı, gerekli bakımın geciktirilmesi, eksik uygulanması ya da tamamen ihmal edilmesi olarak tanımlanmakta olup hasta güvenliği ve bakım kalitesi açısından önemli bir sorun olarak değerlendirilmektedir. Bu çalışmanın amacı, karşılanamayan hemşirelik bakımının nedenlerini, sonuçlarını ve hasta güvenliği üzerindeki etkilerini incelemek ve hastanede yatan yetişkin hastalara ilişkin literatürü sistematik olarak değerlendirmektir.
Literatür bulguları, karşılanamayan bakımın en çok temel bakım uygulamaları, hasta eğitimi, psikososyal destek ve bakımın izlenmesi alanlarında ortaya çıktığını göstermektedir. Bu durumun; özellikle hemşire yetersizliği, yüksek iş yükü, zaman kısıtlılığı, malzeme/ekipman eksikliği ve ekip içi iletişim sorunları gibi birbirini tetikleyen yapısal ve örgütsel faktörlerden kaynaklandığı vurgulanmaktadır. Söz konusu nedenler, bakımın planlandığı şekilde sunulamamasına yol açarak hasta güvenliğinde azalma, komplikasyonlarda artış, hastanede kalış süresinin uzaması ve hasta memnuniyetinde düşüş gibi olumsuz sonuçları beraberinde getirmektedir. Bunun yanı sıra, bu süreç hemşireler açısından tükenmişlik, iş doyumunda azalma ve işten ayrılma niyeti gibi psikososyal etkilerle sonuçlanırken; sağlık sistemi düzeyinde maliyet artışı ve yeniden yatış oranlarında yükselme gibi çok boyutlu olumsuz çıktılara neden olmaktadır.
Sonuç olarak, karşılanamayan hemşirelik bakımı bireysel değil, sistem düzeyinde ele alınması gereken önemli bir sağlık hizmeti sorunudur. Bu sorunun azaltılması için hemşire iş gücünün güçlendirilmesi, çalışma koşullarının iyileştirilmesi ve ekip içi iletişimin artırılması önerilmektedir.
Anahtar Kelimeler: Karşılanamayan bakım, hemşirelik bakımı, hasta güvenliği, bakım kalitesi

1. GİRİŞ

Hemşireler, sağlık sisteminin işleyişinde merkezi bir role sahip olup hasta bakımının sürekliliğini sağlayan en büyük profesyonel gruplardan biridir. Hastalarla en yoğun ve sürekli etkileşim içinde bulunan sağlık profesyonelleri olarak hemşireler, bakım kalitesinin sağlanması, hasta güvenliğinin korunması ve olumlu hasta sonuçlarının elde edilmesinde önemli sorumluluklar üstlenmektedir (Rahmani ve ark., 2022; Gong ve ark., 2025; Jackson, 2023). Nitekim çalışmalar, hemşirelik bakımının kalitesi ile ölüm oranları, yeniden yatışlar, hastanede gelişen komplikasyonlar ve hasta memnuniyeti arasında güçlü bir ilişki olduğunu göstermektedir (Carthon ve ark., 2015; Menéndez ve ark., 2020; Perals ve ark., 2024).

Günümüzde sağlık hizmetlerine olan talebin artması, hasta sayısının yükselmesi ve kaynakların sınırlı olması, hemşirelerin bakım süreçlerini planlandığı şekilde sürdürebilmelerini zorlaştırmaktadır. Bu durum, literatürde giderek daha fazla önem kazanan "karşılanamayan hemşirelik bakımı" kavramını gündeme getirmiştir. Karşılanamayan hemşirelik bakımı; gerekli bakımın geciktirilmesi, eksik uygulanması ya da tamamen ihmal edilmesi olarak tanımlanmakta olup ilk olarak Kalisch tarafından kavramsallaştırılmıştır (Kalisch, 2006; Kalisch ve ark., 2009). Bu durum, hemşirelik bakımında bir tür ihmal olarak değerlendirilmekte ve hasta güvenliği ile doğrudan ilişkilendirilmektedir (Kearns, 2020; Ergezen & Kol, 2021; Özsaban & Acaroğlu, 2022). Karşılanamayan ya da gözden kaçırılan ihtiyaçlar, hasta güvenliği açısından ciddi bir tehdit oluşturmaktadır. Her yıl, hastaların önemli bir bölümü güvensiz sağlık hizmetleri nedeniyle zarar görmekte olup, bu durum özellikle düşük ve orta gelirli ülkelerde daha yüksek oranlarda görülmektedir (Karadaş & Kaynak, 2024).

Dünya genelinde yapılan çalışmalar, hemşirelerin çoğu zaman hasta bakımının tüm gerekliliklerini yerine getiremediğini göstermektedir. Bu durum, bakımın sürekliliğini ve kalitesini tehdit eden önemli bir risk faktörü olarak değerlendirilmektedir. Karşılanamayan hemşirelik bakımının ortaya çıkmasında birçok etken rol oynamaktadır. Özellikle uzun çalışma saatleri, artan iş yükü, deneyim eksikliği ve yüksek hemşire-hasta oranı bu durumu etkileyen temel faktörler arasında yer almaktadır (Dutra ve ark., 2019; Imam ve ark., 2023; Rahmah ve ark., 2022). Bunun yanında, yetersiz personel sayısı, malzeme ve ekipman eksikliği, sınırlı yönetici desteği ve ekip içi iletişim sorunları, hemşirelerin bakım önceliklerini belirlemesini zorlaştırmakta ve bazı bakım uygulamalarının ertelenmesine ya da tamamen atlanmasına neden olmaktadır (Mantovan ve ark., 2020; Lopez-Dicastillo ve ark., 2020).

Karşılanamayan hemşirelik bakımının etkileri yalnızca bakım süreciyle sınırlı kalmayıp çok boyutlu sonuçlar doğurmaktadır. Hastalar açısından değerlendirildiğinde, bu durum ilaç hataları, enfeksiyonlar, düşmeler ve basınç ülserleri gibi önlenebilir komplikasyonların artmasına yol açmakta ve morbidite ile mortaliteyi olumsuz etkilemektedir (Bail & Grealish, 2016; Ball ve ark., 2018). Ayrıca iyileşme sürecinin uzaması, hastanede kalış süresinin artması ve hasta memnuniyetinin azalması gibi sonuçlarla da ilişkilidir (Recio-Saucedo ve ark., 2018; Chaboyer ve ark., 2021). Bunun yanı sıra, hastaların kendilerini ihmal edilmiş hissetmeleri, sağlık profesyonellerine ve kuruma olan güvenlerinin azalması gibi daha öznel ancak önemli etkiler de ortaya çıkabilmektedir (Alfuqaha ve ark., 2023; Özsaban & Acaroğlu, 2022).

Sağlık sistemi açısından bakıldığında ise karşılanamayan bakım; bakım kalitesinin düşmesi, maliyetlerin artması ve yeniden yatış oranlarının yükselmesi gibi sonuçlara yol açmaktadır (Carthon ve ark., 2015; Recio-Saucedo ve ark., 2018; Ergezen & Kol, 2021).

Öte yandan, bu durum hemşireler üzerinde de önemli etkiler yaratmaktadır. Bakımı eksik ya da yetersiz sunduğunu düşünen hemşireler zamanla tükenmişlik yaşayabilmekte, iş doyumları azalmakta ve işten ayrılma eğilimi gösterebilmektedir (Jones ve ark., 2015; Zeleníková ve ark., 2020; de Veer ve ark., 2012). Bu durum, yalnızca bireysel düzeyde hemşire refahını değil, aynı zamanda sağlık kurumlarında bakımın sürekliliğini de olumsuz etkileyebilmektedir.

Sonuç olarak, karşılanamayan hemşirelik bakımı; bakım kalitesi ve hasta güvenliği ile doğrudan ilişkili, hastanelerde yaygın olarak görülen ve sağlık hizmetlerinin etkinliğini olumsuz etkileyen önemli bir sorun olarak karşımıza çıkmaktadır (Kalisch ve ark., 2009; Griffiths ve ark., 2018). Bu nedenle, karşılanamayan hemşirelik bakımı yalnızca bireysel bir eksiklik olarak değil, aynı zamanda sistem düzeyinde ele alınması gereken çok boyutlu bir sağlık hizmeti sorunu olarak değerlendirilmelidir. Son yıllarda bu konuya yönelik artan çalışmalar da bu durumu desteklemekte ve bakım kalitesinin artırılabilmesi için karşılanamayan bakımın nedenlerinin ve sonuçlarının daha iyi anlaşılması gerektiğini göstermektedir.

2. ARAŞTIRMA VE BULGULAR

Bu çalışmanın amacı, karşılanamayan hemşirelik bakımı kavramını kapsamlı bir biçimde ele alarak, bu olgunun temel nedenlerini ve sonuçlarını incelemek ve hasta güvenliği üzerindeki etkilerini değerlendirmektir. Ayrıca, hastanede yatan yetişkin hastalar bağlamında karşılanamayan hemşirelik bakımına ilişkin mevcut literatürün bütüncül ve sistematik bir değerlendirmesinin sunulması hedeflenmektedir.

Bu doğrultuda çalışma, aşağıdaki araştırma sorularına yanıt aramaktadır:

- Hastanede yatan yetişkin hastalarda en sık karşılanamayan hemşirelik bakım uygulamaları nelerdir?
- Karşılanamayan hemşirelik bakımını etkileyen faktörler nelerdir?
- Karşılanamayan hemşirelik bakımının sonuçlarının hasta, hemşire ve sağlık sistemi üzerine etkileri nelerdir?

Bu çalışma, karşılanamayan hemşirelik bakımı konusuna ilişkin literatürün derlenmesi şeklinde gerçekleştirilmiştir. Konuya ilişkin ulusal ve uluslararası çalışmalar incelenmiş; "karşılanamayan bakım, hemşirelik bakımı, hasta güvenliği, bakım kalitesi" anahtar kelimeleri kullanılarak ilgili literatüre ulaşılmıştır. Elde edilen bulgular kavramsal çerçeve doğrultusunda analiz edilmiştir.

2.1 Hastanede yatan yetişkin hastalarda en sık karşılanamayan hemşirelik bakım uygulamaları nelerdir?

Literatür incelendiğinde, hastanede yatan yetişkin hastalarda karşılanamayan hemşirelik bakımının çoğunlukla temel bakım uygulamaları, hasta eğitimi, psikososyal destek ve bakımın izlenmesi/değerlendirilmesi alanlarında yoğunlaştığı görülmektedir. (Gustafsson ve ark., 2020; Kalisch ve ark., 2014). Karşılanamayan bakım kavramını ilk ele alan çalışmalardan birinde Kalisch, tıbbi-cerrahi ünitelerde en sık aksayan uygulamaları; hastanın mobilizasyonu, pozisyon verilmesi, beslenmenin gecikmesi ya da atlanması, hasta eğitimi, taburculuk planlaması, duygusal destek, hijyen bakımı ve hasta izlemi olarak tanımlamıştır (Kalisch, 2006). Bu bulgular, özellikle doğrudan hasta bakımına yönelik temel gereksinimlerin çoğu zaman önceliklendirilmekte zorlandığını göstermektedir.

Psikososyal bakım açısından bakıldığında, hastayla iletişim kurma, duygusal destek sağlama, hastayı bilgilendirme ve bakım sürecine aktif katılımını destekleme gibi girişimlerin sıklıkla ihmal edildiği görülmektedir. Ball ve arkadaşlarının çalışmasında, hemşirelerin büyük bir kısmının vardiya süresince en az bir bakım uygulamasını zaman yetersizliği nedeniyle tamamlayamadığı; özellikle hastayla konuşma, rahatlatma, hasta eğitimi ve bakım planını güncelleme gibi girişimlerin en sık aksayan uygulamalar arasında yer aldığı belirtilmiştir (Ball ve ark., 2014). Bu durum, hasta ile kurulan terapötik ilişkinin ve bütüncül bakım anlayışının olumsuz etkilenebileceğini düşündürmektedir.

Hasta eğitimi ve taburculuk planlaması da literatürde sıklıkla karşılanamayan bakım alanları arasında yer almaktadır (Chaboyer ve ark., 2021; Moreno-Monsiváis ve ark.,2015). Oysa bu uygulamalar, hastaların hastalıklarını yönetebilmesi, tedaviye uyum sağlayabilmesi ve evde bakım sürecini sürdürebilmesi açısından kritik öneme sahiptir. Jones ve arkadaşlarının derlemesinde, karşılanamayan bakımın hasta memnuniyetinde azalma, bakım kalitesinde düşüş ve istenmeyen olaylarda artış ile ilişkili olduğu vurgulanmıştır (Jones ve ark., 2015).

2.2. Karşılanamayan hemşirelik bakımını etkileyen faktörler nelerdir?

Kalisch (2006), karşılanamayan hemşirelik bakımına yol açan nedenleri yedi tema altında toplamıştır. Literatür incelendiğinde, Karşılanamayan Hemşirelik Bakımı (KHB) Ölçeği (MISSCARE Survey) kullanılarak yapılan çalışmalarda bu nedenlerin genel olarak üç ana başlık altında ele alındığı görülmektedir: iş gücü kaynakları, malzeme kaynakları ve iletişim (Çimen, 2019; Zencir & Eşer, 2015; Güleşen, 2022).

2.2.1. İş Gücü Kaynakları

İş gücü kaynakları, doğrudan hemşire sayısı ve iş gücü dağılımı ile ilişkilidir. Literatürde, hemşire sayısındaki yetersizlik karşılanamayan bakımın en önemli nedenlerinden biri olarak belirtilmektedir (İlaslan & Yıldırım Şişman, 2019; Kalisch ve ark., 2011). Çalışmalar, hemşirelerin vardiya boyunca hasta sayısının fazla olduğunu ve servislerde yeterli sayıda hemşire bulunmadığını ifade ettiklerini göstermektedir (Kalisch & Williams, 2009; İlaslan & Yıldırım Şişman, 2019).

Hemşire başına düşen hasta sayısının artması, hastaya ayrılan bakım süresinin azalmasına neden olmakta ve bu durum karşılanamayan bakım oranını artırmaktadır (Kalisch & Williams, 2009; Kalisch ve ark., 2011). Artan iş yükü ve hasta sayısı, yalnızca bakımın aksamasına değil, aynı zamanda ihmal hataları ve tıbbi hataların artmasına da yol açmaktadır (Taşkıran Eskici & Baykal, 2021). Bununla birlikte, hemşire sayısındaki yetersizlik; hasta mortalite oranlarında artış, bakım kalitesinde düşüş ve olumsuz hasta sonuçları ile ilişkilendirilmektedir (İlaslan & Yıldırım Şişman, 2019).

2.2.2. Malzeme Kaynakları

Malzeme ve ekipman kaynakları da karşılanamayan bakımın önemli belirleyicileri arasında yer almaktadır. İlaslan ve Yıldırım Şişman (2019), bakımın karşılanamama nedenleri arasında malzeme ve cihazların uygun şekilde çalışmamasını önemli bir faktör olarak belirtmiştir. Bunun yanı sıra, gerekli ilaçların bulunmaması da malzeme kaynakları kapsamında değerlendirilmektedir (Güleşen, 2022).

Malzeme ve ekipmanların ihtiyaç duyulan anda yetersiz olması, hemşirelerin bakım uygulamalarını gerçekleştirmesini zorlaştırmakta ve bazı durumlarda etik ikilemlere yol açmaktadır. Bu durum, hemşirelerin gerekli bakımın tamamını sunamamasına neden olmaktadır (Kılınç, 2020). Yapılan bir çalışmada hemşireler karşılanamayan bakımın nedeni olarak malzeme ve cihazların gerektiği şekilde çalışmamasını göstermiştir (Kartal ve ark., 2022).

Connolly ve arkadaşları da hem hemşirelerin hem de yaşlı hastaların bakış açısını değerlendirerek kaynak yetersizliği ve artan bakım gereksinimlerinin temel bakımın karşılanmasını zorlaştırdığını vurgulamıştır (Connolly ve ark., 2025).

2.2.3. İletişim

Ekip içi iletişim, kaliteli ve güvenli bakımın sağlanmasında kritik bir unsurdur. Dünya Sağlık Örgütü (2011), hasta güvenliğinin tüm ülkeler için ortak bir sorun olduğunu ve sağlık profesyonelleri arasındaki iletişim eksikliklerinin hastalara zarar verebileceğini vurgulamaktadır.

İlaslan ve Yıldırım Şişman (2019) tarafından yapılan çalışmada hemşireler, ekip üyelerinden yeterli destek alamamayı, diğer destek birimleriyle iletişim kopukluğunu, hemşireler arası iletişim sorunlarını hekimlerle yaşanan iletişim problemlerini karşılanamayan bakımın nedeni olarak belirtmiştir. Bu bulgular, iletişim sorunlarının bakımın sürekliliğini ve koordinasyonunu olumsuz etkilediğini göstermektedir.

Ayrıca, ekip çalışmasının güçlü olduğu ortamlarda karşılanamayan bakımın daha az görüldüğü bildirilmektedir (Kalisch & Lee, 2010). Bu durum, etkili ekip çalışması ve iletişimin bakım kalitesini artırmada önemli bir rol oynadığını ortaya koymaktadır.

Genel olarak değerlendirildiğinde, karşılanamayan hemşirelik bakımının daha çok zaman, süreklilik ve doğrudan hasta etkileşimi gerektiren uygulamalarda ortaya çıktığı görülmektedir. Buna karşılık ilaç uygulamaları gibi daha teknik, protokole dayalı ve kayıt altına alınması zorunlu girişimlerin daha düşük oranda ihmal edildiği bildirilmektedir. Hemşire sayısındaki yetersizlik ve artan iş yükü ise karşılanamayan bakımın en önemli belirleyicileri arasında yer almakta olup, sistematik derleme bulguları düşük hemşire istihdamı ile karşılanamayan bakım arasında anlamlı bir ilişki olduğunu ortaya koymaktadır (Griffiths ve ark., 2018) İletişim hem bakımın kaçırılmasının nedenlerinden biri hem de bunu azaltmanın en önemli aracıdır. Hastalarla kısa süreli bile olsa, sohbet etmek, hastaların memnuniyetsizliği ve kaygısı gibi ilişki eksikliğinin olumsuz sonuçlarını azaltabilir (Amalina ve ark., 2020). İletişimin, hemşirelik bakımının kaçırılmasını önlemek ve hemşirelik yöneticilerinin bakım temellerini yeniden kurma kritik gereksinimlerini karşılamak için önemli bir araç olabileceği öne sürülmüştür (Gülcek, 2022).

2.3. Karşılanamayan hemşirelik bakımının sonuçlarının hasta, hemşire ve sağlık sistemi üzerine etkileri nelerdir?

Hemşirelik bakımını kaçırmak hastalar, hemşireler ve sağlık kurumları için olumsuz sonuçlar doğurabilir (Janatolmakan & Khatony, 2022).

Hastaların ihtiyaçları ile mevcut, çoğu zaman da sınırlı olan kaynaklar arasında denge kurmak her zaman kolay değildir. Bu nedenle hemşireler, hangi bakımı önce yapacaklarına karar vermek zorunda kalır ve bazı bakım uygulamaları bu süreçte ertelenebilir ya da tamamen atlanabilir (Suhonen &Scott, 2018).

Aslında karşılanamayan bakım, çoğu zaman "yapılması gereken bir şeyi yapamama" durumudur. Bu da hastalar açısından çeşitli olumsuz sonuçlara yol açabilir. Örneğin, bakımın eksik kalması hastaların düşme riskini artırabilir. Özellikle hastanın hareket ettirilmemesi (ambulasyonun kaçırılması) basınç yaraları, zatürre, yaraların geç iyileşmesi ve daha fazla ağrı yaşanması gibi sorunlara neden olabilir (Kalisch & Xie,2014; Bail & Grealish, 2016).
Bu yüzden karşılanamayan hemşirelik bakımı, hasta güvenliğini doğrudan etkileyen önemli bir konu olarak görülmektedir (Cho ve ark., 2019).
Hemşire eksikliğinin, karşılanamayan hemşirelik bakımı ile yakından ilişkili olduğu ve bu durumun hemşireler üzerinde ek iş yükü oluşturarak işten ayrılma ya da işten ayrılma niyetini artırdığı literatürde vurgulanmaktadır. Literatürde, hemşirelerin karşılanamayan hemşirelik bakımının sonuçlarına ilişkin deneyimlerinin incelenmesi sonucunda; ahlaki sıkıntı, iş doyumunda azalma, hemşirelik bakımının kalitesinde düşüş, hasta memnuniyetsizliği, işten ayrılma niyeti, personel değişimi, devamsızlık, hastane itibarı/kredibilitesinde azalma ve hastane maliyetlerinde artış gibi sonuçların ortaya çıktığı bildirilmektedir (Janatolmakan & Khatony, 2022)
Sağlık kuruluşları için, karşılanamayan hemşirelik bakımı, uzun süreli hastaneye yatışlar, artan tekrar yatışlar ve yoğun bakım hizmetlerine olan talebin artması nedeniyle daha yüksek maliyetlere yol açar (Papastavrou & Suhonen, 2021).

3. SONUÇ

Karşılanamayan hemşirelik bakımı, hasta güvenliği ve bakım kalitesi açısından önemli bir sorundur. Bu sorunun azaltılması için hemşire sayısının artırılması, çalışma koşullarının iyileştirilmesi ve ekip içi iletişimin güçlendirilmesi gerekmektedir.
Ayrıca, hemşirelerin karşılanamayan bakımı bildirmeleri teşvik edilmeli ve sistem temelli çözümler geliştirilmelidir. Sağlık kurumlarında düzenli değerlendirmeler yapılarak bakım kalitesi izlenmeli ve gerekli iyileştirmeler sağlanmalıdır.

KAYNAKLAR

Alfuqaha, O. A., Alhalaiqa, F. N., Alqurneh, M. K., & Ayed, A. (2023). Missed nursing care before and during the COVID-19 pandemic: A comparative cross-sectional study. *International Nursing Review*, 70(1), 100–110. https://doi.org/10.1111/inr.12795

Amalina, S. F., Rachmawaty, R., Ilkafah, I., & Erfina, E. (2020). Patient experiences of nurse caring behaviors based on Swanson's theory in Indonesian hospital. *Enfermeria Clinica*, 30(Suppl 2), 332–336. https://doi.org/10.1016/j.enfcli.2019.07.113

Baek, H. et al. (2023) Nursing teamwork is essential in promoting patient-centered care: a cross-sectional study. BMC Nursing, 22(1), 433. https://doi.org/10.1186/s12912-023-01592-3.

Bail, K., & Grealish, L. (2016). 'Failure to maintain': A theoretical proposition for a new quality indicator of nursing care. *Journal of Advanced Nursing, 72*(5), 1032–1041.

Ball, J. E., Murrells, T., Rafferty, A. M., Morrow, E., & Griffiths, P. (2014). 'Care left undone' during nursing shifts: Associations with workload and perceived quality of care. *BMJ Quality & Safety, 23*(2), 116–125.

Ball, J. E., et al. (2018). Post-operative mortality, missed care and nurse staffing in nine countries: A cross-sectional study. *International Journal of Nursing Studies, 78*, 10–15.

Carthon, J.M. et al. (2015) The quality of hospital work environments and missed nursing care is linked to heart failure readmissions: a cross-sectional study of US hospitals. *BMJ Quality & Safety*, 24(4), 255–263. https://doi.org/10.1136/bmjqs-2014-003346

Chaboyer W, Harbeck E, Lee BO, Grealish L. Missed nursing care: an overview of reviews. Kaohsiung J Med Sci. 2021;37(2):82–91. https://doi.org/10.1002/kjm2.12308.

Cho S-H, You SJ, Song KJ, Hong KJ. Nurse staffing, nurses prioritization, missed care, quality of nursing care, and nurse outcomes. *Int J Nurs Pract*. 2019;e12803. doi:10.1111/ijn.12803

Connolly, A., Matthews, A., & Kirwan, M. (2025). Nurses' and older patients' perspectives on missed nursing care contextualised within the Fundamentals of Care Framework. International Journal of Nursing Studies Advances, 100452.

Çimen, A. (2019). Trakya bölgesindeki kamu ve üniversite hastanelerinde çalışan hemşirelerin karşılayamadıkları bakım ve nedenleri (Yayımlanmamış yüksek lisans tezi). Trakya Üniversitesi, Edirne. Türkiye.

De Veer, A.J.E. et al. (2012) Determinants of moral distress in daily nursing practice: a cross sectional correlational questionnaire survey. International Journal of Nursing Studies, 50(1), 100–108. https://doi.org/10.1016/j.ijnurstu.2012.08.017

Dutra CKDR, Salles BG, Guirardello EB. Situations and reasons for missed nursing care in medical and surgical clinic units. Situações E razões para a omissão do cuidado de enfermagem em unidades de clínica médica e cirúrgica. Volume 53. Revista da Escola de Enfermagem da U S P; 2019. p. e03470. https://doi.org/10.1590/S1980-220X2017050203470.

Ergezen, F. D., & Kol, E. (2021). Karşılanamayan hemşirelik bakımı. *Journal of Education and Research in Nursing, 18*(4), 467–472.

Gong, F., Mei, Y., Wu, M., & Tang, C. (2025). Global reasons for missed nursing care: A systematic review and meta-analysis. *International Nursing Review, 72*(1), e13096.

Griffiths, P., et al. (2018). Nurse staffing, nursing assistants and hospital mortality: Retrospective longitudinal cohort study. *BMJ Quality & Safety, 27*(8), 609–617.

Gustafsson, N., Leino-Kilpi, H., Prga, I., Suhonen, R., Stolt, M., & RANCARE consortium COST Action – CA15208. (2020). Missed care from the patient's perspective – A scoping review. *Patient Preference and Adherence*, 14, 383–400. https://doi.org/10.2147/PPA.S238024

Gülcek, E. (2022). Missed nursing care: An overview. *MAS Journal of Applied Science*, 7(3), 670–676. https://doi.org/10.5281/zenodo.6828969

Güleşen, G. (2022). Hemşirelik bakımında önemli bir kavram: karşılanamayan hemşirelik bakımı ve nedenleri. Türkiye Sağlık Bilimleri ve Araştırmaları Dergisi, 5(1), 42-49.

Imam A, Obiesie S, Gathara D, Aluvaala J, Maina M, English M. Missed nursing care in acute care hospital settings in low-income and middle-income countries: a systematic review. Hum Resour Health. 2023;21(1):19. https://doi.org/10.1186/s12960-023-00807-7.

İlaslan, N, & Yıldırım Şişman, N. (2019). Bir üniversite hastanesinde hemşirelerin karşılanmayan hemşirelik bakım gereksinimi miktarı ve nedenlerine yönelik değerlendirmeleri. Çukurova Medical Journal. 44(4), 1226-1236.

Jackson, D. (2023). Missed nursing care, low-value activities and cultures of busyness. *Journal of Advanced Nursing, 79*(5), 1–3.

Janatolmakan, M., & Khatony, A. (2022). Explaining the consequences of missed nursing care from the perspective of nurses: A qualitative descriptive study in Iran. *BMC Nursing*, 21(1), 59. https://doi.org/10.1186/s12912-022-00839-9

Jones, T. L., Hamilton, P., & Murry, N. (2015). Unfinished nursing care, missed care, and implicitly rationed care: State of the science review. *International Journal of Nursing Studies, 52*(6), 1121–1137. https://doi.org/10.1016/j.ijnurstu.2015.02.012

Kalánková, D., et al. (2020). Missed nursing care in Europe: Prevalence, causes, and outcomes. *Journal of Nursing Management, 28*(4), 1–10.

Kalisch, B. J. (2006). Missed nursing care: A qualitative study. *Journal of Nursing Care Quality, 21*(4), 306–313.

Kalisch, B. J., Landstrom, G., & Hinshaw, A. S. (2009). Missed nursing care: A concept analysis. *Journal of Advanced Nursing, 65*(7), 1509–1517.

Kalisch, B. J., Xie, B., & Dabney, B. W. (2014). Patient-reported missed nursing care correlated with adverse events. *American Journal of Medical Quality*, 29(5), 415–422. https://doi.org/10.1177/106286061350

Kalisch, B.J., & & Williams, R.A. (2009). Development and psychometric testing of a tool to measure missed nursing care. The Journal of Nursing Administration, 39(5), 211-219.

Kalisch, B.J., Tschannen, D., & Lee, H.K. (2011). Do staffing levels predict missed nursing care? International Journal for Quality in Health Care. 23(3), 302–308.

Karadaş, A., Ergün, S., & Kaynak, S. (2024). Relationship between missed nursing care and patients' trust in nurses and satisfaction with care: A cross-sectional study. Nursing & Health Sciences, 26(3), e13149.

Kartal, H., Çamlıca, T., & Özkan, A. (2022). Yoğun bakımlarda karşılanmayan hemşirelik bakımı ve etkileyen etmenlerin incelenmesi. Sağlık ve Hemşirelik Yönetimi Dergisi. 9(2), 322-333.

Kearns, A. J. (2020). "Ought implies can" & missed care. *Nursing Philosophy*, *21*(1), e12272.. https://doi.org/10.1111/nup.12272.

Kılınç, F. (2020). Yoğun bakım hemşirelerinde etik iklim algısı ve bakım kalitesi ilişkisi (yayımlanmamış yüksek lisans tezi). Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi, Tekirdağ. Türkiye.

Lopez-Dicastillo O, Zabaleta-Del-Olmo E, Mujika A, Antoñanzas-Baztán E, Hernantes N, Pumar-Méndez MJ. Missed nursing care in health promotion: raising awareness. J Nurs Adm Manag. 2020;28(8):1997–2000. https://doi.org/10.1111/jonm.13016.

Mainz, H. et al. (2024) Prevalence of missed nursing care and its association with work experience: a cross-sectional survey. *International Journal of Nursing Studies Advances*, 6, 100196. https://doi.org/10.1016/j.ijnsa.2024.100196

Mantovan F, Muzzana C, Schubert M, Ausserhofer D. It's about how we do it, not if we do it. Nurses' experiences with implicit rationing of nursing care in acute care hospitals: a descriptive qualitative study. Int J Nurs Stud. 2020;109:103688. https://doi.org/10.1016/j.ijnurstu.2020.103688

Mehrabian, F. et al. (2023) Missed nursing care during the COVID-19 pandemic in educational and medical centers in Northern Iran: a cross-sectional study. *Journal of Nursing and Midwifery Sciences*, 10(1), 10. https://doi.org/10.5812/jnms-134379

Menéndez, C. et al. (2020) Quality of care and maternal mortality in a tertiary-level hospital in Mozambique: a retrospective study of clinicopathological discrepancies. *The Lancet Global Health*, 8(7), e965–e972. https://doi.org/10.1016/S2214-109X(20)30236-9

Moreno-Monsiváis, M. G., et al. "Missed Nursing Care in Hospitalized Patients." *Aquichan*, vol. 15, 2015, pp. 318-328. https://doi.org/10.5294/aqui.2015.15.3.2

Özsaban, A., & Acaroğlu, R. (2022). A conceptual overview of missed nursing care: A Delphi study. *Journal of Health and Nursing Management, 9*(3), 475–487.

Papastavrou, E., & Suhonen, R. (Eds.). (2021). *Impacts of rationing and missed nursing care: Challenges and solutions: RANCARE Action*. Springer Nature.

Perals, P.O. et al. Quality of care and patient satisfaction: Future trends and economic implications for the healthcare system. *Journal of Economic Surveys*. https://doi.org/10.1111/joes.12657

Peter KA, Gerlach M, Kilcher G, Bürgin R, Hahn S, Golz C. Extent and predictors of presenteeism among healthcare professionals working in Swiss hospitals, nursing homes and home care organizations. Sci Rep. 2023;13(1):12042. https://doi.org/10.1038/s41598-023-39113-6.

Rahmani, P., Tavani, F. M., Sheikhalipour, Z., Behshid, M., & Khodayari, M. T. (2022). The relationship between attitude of nurses toward the patient safety and missed nursing care: a predictive study. Journal of healthcare quality research, 37(3), 138-146.

Recio-Saucedo, A., et al. (2018). What impact does nursing care left undone have on patient outcomes? *International Journal of Nursing Studies, 77*, 82–89. https://doi.org/10.1111/jocn.14058

Rahmah, N. M., Hariyati, R. T. S., Sekarsari, R., & Pakasi, T. (2022). The factor associated with missed nursing care in hospital: A systematic review. *Open Access Macedonian Journal of Medical Sciences*, 10(F), 563–570. https://doi.org/10.3889/oamjms.2022.9719

Schubert, M., Glass, T. R., Clarke, S. P., Aiken, L. H., Schaffert-Witvliet, B., & De Geest, S. (2008). Rationing of nursing care and its relationship to patient outcomes. *International Journal for Quality in Health Care, 20*(4), 227–237.

Suhonen R, Scott A. Missed care: a need for careful ethical discussion. *Nurs Ethics*. 2018;25(5):458–551. doi:10.1177/0969733018790837

Taşkıran Eskici, G., & Bayka,l Ü. (2021). Karşılanmayan hemşirelik bakımı. Sağlık ve Hemşirelik Yönetim Dergisi. 8(1), 104 110

Zeleníková, R., et al. (2020). Missed nursing care in the Czech Republic: A cross-sectional study. *Journal of Nursing Management, 28*(7), 1–9. https://doi.org/10.3390/ijerph17113805

Zencir, G., & Eşer, İ. (2015). Hemşirelikte yeni bir kavram: karşılanamayan hemşirelik bakımı. Ege Üniversitesi Hemşirelik Fakültesi Dergisi. 31(1), 83-94.

HEMODİYALİZ HASTALARINDA ÖZBAKIMIN DESTEKLENMESİNDE HEMŞİRELİK YAKLAŞIMLARI: GÜNCEL LİTERATÜR IŞIĞINDA BİR DERLEME

NURSING APPROACHES TO SUPPORT SELF-CARE IN HEMODIALYSIS PATIENTS: A REVIEW IN LIGHT OF CURRENT LITERATURE

Master Student. Ece ERSOY
Çukurova Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü
ORCID: 0009-0000-4107-2789

Assoc. Prof. Dr. Pınar YEŞİL DEMİRCİ
Çukurova Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Fakültesi
ORCID: 0000-0003-2227-6078

Abstract
Hemodialysis is one of the primary treatment modalities that helps maintain life in individuals with end-stage renal failure (ESRF). However, this treatment process requires not only regular attendance at dialysis units but also necessitates the patient to take responsibility for various aspects of daily life, such as nutrition, fluid intake, medication use, vascular access care, and symptom management. Therefore, strengthening self-care among hemodialysis patients is a critical nursing priority to ensure treatment adherence and prevent complications. This review examines current nursing approaches to supporting self-care in hemodialysis patients and evaluates their impact on patient outcomes. The literature indicates that nursing interventions supporting self-care primarily focus on key areas such as technology-supported education, theory-based interventions, and structured patient training. In particular, mobile applications, digital platforms, and video-based education are reported to be more effective than traditional verbal education in improving self-care behaviors and biochemical indicators. Furthermore, interventions grounded in theoretical frameworks such as Orem's Self-Care Theory, the Health Belief Model, and the 5A Self-Management Model have been reported to enhance patients' self-efficacy and self-care capacity. Nurse-led, face-to-face, and planned education has been shown to increase patients' knowledge levels and promote more active participation in the treatment process regarding nutrition, fluid restriction, medication adherence, and fistula care.
Additionally, structured education programs are reported to support quality of life, reduce symptom burden, and improve patients' self-care agency. In conclusion, supporting self-care in hemodialysis patients is a fundamental component of nursing care. It is recommended that clinical practice places a greater emphasis on technology-supported, theory-based, and nurse-led structured programs.
Keywords: Hemodialysis, Self-Care, Nursing Approaches, Quality of Life, Self-Efficacy.

Özet
Hemodiyaliz, son dönem böbrek yetmezliği (SDBY) olan bireylerde yaşamın sürekliliğini sağlayan temel tedavi yöntemlerinden biridir. Ancak bu tedavi süreci yalnızca belirli aralıklarla diyaliz ünitesine devam etmeyi değil, aynı zamanda hastanın günlük yaşamında beslenme, sıvı alımı, ilaç kullanımı, damar yolu bakımı ve semptom yönetimi gibi birçok alanda sorumluluk üstlenmesini de gerektirmektedir. Bu nedenle hemodiyaliz hastalarında öz bakımın güçlendirilmesi, tedaviye uyumun sağlanması ve komplikasyonların önlenmesi açısından önemli bir hemşirelik bakım alanı olarak değerlendirilmektedir. Bu derlemede, hemodiyaliz hastalarında öz bakımın desteklenmesine yönelik güncel hemşirelik yaklaşımlarının ve bu yaklaşımların hasta sonuçlarına yansımalarının incelenmesi amaçlanmıştır. Literatürde öz bakımı destekleyen hemşirelik yaklaşımları, teknoloji destekli eğitimler, kuramsal temelli müdahaleler ve yapılandırılmış hasta eğitimleri gibi temel alanlarda yoğunlaşmaktadır. Özellikle mobil uygulamalar, dijital platformlar ve video tabanlı eğitimlerin, geleneksel sözlü eğitime kıyasla öz bakım davranışlarını ve biyokimyasal göstergeleri iyileştirmede daha etkili olabileceği belirtilmektedir. Bununla birlikte, Orem'in Öz Bakım Teorisi, Sağlık İnanç Modeli ve 5A Öz Yönetim Modeli gibi kuramsal çerçevelere dayanan müdahaleler, hastaların öz yeterlilik algısını ve öz bakım kapasitesini artırmada yararlıdır. Hemşireler tarafından yürütülen yüz yüze ve planlı eğitimlerin; beslenme, sıvı kısıtlaması, ilaç uyumu ve fistül bakımı gibi konularda hastaların bilgi düzeyini artırdığı ve tedavi sürecine daha etkin katılım sağladığı görülmektedir.

Ayrıca yapılandırılmış eğitim programları yaşam kalitesini desteklemekte, semptom yükünü azaltmakta ve hastaların öz bakım gücünü artırmaktadır. Sonuç olarak, hemodiyaliz hastalarında öz bakımın desteklenmesi, hemşirelik bakımının temel bileşenlerinden biridir. Klinik uygulamalarda teknoloji destekli, kuramsal dayanağı olan ve hemşire liderliğinde yürütülen yapılandırılmış programlara daha fazla yer verilmesi önerilmektedir.
Anahtar kelimeler: Hemodiyaliz, Öz Bakım, Hemşirelik Yaklaşımları, Yaşam Kalitesi, Öz Yeterlilik.

GİRİŞ

Kronik böbrek yetmezliği nedeniyle hemodiyaliz tedavisi gören bireyler; diyet kontrolü, sıvı kısıtlaması ve karmaşık farmakolojik rejimler gibi yüksek düzeyde uyum gerektiren klinik süreçlerle karşı karşıyadır. Bu süreçlerin etkin yönetilememesi; diyaliz seansları arasında aşırı kilo artışı, sistemik komplikasyonlar ve hastanede yatış sürelerinde artış gibi olumsuz sonuçlara yol açabilmektedir. Bu nedenle öz bakım, hemodiyaliz hastalarında tedaviye uyumun sürdürülmesi, komplikasyonların önlenmesi ve bireyin hastalık sürecini günlük yaşamına entegre edebilmesi açısından temel bir hemşirelik önceliği olarak değerlendirilmektedir (Aromataris ve ark., 2024). Öz bakım; bireyin hastalığa ilişkin bilgi, beceri ve sorumluluklarını kullanarak semptomlarını izlemesini, tedavi gerekliliklerini yerine getirmesini ve sağlık davranışlarını sürdürebilmesini kapsayan dinamik bir süreçtir. Hemodiyaliz hastalarında öz bakımın desteklenmesi yalnızca bireysel davranış değişikliğini değil, aynı zamanda hasta eğitimi, danışmanlık, izlem, motivasyonel destek ve multidisipliner iş birliğini içeren bütüncül hemşirelik yaklaşımlarını gerektirmektedir. Günümüzde öz bakımı desteklemek amacıyla teknolojik müdahaleler ön plana çıkmaktadır. Beslenme veri tabanları, gıda kayıt sistemleri ve kişiselleştirilmiş geri bildirim sunan mobil uygulamalar; hastaların fosfor, sodyum ve albümin gibi kritik biyokimyasal belirteçlerini düzenlemede etkili olmaktadır (Birge,2017). Ayrıca telehemşirelik ve hibrit takip modelleri, özellikle orta yaşlı ve yaşlı yetişkinlerde beslenme durumunu iyileştiren ve öz yeterliliği artıran stratejiler olarak dikkat çekmektedir (Amelia Pernas ve ark.,2025). Eğitim yöntemlerinin etkinliği üzerine yapılan karşılaştırmalı çalışmalar, hemşire liderliğinde yürütülen programların önemini vurgulamaktadır.

Hemodiyaliz hastalarında öz bakımın güçlendirilmesine yönelik hemşirelik yaklaşımları; teknoloji odaklı mobil uygulamalardan teorik temelli eğitim modellerine, hemşire liderliğindeki yapılandırılmış programlardan multimedya destekli müdahalelere kadar geniş bir yelpazede ele alınmakta ve hastaların öz yeterliliklerini artırarak biyokimyasal parametrelerini iyileştirmeyi, komplikasyon riskini azaltmayı ve yaşam kalitelerini geliştirmeyi hedeflemektedir.Bu derlemenin amacı, hemodiyaliz tedavisi gören bireylerde öz bakımın desteklenmesine yönelik güncel hemşirelik yaklaşımlarını; teknoloji destekli uygulamalar, telehemşirelik, yapılandırılmış eğitim programları, multimedya destekli müdahaleler ve teori temelli modeller çerçevesinde incelemektir (Chen ve ark., 2019).

LİTERATÜR BULGULARI

Hemodiyaliz tedavisi gören bireylerde öz bakımın desteklenmesine yönelik müdahaleler literatürde genel olarak teknoloji destekli uygulamalar, kuramsal temelli eğitim modelleri, yapılandırılmış hemşirelik programları ve multimedya destekli girişimler çerçevesinde ele alınmaktadır. Hemodiyaliz hastalarında yetersiz beslenme yaygındır ve bu durum ölüm oranını artırarak yaşam kalitesini önemli ölçüde etkileyebilmektedir.Zhu ve arkadaşları (2024) tarafından yapılan sistematik derlemede, hemodiyaliz tedavisi gören orta yaşlı ve yaşlı yetişkinlerde öz bakımı teşvik eden ve beslenme durumunu iyileştiren teknolojik hemşirelik müdahaleleri incelenmiştir. Derlemede teknoloji odaklı öz bakım müdahalelerinin beş temel boyutta ele alındığı görülmektedir. Bunlar; beslenme veri tabanları, gıda kayıt sistemleri ve kişiselleştirilmiş geri bildirim özelliklerine sahip mobil uygulamalar ve dijital platformlar, sosyal medya ve sohbet tabanlı iletişim kullanan e-öğrenme ve sanal eğitim uygulamaları, yüz yüze görüşme, telefon ve SMS iletişimini içeren hibrit takip modeli kapsamında yürütülen telehemşirelik uygulamaları, multidisipliner ekip içinde geri bildirim ve görsel öğrenme yöntemleriyle desteklenen beslenme odaklı eğitim stratejileri ve tedaviye uyum ile laboratuvar belirteçlerini değerlendiren kapsamlı değerlendirme araçlarıdır. İncelenen çalışmalarda özellikle biyokimyasal belirteçler ve beslenme durumu üzerinde olumlu sonuçlar bildirildiği görülmektedir.

Sekiz çalışmada fosfor, sodyum, potasyum, kalsiyum, demir, albümin, üre ve hemoglobin gibi biyokimyasal belirteçlerde ve beslenme durumunda iyileşme saptanırken; üç çalışmada öz yeterlilikte artış, iki çalışmada ise yaşam kalitesinde iyileşme bildirilmiştir. Bu bulgular, teknoloji destekli uygulamalar ile yüz yüze eğitimin bütünleştirilmesinin hemodiyaliz hastalarında beslenme durumunu iyileştirme, tedaviye uyumu artırma ve yetersiz beslenmeyi önleme açısından kapsamlı stratejilerin önemini ortaya koyduğunu göstermektedir. Riegel ve ark.'nın (2015) öz bakım yaklaşımına göre öz bakım, kronik hastalık yönetiminde bireyin sağlığını koruma, hastalık belirtilerini izleme, tedaviye uyum sağlama ve hastalığın günlük yaşam üzerindeki etkilerini yönetme süreci olarak ele alınmaktadır. Hemodiyaliz hastalarında öz bakım; ilaç tedavisine uyum, diyet ve sıvı kısıtlamasına uyma, semptomları izleme, vasküler erişim bakımını sürdürme, komplikasyonları erken fark etme ve tedavi sürecine aktif katılım sağlama gibi çok boyutlu davranışları kapsamaktadır. Bu bağlamda literatürde öz bakım davranışlarını geliştirmeye yönelik farklı eğitim, danışmanlık ve izlem müdahalelerinin kullanıldığı görülmektedir. Kuramsal temelli müdahaleler kapsamında Zhang ve ark. (2019) tarafından yapılan çalışmada Sağlık İnanç Modeli'ne dayalı hemşirelik eğitiminin hastaların öz bakım yeteneğini anlamlı düzeyde artırdığı; Ramezani ve ark. (2018) tarafından yapılan çalışmada, öz yeterlilik kuramına dayalı eğitimin öz bakımın farklı boyutlarında anlamlı iyileşmeler sağladığı; Pirayandeh ve ark. (2023) tarafından yapılan çalışmada ise, 5A modeline dayalı programın hemodiyaliz hastalarının öz bakım yeteneğini anlamlı düzeyde geliştirdiği bildirilmiştir. Multimedya eğitimi, mobil yazılım uygulamaları ve yapılandırılmış uzun süreli eğitim müdahaleleri kapsamında Wang ve ark. (2011) tarafından yapılan çalışmada, etkileşimli multimedya CD'si ile verilen eğitimin öz bakım bilgisi ve davranışlarını anlamlı düzeyde artırdığı; Hosseini ve ark. (2023) tarafından yapılan çalışmada, mobil eğitim uygulamasının öz bakım davranışlarında kademeli ve anlamlı iyileşme sağladığı; Sahan ve arkadaşları tarafından yapılan çalışmada video eğitiminin öz bakım davranışlarını geliştirmede sözlü eğitime göre daha etkili olduğu; Lee ve ark. (2012) tarafından yapılan çalışmada, dört haftalık öz bakım yönetim programının öz bakım davranışlarını anlamlı düzeyde artırdığı; Sousa ve ark. (2015) tarafından yapılan çalışmada ise, yapılandırılmış öz bakım müdahalesinin semptom yönetimini ve komplikasyonların önlenmesini iyileştirdiği bildirilmiştir. Hemodiyaliz hastalarında öz bakım davranışlarını iyileştirmeye yönelik bir diğer müdahale kategorisi yapılandırılmış eğitim ve uzun süreli izlem müdahaleleridir. Lee ve ark. (2012) tarafından yapılan yarı deneysel çalışmada, dört haftalık yapılandırılmış öz yönetim programı uygulanmıştır. Program kapsamında 90 dakikalık grup tartışmaları, 10 dakikalık eğitim videoları ve hemodiyalize ilişkin kapsamlı bir öz yönetim kitapçığı kullanılmıştır. Çalışmada kontrol grubuna yalnızca beslenme danışmanlığı verilmiş; üç ay sonraki değerlendirmede müdahale grubunda öz bakım davranışları ve öz yeterlilik düzeylerinde iyileşme olduğu bildirilmiştir. Bu bulgular, yapılandırılmış öz yönetim programlarının hastaların hedef belirleme, yeni koşullara uyum sağlama ve davranış değişikliği geliştirme süreçlerini destekleyebileceğini göstermektedir. Sousa ve ark. (2015) tarafından yapılan çalışmada ise arteriyovenöz fistül bakımına yönelik yapılandırılmış bir öz bakım müdahalesi uygulanmıştır. Müdahale kapsamında arteriyovenöz fistülün genel özellikleri, son dönem böbrek yetmezliğindeki önemi, fistül fonksiyonunun izlenmesi, enfeksiyon ve tromboz gibi komplikasyonların önlenmesi ve erken fark edilmesi konularında teorik eğitim verilmiş; ayrıca hastaların öğrendikleri bilgileri anlama ve uygulama düzeyleri pratik eğitim stratejileriyle değerlendirilmiştir. Bu yaklaşımın, hastaların olası komplikasyonları tanıma ve yönetme becerilerini geliştirmeyi hedeflediği belirtilmiştir. Kitapçık ve yüz yüze eğitim müdahaleleri kapsamında Dilbilir ve ark. (2024) tarafından yapılan çalışmada, dört haftalık eğitim kitapçığının müdahale grubundaki hastaların öz bakım puanlarını artırdığı bildirilmiştir. Bayati ve ark. (2018) tarafından yapılan üç gruplu karşılaştırmalı çalışmada ise hemşire liderliğinde yüz yüze eğitim, akran eğitimi ve kitapçık/broşür temelli eğitim yaklaşımları karşılaştırılmıştır. Çalışma sonuçlarına göre hemşire liderliğinde yürütülen eğitimin, akran eğitimi ve kitapçık/broşür temelli eğitime göre öz bakım puanlarında daha belirgin artış sağladığı bildirilmiştir. Bu sonuç, hemodiyaliz hastalarında öz bakım eğitiminin anlaşılır, bireysel gereksinimlere uygun ve hemşire rehberliğinde soru-cevap etkileşimine olanak sağlayacak biçimde yürütülmesinin önemini ortaya koymaktadır.Birge (2017) tarafından yapılan çalışmada, hemodiyaliz hastalarına üç ay süreyle "Hemodiyaliz Hastalarının Yaşadıkları Sorunlara Yönelik Hemşirelik Eğitim Rehberi" kullanılarak yüz yüze eğitim verilmiştir. Eğitim kapsamında fistül/kateter bakımı, beslenme, ilaç kullanımı, egzersiz ve psikolojik sorunlar ele alınmıştır.

Çalışmada, eğitim öncesinde hastaların öz bakım gücü ve yaşam kalitesi düzeylerinin orta düzeyde olduğu belirlenmiş; eğitim sonrasında ise hastaların yaşam kalitesi puan ortalamalarında artış gözlenmiştir. Özellikle "Semptom/Problem Listesi", "Böbrek Hastalığının Etkisi" ve "Böbrek Hastalığının Yükü" alt boyutlarında anlamlı iyileşmeler saptanmıştır. Ayrıca eğitim girişimleri sonrasında öz bakım gücünün ilaç kullanımı, diyet, kendini izleme ve hijyenik bakım alt boyutlarında puan artışı sağlandığı; diyete uyumsuzluk, ilaç tedavisine uyumsuzluk ve tuz tüketimi oranlarında azalma olduğu bildirilmiştir. Bu bulgular, planlı hemşirelik eğitiminin hemodiyaliz hastalarında öz bakım gücünü, tedaviye uyumu ve yaşam kalitesini olumlu yönde etkileyebileceğini göstermektedir.

SONUÇ

Hemodiyaliz tedavisi gören bireylerde öz bakımın desteklenmesine yönelik çalışmaların sentezi, yapılandırılmış hemşirelik müdahalelerinin hastaların tedaviye uyumunu, öz bakım becerilerini ve yaşam kalitesini geliştirmede önemli bir role sahip olduğunu göstermektedir. Literatür bulguları, özellikle Sağlık İnanç Modeli, Öz Yeterlilik Kuramı ve 5A Modeli gibi kuramsal temellere dayalı eğitim programlarının hastaların öz yönetim kapasitesini ve tedavi sürecine aktif katılımını artırabileceğini ortaya koymaktadır.

Teknoloji destekli uygulamalar, mobil sağlık araçları, etkileşimli multimedya materyalleri ve telehemşirelik yaklaşımları, hemodiyaliz hastalarında öz bakım davranışlarının geliştirilmesi açısından güncel ve etkili stratejiler arasında yer almaktadır. Bu girişimlerin özellikle beslenme durumunun izlenmesi, biyokimyasal parametrelerin yönetimi, tedaviye uyumun artırılması ve hasta eğitiminde sürekliliğin sağlanması açısından yararlı olduğu görülmektedir.

Hemşire liderliğinde yürütülen planlı eğitimlerin ise arteriyovenöz fistül bakımı, semptom yönetimi, diyet ve sıvı kısıtlamasına uyum, ilaç kullanımı ve komplikasyonların erken fark edilmesi gibi alanlarda hastaların bilgi ve becerilerini geliştirdiği bildirilmektedir. Bu doğrultuda hemodiyaliz ünitelerinde görev yapan hemşirelerin, yalnızca bilgi aktarımına dayalı klasik eğitim yaklaşımları yerine, hasta gereksinimlerine göre yapılandırılmış, kuramsal temelli, teknoloji destekli ve sürdürülebilir eğitim modellerini bakım süreçlerine entegre etmeleri önem taşımaktadır.

Gelecekte yapılacak çalışmalarda, hemodiyaliz hastalarında öz bakım davranışlarını güçlendirmeye yönelik hibrit müdahalelerin uzun dönemli klinik sonuçlar, yaşam kalitesi, tedaviye uyum ve maliyet etkinliği üzerindeki etkilerinin daha geniş örneklem gruplarıyla değerlendirilmesi önerilmektedir

KAYNAKLAR

Aromataris, E., Lockwood, C., Porritt, K., Pilla, B., & Jordan, Z. (2024). *JBI manual for evidence synthesis*. JBI. https://doi.org/10.46658/JBIMES-24-01

Birge, Z. (2017). *Hemodiyaliz hastalarına verilen eğitiminin öz bakım gücü ve yaşam kalitesine etkisi* [Yüksek lisans tezi, Atatürk Üniversitesi]. Sağlık Bilimleri Enstitüsü.

Chen, T. K., Knicely, D. H., & Grams, M. E. (2019). Chronic kidney disease diagnosis and management: A review. *JAMA*, *322*(13), 1294–1304. https://doi.org/10.1001/jama.2019.14745

Cockwell, P., & Fisher, L. A. (2020). The global burden of chronic kidney disease. *The Lancet*, *395*(10225), 662–664. https://doi.org/10.1016/S0140-6736(19)32977-0

Dai, L. L., Li, W. L., Zheng, DF., Wang, W. H., Xie, H. F., & Ma, J. W. (2022). Prevalence and management recommendations for disease-related malnutrition in chronic kidney disease patients with and without diabetes. *International Journal of Endocrinology*, *2022*, Makale 4419486. https://doi.org/10.1155/2022/4419486

Fiaccadori, E., Sabatino, A., Barazzoni, R., Carrero, J. J., Cupisti, A., De Waele, E., et al. (2021). ESPEN guideline on clinical nutrition in hospitalized patients with acute or chronic kidney disease. *Clinical Nutrition*, *40*(4), 1644–1668. https://doi.org/10.1016/j.clnu.2021.01.028

Flythe, J. E., Dorough, A., Narendra, J. H., Wingard, R. L., Dalrymple, L. S., & DeWalt, D. A. (2019). Development and content validity of a hemodialysis symptom patient-reported outcome measure. *Quality of Life Research*, *28*(1), 253–265. https://doi.org/10.1007/s11136-018-2000-7

Fonseca, C., Ramos, A., Pinho, L. G., Morgado, B., Oliveira, H., & Lopes, M. (2022). Functional profile of older adults hospitalized in rehabilitation units of the National Network of Integrated Continuous Care of Portugal: A longitudinal study. *Journal of Personalized Medicine*, *12*(11), 1937. https://doi.org/10.3390/jpm12111937

Foreman, K. J., Marquez, N., Dolgert, A., Fukutaki, K., Fullman, N., McGaughey, M., et al. (2018). Forecasting life expectancy, years of life lost, and all-cause and cause-specific mortality for 250 causes of death: Reference and alternative scenarios for 2016-40 for 195 countries and territories. *The Lancet*, *392*(10159), 2052–2090. https://doi.org/10.1016/S0140-6736(18)31694-5

GBD Chronic Kidney Disease Collaboration. (2020). Global, regional, and national burden of chronic kidney disease, 1990-2017: A systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2017. *The Lancet*, *395*(10225), 709–733. https://doi.org/10.1016/S0140-6736(20)30045-3

Jafari-Koulaee, A., Heidari, T., & Jafari, H. (2020). A review on self-care-promoting interventions in hemodialysis patients. *Journal of Nursing and Midwifery Sciences*, *7*(3), 209-218. https://doi.org/10.4103/JNMS.JNMS_4_20

Kalantar-Zadeh, K., Jafar, T. H., Nitsch, D., Neuen, B. L., & Perkovic, V. (2021). Chronic kidney disease. *The Lancet*, *398*(10302), 786–802. https://doi.org/10.1016/S0140-6736(21)00519-5

Kidney Disease: Improving Global Outcomes CKD Work Group. (2024). KDIGO 2024 clinical practice guideline for the evaluation and management of chronic kidney disease. *Kidney International*, *105*(4S), S117–S314. https://doi.org/10.1016/j.kint.2023.10.018

Ku, E., Lee, B. J., Wei, J., & Weir, M. R. (2019). Hypertension in CKD: Core curriculum 2019. *American Journal of Kidney Diseases*, *74*(1), 120–131. https://doi.org/10.1053/j.ajkd.2018.12.044

MacLaughlin, H. L., Friedman, N. A., & Ikizler, T. A. (2022). Nutrition in kidney disease: Core curriculum 2022. *American Journal of Kidney Diseases*, *79*(3), 437–449. https://doi.org/10.1053/j.ajkd.2021.05.024

Nopsopon, T., Kantagowit, P., Chumsri, C., Towannang, P., Wechpradit, A., Aiyasanon, N., et al. (2022). Nurse-based educational interventions in patients with peritoneal dialysis: A systematic review and meta-analysis. *International Journal of Nursing Studies Advances*, *4*, Makale 100102. https://doi.org/10.1016/j.ijnsa.2022.100102

Page, M. J., McKenzie, JE., Bossuyt, P. M., Boutron, I., Hoffmann, T. C., Mulrow, C. D., et al. (2021). The PRISMA 2020 statement: An updated guideline for reporting systematic reviews. *PLoS Medicine*, *18*(3), e1003583. https://doi.org/10.1371/journal.pmed.1003583

Piccoli, G. B., Cederholm, T., Avesani, C. M., Bakker, S. J. L., Bellizzi, V., Cuerda, C., et al. (2023). Nutritional status and the risk of malnutrition in older adults with chronic kidney disease - Implications for low protein intake and nutritional care: A critical review endorsed by ERN-ERA and ESPEN. *Clinical Nutrition*, *42*(4), 443–457. https://doi.org/10.1016/j.clnu.2023.01.018

Rout, P., & Aslam, A. (2025). End-stage renal disease. *StatPearls*. StatPearls Publishing. https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK499861/

Saglimbene, V. M., Su, G. B., Wong, G., Natale, P., Ruospo, M., Palmer, S. C., et al. (2021). Dietary intake in adults on hemodialysis compared with guideline recommendations. *Journal of Nephrol*, *34*(6), 1999–2007. https://doi.org/10.1007/s40620-020-00962-3

Satish, A., Agrohi, J., Rangaswamy, D., Prabhu, R. A., Nagaraju, S. P., Rao, I. R., et al. (2025). Dialysis in the elderly: A practical guide for the clinician. *International Journal of Nephrology*, *2025*(1), Makale 9538115. https://doi.org/10.1155/ijne/9538115

Sousa, C. N., Apostolo, J. L. A., Figueiredo, M. H. J. S., Dias, V. F. F., Teles, P., Martins, M. M., et al. (2015). Construction and validation of a scale of assessment of self-care behaviors with arteriovenous fistula in hemodialysis. *Hemodialysis International*, *19*(2), 306–313. https://doi.org/10.1111/hdi.12249

Stevens, L. A., Viswanathan, G., & Weiner, D. E. (2010). Chronic kidney disease and end-stage renal disease in the elderly population: Current prevalence, future projections, and clinical significance. *Advances in Chronic Kidney Disease*, *17*(4), 293–301.

Varol, E., & Karaca Sivrikaya, S. (2018). Kronik böbrek yetmezliğinde yaşam kalitesi ve hemşirelik. *Düzce Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, *8*(2), 89-96. https://dergipark.org.tr/en/download/article-file/504947

Vinhas, J., Aires, I., Batista, C., Branco, P., Brandão, J., Nogueira, R., et al. (2020). RENA study: Cross-sectional study to evaluate CKD prevalence in Portugal. *Nephron*, *144*(10), 479–487. https://doi.org/10.1159/000508678

Zhu, J., Li, X., & Wang, Y. (2024). Technological nursing interventions on nutritional status of middle-aged and older adults undergoing hemodialysis: A systematic review. *Journal of Clinical Nursing, 33*(12), 4350-4365. https://doi.org/10.1111/jocn.17061

PULMONER ARTERİYEL HİPERTANSİYONUNDA KLİNİK KÖTÜLEŞMENİN ÖNGÖRÜLMESİ

PREDICTING CLINICAL DETERIORATION IN PULMONARY ARTERIAL HYPERTENSION

Res. Asst. Leyla Senem ÜN
Adıyaman University, Faculty of Health Sciences, Department of Internal Medicine Nursing, Adıyaman, Türkiye
ORCID: 0009-0001-0007-112

Doç. Dr. Zehra ESKİMEZ
Çukurova University, Faculty of Health Sciences, Department of Fundamentals of Nursing, Adana, Türkiye
ORCID: 0000-0002-8268-835X

Prof. Dr. Songül KARADAĞ
Çukurova University, Faculty of Health Sciences, Department of Internal Medicine Nursing, Adana, Türkiye
ORCID: 0000-0002-1939-2986

ÖZET

Pulmoner arteriyel hipertansiyon, pulmoner vasküler vazokonstrüksiyon ve yapısal değişiklikler ile seyreden ilerleyici bir hastalıktır. Semptomları genellikle sağ ventrikül disfonksiyonu ile birlikte görülmektedir. Klinik kötüleşme sonucunda hastaneye yatışlar, akciğer nakli ve ölüm görülebilmektedir. Klinik kötüleşmenin öngörülebilmesi etkin tedavinin sağlanabilmesi açısından önem arz etmektedir. Bu derlemede klinik kötüleşme için güncel yaklaşımlar incelenmiştir. Klinik kötüleşmenin belirlenebilmesi için; klinik parametreler (ör. 6 dakika yürüme testi), hemodinamik parametreler (ör. Kardiyak indeks), görüntüleme (ör. Kardiyak manyetik rezonans görüntüleme), biyobelirteçler (ör. N-terminal pro–B tipi natriüretik peptid), kullanılmaktadır. Ayrıca birçok değişkenin entegrasyonu ile skor sistemleri de (ör. REVEAL skorlaması) bulunmaktadır. Son dönemde makine öğrenmesi, yapay zeka temelli uygulamalar ve uzaktan takip sistemleri ile hasta izlemi gibi teknoloji tabanlı uygulamalar da klinik kötüleşmenin öngörülmesinde etkili uygulamalar olarak bildirilmiştir. Makine öğrenmesi ve yapay zeka temelli uygulamalarda geleneksel yaklaşımların birlikte kullanımı ile tahmin sistemleri oluşturulmakta hasta izleminde ise pulmoner arter basıncı monitörü gibi giyilebilir teknolojilerin kullanımı ile günlük takip yapılabilmektedir. Geleneksel yaklaşımlarla birlikte teknoloji temelli uygulamaların kullanımının klinik kötüleşmenin tahmininde daha etkili olacağı düşünülmektedir. Pulmoner arteriyel hipertansiyonun yönetiminde multidisipliner bir ekip olarak çalışmak gerekmektedir ve hemşireler de bu ekibin önemli bir parçasıdır. Hastalığın erken fark edilmesi, sürekli değerlendirme, tedavi etkinliği ve tedaviye uyumun izlenmesi gibi yönetimde pek çok noktada hemşireler görev almaktadır.

Anahtar Kelimeler: Pulmoner Arteriyel Hipertansiyon, Hastalık Progresyonu, Yapay Zeka, Hasta İzlemi, Hemşirelik

ABSTRACT

Pulmonary arterial hypertension is a progressive disease characterized by pulmonary vascular vasoconstriction and structural changes. Symptoms are typically associated with right ventricular dysfunction. Clinical deterioration can lead to hospitalizations, lung transplantation, and death. Predicting clinical deterioration is crucial for ensuring effective treatment. This review examines current approaches to clinical deterioration. To identify clinical deterioration, various tools are utilized, including clinical parameters (e.g., 6-minute walk test), hemodynamic parameters (e.g., cardiac index), imaging (e.g., cardiac magnetic resonance imaging), and biomarkers (e.g., N-terminal pro-B-type natriuretic peptide). Additionally, scoring systems (e.g., the REVEAL score) that integrate multiple variables are available. Recently, technology-based applications such as machine learning, artificial intelligence-based tools, and remote monitoring systems for patient surveillance have been reported as effective methods for predicting clinical deterioration.

In machine learning and AI-based applications, prediction systems are being developed by combining traditional approaches, while in patient monitoring, daily follow-up is possible using wearable technologies such as pulmonary artery pressure monitors. It is believed that the use of technology-based applications in conjunction with traditional approaches will be more effective in predicting clinical deterioration. Managing pulmonary arterial hypertension requires a multidisciplinary team approach, and nurses play a vital role in this team. Nurses are involved in many aspects of care, including early detection of the disease, ongoing assessment, and monitoring treatment effectiveness and adherence.
Keywords: Pulmonary Arterial Hypertension, Disease Progression, Artificial İntelligence, Patient Monitoring, Nursing

1. GİRİŞ

Pulmoner arteriyel hipertansiyonu, pulmoner vasküler daralma ve yapısal değişiklikler ile karakterize tedavi edilmediği takdirde kalp yetmezliği ile seyreden ilerleyici bir hastalıktır (Boucly et al., 2023). Sağ ventrikül disfonksiyonu geliştiğinde ise solunum güçlüğü, halsizlik ve senkop gibi yaşam kalitesini düşüren durumlar gelişmektedir (Choi et al., 2023).

2. Pulmoner Arteriyel Hipertansiyonun Patofizyolojisi

Pulmoner arteriyel hipertansiyonunda vasküler yapının geri dönüşü sınırlı bir şekilde değişmesi hastalığın temelini oluşturmaktadır. Vasküler yapının değişimi ise pulmoner vasküler endotelinde akut ve kronik inflamasyonlar gibi faktörlerin süreç içerisinde morfolojik değişikliklere neden olması ile meydana gelmektedir. Bu süreçte nitrik oksit azalması, vazokonstrüktör etkisi olan Endotelin 1 artması gibi faktörlerde hastalığın ortaya çıkışında ve ilerlemesinde rol oynamaktadır (Marinho et al., 2024).

3. Pulmoner Arteriyel Hipertansiyonunda Klinik Kötüleşme

Pulmoner arteriyel hipertansiyonunda klinik kötüleşme; 6 dakikalık yürüme testinde kapasite düşüşü, semptomların kötüleşmesi ve tedavi değişikliğinin birlikte görülmesi veya intravenöz prostanoidlere ihtiyaç duyulması, akciğer nakli ve ölüm şeklinde değerlendirilebilmektedir (D'Alto et al., 2018). Ancak klinik kötüleşmede en sık karşılaşılan durum semptomların kötüleşmesi ve hastaneye yatışın gerekmesiyle ilişkilidir. Akciğer nakli gibi daha kötü prognozu gösteren durumlar daha nadirdir. Klinik kötüleşmenin erken tanımlanması önemlidir çünkü tedavi etkinlikleri klinik prognozu değiştirebilmektedir. Erken tespit ve devamında erken müdahale ile mortalite oranlarının düşürülebileceği öngörülmektedir (Tremblay et al., 2022).

4. Sonlanım Ölçütleri

Primer sonlanım: Pulmoner arteriyel hipertansiyon primer sonlanım noktası çalışmalarda genellikle 6 dakikalık yürüme testi olarak kabul edilmiştir. Ancak özellikle kısa vade değerlendirmede (3-4 ay) 6 dakikalık yürüme testi prognoz hakkında yanıltıcı bilgiler vermektedir (Savarese et al., 2012). Bu nedenle sonuçların değerlendirilmesinde bileşik sonlanım noktaları kullanılmaktadır.

Bileşik sonlanım noktaları: Primer sonlanımın aksine bileşik sonlanım kavramı birçok parametrenin birlikte değerlendirilmesiyle klinik kötüleşme ve mortalite riskini daha iyi tahmin edebilmektedir (Tremblay et al., 2022).

5. Klinik Parametreler ile Öngörü

Semptomlar: Pulmoner arteriyel hipertansiyonunda belirtiler spesifik değildir ve genelde sağ ventrikül disfonksiyonu ile ilişkilidir. Öncelikle eforla gelen semptomlar evrenin ilerlemesiyle beraber dinlenme esnasında da meydana gelmektedir. Bu semptomlardan bazıları; dispne, yorgunluk, anjina ve senkoptur (Galiè et al., 2016).

Fonksiyonel sınıf (WHO-FC): Fonksiyonel sınıflama Dünya Sağlık Örgütü tarafından bildirilen bir sınıflama olup 4 kategoriden oluşmaktadır. Sınıflamanın temeli, hastaların fiziksel aktivite kapasiteleri ve fiziksel aktivite esnasında yaşadıkları dispne ve senkop gibi belirtilerden oluşmaktadır (Barst et al., 2004).

6 dakika yürüme testi: Hastaların egzersiz kapasitelerinin değerlendirilmesi için yapılan 6 dakikalık yürüme testi; yürünebilen mesafe, yaşanan semptomlar, satürasyon ve nabız değerlendirmesi gibi farklı parametrelerle değerlendirilebilmektedir (Lu et al., 2023). Örneğin test bitiminden bir dakika sonraki

nabzın normale dönmesi ile ilişkili prognoz tahmini hakkındaki bir çalışmada klinik prognoz için kesme noktası 18 atım olarak belirlenmiş olup bir dakika içerisinde nabzın en az 18 atım azalması gerektiği bildirilmiştir (Rezende et al., 2022). Başka bir çalışmada egzersiz esnasında oksijen satürasyonun 90'ın altına düşmesi veya başlangıç zamanına göre %4 azalma olması klinik kötüleşme ile ilişkili bulunmuştur (Choi et al., 2023).

6. Hemodinamik Parametreler

Sağ kalp kateterizasyonu bulguları pulmoner arteriyel hipertansiyonunda hemodinamik parametrelerdir. Pulmoner arter basıncı, pulmoner arter uyumluluğu, pulmoner vasküler direnç, sağ atriyal basınç, pulmoner arter kama basıncı, vuru hacimleri, kardiyak debi, kardiyak indeks bu parametrelerden bazılarıdır (D'Alto et al., 2018). Yapılan bir çalışmaya göre PAH'ın prognozunu tahmin etmeyi bağımsız bir şekilde sağlayan iki hemodinamik parametre vuru hacmi indeksi ve sağ atriyal basınçtır. Vuru hacmi indeksi, kardiyak indeksin kalp hızına oranı ile hesaplanmaktadır. Kullanımda önerilen hemodinamik parametre kardiyak indekstir ancak çalışmaya göre kardiyak indeks düşük risk gösterse bile vuru hacmi indeksindeki değişiklik kötü prognozu gösterebilmektedir ve vuru hacmi indeksi daha hassastır (Weatherald et al., 2018).

7. Görüntüleme ve Hemodinamik Değerlendirme Testi

Kardiyak MR: Kardiyak MR ile sağ ventrikül fonksiyonu ve hacminin değerlendirilmesi klinik kötüleşme hakkında tahmin sağlayabilmektedir. Ejeksiyon fraksiyonunda her %1'lik azalmanın ortalama iki yıllık takip süresi içerisinde klinik kötüleşme ihtimalini %4,9 oranında arttırdığı tespit edilmiştir. Değerlendirilen diğer parametreler ise sağ ventrikül sistol ve diyastol sonu hacim indeksidir ancak sol ventriküldeki değişikliklerin klinik kötüleşmenin öngörülmesinde etkisi olmadığı bildirilmiştir (Alabed et al., 2021).

Ekokardiyografi: Ekokardiyografi tanı ve prognozda kullanılabilen invaziv olmayan yöntemlerden biridir. EKG'de triküspit regürjitasyon tepe hızı, pulmoner arter sistolik basınç ve daha güncel önerilerden sağ ventrikül longitudinal strain, sağ atriyum strain gibi bazı indekslerin prognozu öngörmede etkili olabileceği bildirilmektedir (Kadoglou et al., 2024).

Sıvı Yükleme Testi: Sıvı yükleme testi; sağ kalp kateterizasyonu esnasında 7 mL/kg dozunda hızlı salin uygulanması ile sağ ventrikülün ön yük rezervi tahmin edilmektedir. (D'Alto et al., 2018; D'Alto et al., 2017) Kateterizasyon ile elde edilen hemodinamik değerler ile klinik kötüleşme değerlendirilmekte olup kardiyak indeksin <2,8 L/min/m² olarak bulunması klinik kötüleşme için bağımsız bir parametre olarak tespit edilmiştir. Ayrıca sıvı yükleme testinin egzersiz ile yapılan değerlendirmeden daha konforlu olduğu düşünülmektedir(D'Alto et al., 2018).

8. Biyobelirteçler

BNP / NT-proBNP: N-terminal pro–B tipi natriüretik peptid (NTproBNP) kardiyomiyositlerden salgılanmaktadır ve kalpte yükün artması ve ventriküllerdeki duvarın gerilmesi ile ilişkilidir(Lewis et al., 2020). Tanı esnasında sıklıkla kullanılan bir biyobelirteçtir ve takip için de daha sık kullanılması önerilmektedir(Hendriks et al., 2022).

Troponin: Pulmoner arteriyel hipertansiyonunda sağ ventrikül disfonksiyonu gibi kardiyak değişiklikler hastalığın klinik olarak kötüleştiğinin göstergelerindendir. Yüksek duyarlılıklı Troponin ise kardiyak prognozda bozulmayı göstermektedir ve bu nedenle pulmoner arteriyel hipertansiyonun klinik durumu hakkında bilgi verebileceği düşünülmektedir (Ganipineni et al., 2024).

Diğer biyobelirteçler: Pulmoner arteriyel hipertansiyonun tanı, prognoz ve tedavisinde kullanılmak üzere çeşitli biyobelirteçler tanımlanmıştır. Prognoz değerlendirmesinde kullanılabilecek biyobelirteçler arasında ANP (atriyal natriüretik peptid), interlökin-6, interlökin-8 ve interlökin-10 (IL-6, IL-8, IL-10), sST2, hipokloremi, homosistein, endostatin, Activin A, follistatin-like protein 3 (FSTL3) ve kolin yer almaktadır. ANP düzeyleri yalnızca pulmoner arteriyel hipertansiyonda değil, sistemik skleroz gibi basınç yükü ile seyreden diğer hastalıklarda da artış gösterebilmektedir. Diğer biyobelirteçlerde de benzer durumlar görülebilmektedir. Ayrıca bu biyobelirteçler hakkında oldukça az çalışma olması nedeniyle kanıt düzeyleri düşüktür (Correale et al., 2024).

9. Çok Parametreli Skor Sistemleri

REVEAL skoru: Bu skorlama sistemi en kapsamlı değerlendirmeyi sağlayan skorlama sistemidir. Değerlendirilen parametrelerde hastalığın alt tipi, demografik özellikler ve eşlik eden hastalıklar, NYHA/WHO Fonksiyonel Sınıf, hayati bulgular, 6 Dakika Yürüme Testi, biyobelirteçler, Ekokardiyografi, solunum fonksiyon testleri, hemodinamik parametrelerin değerlendirilmesi ile doğrusal bir bileşen hesaplanmaktadır ve hastalar risk durumlarına göre 5 kategoriye ayrılmaktadır (Benza et al., 2010).

REVEAL 2.0 Lite Skoru: REVEAL skorunun güncellenmiş ve kısaltılmış versiyonudur. 6 parametreyi içermektedir. Bu parametreler; fonksiyonel sınıf, hayati bulgular, 6 dakikalık yürüme mesafesi (6MWD), BNP, NT-proBNP ve glomerüler filtrasyon hızıdır. Klinik kötüleşme ile en ilişkili parametre ise aralarından NT-proBNP biyobelirteci olduğu bildirilmiştir (Benza et al., 2021).

COMPERA yaklaşımı: Bu yaklaşımda fonksiyonel sınıf, 6 dakikalık yürüme mesafesi ve NT-proBNP olmak üzere 3 değişken değerlendirilmektedir. Elde edilen verilerle ise hastalar mortalite risklerine göre 4 sınıfa ayrılmaktadır (Hoeper et al., 2022).

10. Yeni Yaklaşımlar ve Gelecek Perspektifler

Yapay zeka ve makine öğrenmesi ile öngörü

Klinik öngörü için kullanılan parametrelerin yapay zeka ve makine öğrenmesi ile entegre edilmesiyle pulmoner hipertansiyonun tanısı, klinik prognozu ve tedavisi hakkında öngörülerde bulunulabilmektedir. Güncel bir alan olmasına karşın literatürde bu konu hakkında pek çok çalışma bulunmaktadır. Yapılan sistematik bir incelemede ekokardiyografi, bilgisayarlı tomografi, manyetik rezonans görüntüleme gibi tekniklerle prognozu öngörebilmektedir (Attaripour Esfahani et al., 2025). Örneğin kardiyak manyetik rezonans cihazı ile demografik veriler ve biyobelirteçler gibi verileri entegre kullanarak yapay zeka tabanlı bir modellemede ortalama pulmoner arter basıncının tahmin edilmesi sağlanabilmekte böylece invaziv girişim yapılamayan hastalarda alternatif bir yol olarak kullanılabileceği öngörülmektedir(Zeng et al., 2025). Yapılan pilot bir çalışmada ise prognozun tahmini için yapay zeka tabanlı bir platform geliştirilmiştir. Bu platform doktorların da klinikte kullanabileceği şekilde tasarlanmıştır. Uygulama birçok parametreden 9 tanesini belirleyip 4 yıllık sağ kalım ve transplantasyon riskini tahmin edebileceğini bildirmektedir (Kheyfets et al., 2023).

Dijital sağlık ve uzaktan izlem

Pulmoner arteriyel hipertansiyonu olan hastaların uzaktan takip sistemleri ile de klinik kötüleşmeleri öngörülebilmektedir. Örneğin hastalara pulmoner arter basıncı monitörü ve yerleştirilebilir kardiyak monitör kullanılarak günlük değerlendirmeler yapılabilmektedir. Bu şekilde izlem yapılan bir çalışmada klinik kötüleşmeyi 30 gün öncesinden tahmin edebildiği ortaya koyulmuştur (Middleton et al., 2022). Bir başka çalışmada pulmoner arter basıncı monitörü ve yerleştirilebilir kardiyak monitör, akıllı saatler ve yapılandırılmış hastane tabanlı yürüme testleri ile uzaktan izlem yapılabildiği ve hastaların klinik durumlarının izlenebildiği belirtilmiştir (Rothman et al., 2025).

Pulmoner arteriyel hipertansiyonun yönetiminde hemşirelik bakımı

Hastalığın semptomlarının fark edilmesi ve erken teşhisin sağlanması hastalık ilerlemeden ve sağ ventrikül yetmezliğine gitmeden müdahale edilmesini sağlar. Düzenli olarak risk taramasının yapılıp hastanın tedavisinin uygunluğunun dinamik şekilde değerlendirilmesi gerekmektedir. Hastaların özellikle tedaviye uyumunun değerlendirilmesi de önem arz etmektedir. Hemşireler pulmoner arteriyel hipertansiyonun yönetilmesinde multidisipliner bir ekiple çalışmaktadır. (Lynn & Wilson, 2023).

12. SONUÇ

Pulmoner arteriyel hipertansiyon morbidite ve mortaliteye neden olan bir hastalıktır. Klinik kötüleşmenin öngörülmesi tedavi optimizasyonu ve hasta yönetimi açısından önemlidir. Güncel kanıtlar biyobelirteçler, hemodinamik ve klinik parametreler gibi geleneksel belirteçlerin yanında son dönemde teknolojinin gelişmesiyle birlikte yapay zeka, makine öğrenmesi ve giyilebilir teknolojilerle doğruluk düzeyi daha yüksek sonuçlar alınabileceği öngörülmektedir.

KAYNAKLAR

Alabed, S., Shahin, Y., Garg, P., Alandejani, F., Johns, C. S., Lewis, R. A., Condliffe, R., Wild, J. M., Kiely, D. G., & Swift, A. J. (2021). Cardiac-MRI Predicts Clinical Worsening and Mortality in Pulmonary Arterial Hypertension: A Systematic Review and Meta-Analysis. *JACC Cardiovasc Imaging*, *14*(5), 931-942. https://doi.org/10.1016/j.jcmg.2020.08.013

Attaripour Esfahani, S., Baba Ali, N., Farina, J. M., Scalia, I. G., Pereyra, M., Abbas, M. T., Javadi, N., Bismee, N. N., Abdelfattah, F. E., Awad, K., Ibrahim, O. H., Sheashaa, H., Barry, T., Scott, R. L., Ayoub, C., & Arsanjani, R. (2025). A Comprehensive Review of Artificial Intelligence (AI) Applications in Pulmonary Hypertension (PH). *Medicina (Kaunas)*, *61*(1). https://doi.org/10.3390/medicina61010085

Barst, R. J., McGoon, M., Torbicki, A., Sitbon, O., Krowka, M. J., Olschewski, H., & Gaine, S. (2004). Diagnosis and differential assessment of pulmonary arterial hypertension. *J Am Coll Cardiol*, *43*(12 Suppl S), 40s-47s. https://doi.org/10.1016/j.jacc.2004.02.032

Benza, R. L., Kanwar, M. K., Raina, A., Scott, J. V., Zhao, C. L., Selej, M., Elliott, C. G., & Farber, H. W. (2021). Development and Validation of an Abridged Version of the REVEAL 2.0 Risk Score Calculator, REVEAL Lite 2, for Use in Patients With Pulmonary Arterial Hypertension. *Chest*, *159*(1), 337-346. https://doi.org/10.1016/j.chest.2020.08.2069

Benza, R. L., Miller, D. P., Gomberg-Maitland, M., Frantz, R. P., Foreman, A. J., Coffey, C. S., Frost, A., Barst, R. J., Badesch, D. B., Elliott, C. G., Liou, T. G., & McGoon, M. D. (2010). Predicting survival in pulmonary arterial hypertension: insights from the Registry to Evaluate Early and Long-Term Pulmonary Arterial Hypertension Disease Management (REVEAL). *Circulation*, *122*(2), 164-172. https://doi.org/10.1161/circulationaha.109.898122

Boucly, A., Gerges, C., Savale, L., Jaïs, X., Jevnikar, M., Montani, D., Sitbon, O., & Humbert, M. (2023). Pulmonary arterial hypertension. *La Presse Médicale*, *52*(3), 104168. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.lpm.2023.104168

Choi, J. H., Shin, M. J., Lee, B. J., & Park, J. H. (2023). Exercise-induced desaturation during a six-minute walk test is associated with poor clinical outcomes in patients with pulmonary arterial hypertension. *Clin Hypertens*, *29*(1), 33. https://doi.org/10.1186/s40885-023-00256-3

Correale, M., Tricarico, L., Bevere, E. M. L., Chirivì, F., Croella, F., Severino, P., Mercurio, V., Magrì, D., Dini, F., Licordari, R., Beltrami, M., Dattilo, G., Salzano, A., & Palazzuoli, A. (2024). Circulating Biomarkers in Pulmonary Arterial Hypertension: An Update. *Biomolecules*, *14*(5). https://doi.org/10.3390/biom14050552

D'Alto, M., Motoji, Y., Romeo, E., Argiento, P., Di Marco, G. M., Mattera Iacono, A., D'Andrea, A., Rea, G., Golino, P., & Naeije, R. (2018). Fluid challenge predicts clinical worsening in pulmonary arterial hypertension. *Int J Cardiol*, *261*, 167-171. https://doi.org/10.1016/j.ijcard.2018.03.020

D'Alto, M., Romeo, E., Argiento, P., Motoji, Y., Correra, A., Di Marco, G. M., Iacono, A. M., Barracano, R., D'Andrea, A., Rea, G., Sarubbi, B., Russo, M. G., & Naeije, R. (2017). Clinical Relevance of Fluid Challenge in Patients Evaluated for Pulmonary Hypertension. *Chest*, *151*(1), 119-126. https://doi.org/10.1016/j.chest.2016.08.1439

Galiè, N., Humbert, M., Vachiery, J. L., Gibbs, S., Lang, I., Torbicki, A., Simonneau, G., Peacock, A., Vonk Noordegraaf, A., Beghetti, M., Ghofrani, A., Gomez Sanchez, M. A., Hansmann, G., Klepetko, W., Lancellotti, P., Matucci, M., McDonagh, T., Pierard, L. A., Trindade, P. T.,…Hoeper, M. (2016). 2015 ESC/ERS Guidelines for the diagnosis and treatment of pulmonary hypertension: The Joint Task Force for the Diagnosis and Treatment of Pulmonary Hypertension of the European Society of Cardiology (ESC) and the European Respiratory Society (ERS): Endorsed by: Association for European Paediatric and Congenital Cardiology (AEPC), International Society for Heart and Lung Transplantation (ISHLT). *Eur Heart J*, *37*(1), 67-119. https://doi.org/10.1093/eurheartj/ehv317

Ganipineni, V. D. P., Jitta, S. R., Gudiwada, M., Jasti, J. R., Janga, C., Merugu, B., Bandaru, R. R., Puli, S., Venkata, V. S., Vasavada, A., & Desai, R. (2024). High-Sensitivity Cardiac Troponin [hs-cTn] as a Valuable Biomarker for Pulmonary Hypertension Risk Stratification: A Contemporary Review of the Literature. *Healthcare (Basel)*, *12*(20). https://doi.org/10.3390/healthcare12202037

Hendriks, P. M., van de Groep, L. D., Veen, K. M., van Thor, M. C. J., Meertens, S., Boersma, E., Boomars, K. A., Post, M. C., & van den Bosch, A. E. (2022). Prognostic value of brain natriuretic peptides in patients with pulmonary arterial hypertension: A systematic review and meta-analysis. *Am Heart J*, *250*, 34-44. https://doi.org/10.1016/j.ahj.2022.05.006

Hoeper, M. M., Pausch, C., Olsson, K. M., Huscher, D., Pittrow, D., Grünig, E., Staehler, G., Vizza, C. D., Gall, H., Distler, O., Opitz, C., Gibbs, J. S. R., Delcroix, M., Ghofrani, H. A., Park, D.-H., Ewert, R., Kaemmerer, H., Kabitz, H.-J., Skowasch, D.,…Rosenkranz, S. (2022). COMPERA 2.0: a refined four-stratum risk assessment model for pulmonary arterial hypertension. *European Respiratory Journal*, *60*(1), 2102311. https://doi.org/10.1183/13993003.02311-2021

Kadoglou, N. P. E., Khattab, E., Velidakis, N., Gkougkoudi, E., & Myrianthefs, M. M. (2024). The Role of Echocardiography in the Diagnosis and Prognosis of Pulmonary Hypertension. *J Pers Med*, *14*(5). https://doi.org/10.3390/jpm14050474

Kheyfets, V. O., Sweatt, A. J., Gomberg-Maitland, M., Ivy, D. D., Condliffe, R., Kiely, D. G., Lawrie, A., Maron, B. A., Zamanian, R. T., & Stenmark, K. R. (2023). Computational platform for doctor-artificial intelligence cooperation in pulmonary arterial hypertension prognostication: a pilot study. *ERJ Open Res*, *9*(1). https://doi.org/10.1183/23120541.00484-2022

Lewis, R. A., Durrington, C., Condliffe, R., & Kiely, D. G. (2020). BNP/NT-proBNP in pulmonary arterial hypertension: time for point-of-care testing? *European Respiratory Review*, *29*(156).

Lu, D., Cheng, C. Y., Zhu, X. J., Li, J. Y., Zhu, Y. J., Zhou, Y. P., Qiu, L. H., Cheng, W. S., Li, X. M., Mei, K. Y., Wang, D. L., Zhao, Z. Y., Wang, P. W., Zhang, S. X., Chen, Y. H., Chen, L. F., Sun, K., & Jing, Z. C. (2023). Heart Rate Response Predicts 6-Minutes Walking Distance in Pulmonary Arterial Hypertension. *Am J Cardiol*, *204*, 207-214. https://doi.org/10.1016/j.amjcard.2023.07.056

Lynn, H., & Wilson, M. (2023). Why Living with Pulmonary Arterial Hypertension Requires a Holistic Approach: A Patient and Clinician Perspective. *Pulm Ther*, *9*(1), 1-13. https://doi.org/10.1007/s41030-022-00213-9

Marinho, Y., Villarreal, E. S., Loya, O., & Oliveira, S. D. (2024). Mechanisms of lung endothelial cell injury and survival in pulmonary arterial hypertension. *Am J Physiol Lung Cell Mol Physiol*, *327*(6), L972-l983. https://doi.org/10.1152/ajplung.00208.2024

Middleton, J. T., Binmahfooz, S., Zafar, H., Patel, J., Giri, D., Battersby, C., Toshner, M., Reddy, A., Lewis, R., Condliffe, R., Elliot, C., Hameed, A., Charalampopoulos, A., Thompson, A., Kiely, D. G., & Rothman, A. M. (2022). Abstract 13553: Remote Monitoring of the Haemodynamic Response to Clinically Indicated Therapeutic Escalation and Clinical Worsening Events in Patients With Pulmonary Arterial Hypertension. *Circulation*, *146*(Suppl_1), A13553-A13553. https://doi.org/doi:10.1161/circ.146.suppl_1.13553

Rezende, C. F., Mancuzo, E. V., & Corrêa, R. A. (2022). Heart rate recovery in 1 minute after the 6-minute walk test predicts adverse outcomes in pulmonary arterial hypertension. *PLoS One*, *17*(5), e0268839. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0268839

Rothman, A. M. K., Middleton, J., Zafar, H., De Bie, E. M. D. D., Newman, J., Varian, F., Taylor, J., Hitchcock, F., Ashraf, C., Patel, J., Thompson, A. A. R., & Toshner, M. (2025). Remote Actigraphy Is Seasonally Variable with Implications for Clinical Monitoring. *medRxiv*, 2025.2005.2022.25328110. https://doi.org/10.1101/2025.05.22.25328110

Savarese, G., Paolillo, S., Costanzo, P., D'Amore, C., Cecere, M., Losco, T., Musella, F., Gargiulo, P., Marciano, C., & Perrone-Filardi, P. (2012). Do changes of 6-minute walk distance predict clinical events in patients with pulmonary arterial hypertension? A meta-analysis of 22 randomized trials. *J Am Coll Cardiol*, *60*(13), 1192-1201. https://doi.org/10.1016/j.jacc.2012.01.083

Tremblay, É., Gosselin, C., Mai, V., Lajoie, A. C., Kilo, R., Weatherald, J., Lacasse, Y., Bonnet, S., Lega, J. C., & Provencher, S. (2022). Assessment of Clinical Worsening End Points as a Surrogate for Mortality in Pulmonary Arterial Hypertension: A Systematic Review and Meta-Analysis of Randomized Controlled Trials. *Circulation*, *146*(8), 597-612. https://doi.org/10.1161/circulationaha.121.058635

Weatherald, J., Boucly, A., Chemla, D., Savale, L., Peng, M., Jevnikar, M., Jaïs, X., Taniguchi, Y., O'Connell, C., Parent, F., Sattler, C., Hervé, P., Simonneau, G., Montani, D., Humbert, M., Adir, Y., & Sitbon, O. (2018). Prognostic Value of Follow-Up Hemodynamic Variables After Initial

Management in Pulmonary Arterial Hypertension. *Circulation*, *137*(7), 693-704. https://doi.org/10.1161/circulationaha.117.029254

Zeng, Y., Ling, G., Zhang, H., Cao, W., Zheng, X., Deng, X., Lan, L., Sun, R., Liu, X., Tian, L., Xu, H., Wang, Z., & Zhang, G. (2025). Artificial intelligence-driven multivariate integration for pulmonary arterial pressure prediction in pulmonary hypertension. *NPJ Digit Med*, *9*(1), 56. https://doi.org/10.1038/s41746-025-02233-6

YENİDOĞAN YOĞUN BAKIM ÜNİTESİNDE TRAVMA BİLGİLİ BAKIM: BEBEK, AİLE VE BAKIM EKİBİ ODAĞINDA HEMŞİRELİK YAKLAŞIMI

TRAUMA-INFORMED CARE IN THE NEONATAL INTENSIVE CARE UNIT: A NURSING APPROACH FOCUSED ON INFANTS, FAM IL IES AND CARE TEAMS

Dr. Öğr. Üyesi Birgül ERDOĞAN
Kocaeli Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Fakültesi Hemşirelik Bölümü, Çocuk Sağlığı ve Hastalıkları Hemşireliği ABD, Kocaeli, Türkiye
ORCID: 0000-0001-9074-2646

Arş. Gör. Dr. Rukiye ÇELİK
Gazi Üniversitesi, Hemşirelik Fakültesi, Çocuk Sağlığı ve Hastalıkları Hemşireliği ABD, Ankara, Türkiye
ORCID: 0000-0002-0609-2693

ÖZET

Yenidoğan yoğun bakım ünitesi (YYBÜ), prematüre ya da kritik hastalığı olan yenidoğanların ileri teknolojik izlem ve yaşam destek uygulamaları aldığı özel bir bakım ortamıdır. Bununla birlikte YYBÜ, yalnızca yenidoğanın fizyolojik gereksinimlerinin karşılandığı bir klinik alan değil; bebekler, ebeveynler ve bakım ekibi için yoğun stres ve travmatik yaşantılarla ilişkili karmaşık bir bakım ortamıdır. Bebekler erken yaşam döneminde ağrılı girişimler, çevresel uyaranlar ve ebeveynden ayrılık gibi stresörlere maruz kalabilirken; ebeveynler belirsizlik, kontrol kaybı, ebeveynlik rolünde kesinti, anksiyete ve posttravmatik stres belirtileri yaşayabilmektedir. Bakım ekibi ise ağır hastalık, etik ikilemler, bebek kaybı ve ailelerin yoğun duygusal yüküne tanıklık etme nedeniyle ikincil travmatik stres ve tükenmişlik riski taşıyabilmektedir. Travma bilgili bakım, sağlık hizmeti sunumunda travmanın yaygınlığını ve bireylerin bakım deneyimleri üzerindeki etkilerini tanıyan; güvenlik, güvenilirlik, iş birliği, seçim hakkı, güçlendirme ve kültürel duyarlılık ilkelerine dayanan bütüncül bir yaklaşımdır. YYBÜ bağlamında bu yaklaşım, bebeğin ağrı ve stresinin azaltılmasını, ebeveynlerin bakım sürecine güvenli ve aşamalı biçimde katılımını, ebeveyn ruh sağlığı gereksinimlerinin erken fark edilmesini ve bakım ekibinin psikolojik güvenliğinin desteklenmesini içermektedir. Güncel literatür, YYBÜ ebeveynlerinde anksiyete, depresyon ve posttravmatik stres belirtilerinin yaygın olduğunu; psikososyal destek, ruh sağlığı taraması, aile merkezli bakım, kanguru bakımı ve travma bilgili iletişim stratejilerinin bu süreçte önemli katkılar sağlayabileceğini göstermektedir. Bu derlemede, YYBÜ'de travma bilgili bakım yaklaşımı bebek, aile ve bakım ekibi odağında ele alınmış; travma bilgili bakımın kavramsal temeli, YYBÜ deneyiminin travmatik boyutları, aile merkezli bakım ile ilişkisi, hemşirelik rolleri ve klinik uygulama önerileri güncel literatür doğrultusunda tartışılmıştır. Travma bilgili hemşirelik yaklaşımı; güvenli ilişki kurma, ebeveynlerin bakım sürecine katılımını destekleme, bebeğin travma duyarlı bakımını sağlama, ebeveyn ruh sağlığı gereksinimlerini fark etme ve ekip içinde travma bilgili bakım kültürünü güçlendirme rollerini kapsamaktadır. Sonuç olarak, YYBÜ'de travma bilgili bakımın benimsenmesi neonatal bakımın daha güvenli, şefkatli, aile odaklı, gelişimsel olarak duyarlı ve sürdürülebilir bir yapıya dönüşmesine katkı sağlayabilir.

Anahtar Kelimeler: Yenidoğan yoğun bakım ünitesi, travma bilgili bakım, ebeveyn ruh sağlığı, aile merkezli bakım, hemşirelik, posttravmatik stres.

ABSTRACT

The neonatal intensive care unit (NICU) is a specialized care environment where preterm or critically ill newborns receive advanced technological monitoring and life-support interventions. However, the NICU is not only a clinical setting in which the physiological needs of newborns are addressed, but also a complex care environment associated with intense stress and potentially traumatic experiences for infants, parents, and healthcare teams. While infants may be exposed to painful procedures, environmental stimuli, and separation from their parents during a highly vulnerable developmental period, parents may experience uncertainty, loss of control, disruption of the parental role, anxiety, and symptoms of post-traumatic stress.

Healthcare professionals may also be at risk of secondary traumatic stress and burnout due to repeated exposure to severe illness, ethical dilemmas, infant loss, and the emotional burden of families. Trauma-informed care is a holistic approach that recognizes the prevalence of trauma and its effects on individuals' healthcare experiences, and is grounded in the principles of safety, trustworthiness, collaboration, choice, empowerment, and cultural sensitivity. In the NICU context, this approach includes reducing infant pain and stress, supporting parents' safe and gradual participation in care, identifying parental mental health needs at an early stage, and promoting the psychological safety of the healthcare team. Current literature indicates that symptoms of anxiety, depression, and post-traumatic stress are common among NICU parents, and that psychosocial support, mental health screening, family-centred care, kangaroo care, and trauma-informed communication strategies may contribute positively to this process. This review discusses trauma-informed care in the NICU with a focus on infants, families, and care teams. It addresses the conceptual foundations of trauma-informed care, the traumatic dimensions of the NICU experience, its relationship with family-centred care, nursing roles, and clinical practice recommendations in light of current literature. Trauma-informed nursing practice includes establishing safe and trusting relationships, supporting parental participation in care, providing trauma-sensitive infant care, recognizing parental mental health needs, and strengthening a trauma-informed culture within the care team. In conclusion, adopting trauma-informed care in the NICU may contribute to transforming neonatal care into a safer, more compassionate, family-centred, developmentally sensitive, and sustainable model of care.
Keywords: Neonatal intensive care unit, trauma-informed care, parental mental health, family-centred care, nursing, post-traumatic stress.

GİRİŞ

Yenidoğan yoğun bakım ünitesi (YYBÜ), prematüre ya da kritik hastalığı olan yenidoğanların ileri düzey teknolojik izlem, invaziv girişimler, yaşam destek uygulamaları ve multidisipliner bakım aldığı özel bir klinik ortamdır. Bu ortam, yenidoğanın yaşamını sürdürmesi ve fizyolojik stabilizasyonunun sağlanması açısından hayati öneme sahip olmakla birlikte, bebekler, ebeveynler ve sağlık profesyonelleri için yoğun stres ve travmatik yaşantılarla ilişkilendirilebilen karmaşık bir bakım alanıdır. YYBÜ'de bebekler ağrılı girişimlere, çevresel uyaranlara ve ebeveynden ayrılığa maruz kalabilirken; ebeveynler beklenmedik doğum, bebeğin yaşamına ilişkin belirsizlik, ebeveynlik rolünde kesinti, kontrol kaybı ve yoğun kaygı yaşayabilmektedir. Bakım ekibi ise ağır hastalık, acil klinik kararlar, etik ikilemler, ailelerin yoğun duygusal yükü ve bebek kaybı gibi durumlarla karşılaşarak ikincil travmatik stres ve tükenmişlik riski taşıyabilmektedir (Groden, 2026; National Association of Neonatal Nurses [NANN], 2022). Son yıllarda YYBÜ bakımında yalnızca yenidoğanın fizyolojik gereksinimlerine odaklanan yaklaşımların yeterli olmadığı; ailelerin psikososyal gereksinimlerini, ebeveyn-bebek ilişkisini ve bakım ekibinin iyi oluşunu da kapsayan bütüncül modellerin gerekli olduğu vurgulanmaktadır. Bu bağlamda travma bilgili bakım (*trauma-informed care* [TIC]), YYBÜ'de bakımın klinik, gelişimsel, ilişkisel ve psikolojik boyutlarını bir araya getiren güncel bir yaklaşım olarak öne çıkmaktadır. Travma bilgili bakım, bireyin geçmiş ya da mevcut travmatik yaşantılarının sağlık hizmeti deneyimini, güven ilişkisini, karar süreçlerine katılımını ve bakım davranışlarını etkileyebileceğini kabul eder. Bu yaklaşım, "Bireyde ne sorun var?" sorusu yerine "Bu bireyin başına ne geldi ve bakım ortamı onu nasıl daha güvenli biçimde destekleyebilir?" sorusunu merkeze alır.

YYBÜ'ye bebeği kabul edilen ebeveynlerde anksiyete, depresyon, stres ve posttravmatik stres belirtilerinin yaygınlığına ilişkin bulgular, travma bilgili yaklaşımın gerekliliğini desteklemektedir. Malouf ve arkadaşlarının (2022) sistematik derleme ve meta-analizinde, neonatal üniteye bebeği kabul edilen ebeveynlerde anksiyete ve posttravmatik stres belirtilerinin yüksek olduğu bildirilmiştir. Benzer şekilde Shetty ve arkadaşları (2023), YYBÜ'de bebeği yatan ebeveynlerde anksiyete, depresyon ve stresin önemli bir sorun olduğunu göstermiştir. van Wyk ve arkadaşları (2024) ise YYBÜ'de psikolojik distresin yalnızca annelerle sınırlı olmadığını, babalar ve diğer aile üyeleri için de önemli bir destek gereksinimi doğurabileceğini vurgulamıştır. Bu nedenle YYBÜ'de psikososyal gereksinimler, bakımın ikincil ya da tamamlayıcı bir boyutu olarak değil, bakım kalitesi ve güvenliğiyle doğrudan ilişkili temel bir alan olarak ele alınmalıdır.

Bu derlemede, YYBÜ'de travma bilgili bakım yaklaşımı bebek, aile ve bakım ekibi odağında ele alınmakta; travma bilgili bakımın kavramsal temeli, YYBÜ deneyiminin travmatik boyutları, aile merkezli bakım ile ilişkisi, hemşirelik rolleri ve klinik uygulama önerileri güncel literatür doğrultusunda tartışılmaktadır.

TRAVMA BİLGİLİ BAKIMIN KAVRAMSAL TEMELİ

Travma bilgili bakım, sağlık hizmeti sunumunda travmanın yaygınlığını ve travmatik deneyimlerin bireylerin davranışları, duygusal tepkileri, güven ilişkileri ve bakım süreçlerine katılımı üzerindeki etkilerini tanıyan bir bakım felsefesidir. Bu yaklaşımın temel ilkeleri arasında güvenlik, güvenilirlik ve şeffaflık, seçim hakkı, iş birliği, güçlendirme, akran desteği ve kültürel duyarlılık yer almaktadır. YYBÜ bağlamında bu ilkeler; bebeğin ağrı ve stresinin azaltılması, ebeveynlerin bilgilendirilmesi, bakım kararlarına katılımlarının desteklenmesi, ebeveyn-bebek bağının korunması, ailelerin kültürel ve duygusal gereksinimlerinin dikkate alınması ve bakım ekibinin psikolojik güvenliğinin sağlanması şeklinde somutlaşmaktadır (Coughlin, 2021; Coughlin et al., 2022a; NANN, 2022).

Travma bilgili bakım, gelişimsel bakım ve aile merkezli bakım yaklaşımlarıyla yakından ilişkilidir; ancak bu yaklaşımlara ek olarak bakımın yeniden travmatize edici olma potansiyeline dikkat çeker. Gelişimsel bakım yenidoğanın nörogelişimsel gereksinimlerini; aile merkezli bakım ise ailenin bakım sürecine katılımını öncelemektedir. Travma bilgili bakım ise bu iki alanı daha geniş bir çerçevede ele alarak şu soruları gündeme getirir: Bu bakım uygulaması bebeğin stresini azaltıyor mu? Ebeveynin güven ve kontrol duygusunu destekliyor mu? Aile bakım sürecinde dışlanmış ya da güçsüz hissediyor mu? Sağlık profesyonelleri ikincil travmatik stres açısından destekleniyor mu? Bu yönüyle TIC, YYBÜ bakımında kalite ve güvenliğin yalnızca teknik değil, ilişkisel ve psikolojik boyutunu da görünür kılar (Groden, 2026). NANN'ın 2022 tarihli pozisyon bildirisi, YYBÜ'de travma bilgili bakımın tüm klinisyenler tarafından benimsenmesi ve klinik uygulamalara entegre edilmesi gerektiğini vurgulamaktadır. Bu bildiride travma bilgili bakım, bebeklerin, ailelerin ve bakım ekibinin travma deneyimlerini tanımayı ve bakım ortamını güvenli, destekleyici ve güçlendirici hâle getirmeyi amaçlayan temel bir yaklaşım olarak ele alınmaktadır (NANN, 2022). Coughlin'in (2021) travma bilgili yaşa uygun bakım yaklaşımı da YYBÜ hemşireliğinde bebeğin gelişimsel gereksinimleri ile ailenin psikososyal gereksinimlerinin birlikte değerlendirilmesi gerektiğini ortaya koymaktadır. Bu derlemede ele alınan YYBÜ'de travma bilgili bakımın kavramsal çerçevesi Şekil 1'de sunulmuştur.

Şekil 1. YYBÜ'de Travma Bilgili Bakımın Kavramsal Çerçevesi

YYBÜ DENEYİMİNİN BEBEK VE AİLE AÇISINDAN TRAVMATİK BOYUTU

YYBÜ'de yatan bebekler yaşamlarının en erken döneminde yoğun çevresel uyaranlara, ağrılı işlemlere, ebeveynden ayrılığa ve fizyolojik stres faktörlerine maruz kalabilmektedir. Prematüre bebeklerde nörogelişimsel sistemlerin olgunlaşmamış olması, yoğun bakım ortamındaki ışık, gürültü, invaziv girişimler, sık elleme ve uyku bölünmeleri gibi uyaranlara karşı hassasiyeti artırmaktadır. Travma bilgili bakım açısından yenidoğan, bu deneyimleri bilişsel olarak hatırlamasa bile bedensel, fizyolojik ve nörogelişimsel düzeyde stres yanıtı geliştirebilen kırılgan bir birey olarak değerlendirilmelidir (Coughlin, 2021; Coughlin et al., 2022b). Bu nedenle TIC, yenidoğanın ağrı ve stresinin azaltılmasını temel bakım önceliklerinden biri olarak görür. Nonfarmakolojik ağrı yönetimi, kanguru bakımı, gelişimsel pozisyonlama, çevresel uyaranların azaltılması, bakım girişimlerinin bebeğin toleransına göre düzenlenmesi ve ebeveynin bebeğin düzenlenmesindeki rolünün desteklenmesi travma bilgili bakımın bebek odaklı bileşenleri arasında yer almaktadır. Bu yaklaşım, yenidoğanın yalnızca klinik parametrelerini değil, konforunu, güvenlik algısını ve gelişimsel bütünlüğünü de korumayı hedefler.

Ebeveynler açısından YYBÜ'ye yatış çoğu zaman beklenen doğum ve ebeveynlik deneyiminin kesintiye uğraması anlamına gelir. Doğumdan hemen sonra bebeğini kucağına alamama, bebeğin tıbbi cihazlara bağlı görünümü, yaşamı tehdit eden klinik belirsizlik, bebeğe zarar verme korkusu ve profesyonellere bağımlı hissetme ebeveynlerde yoğun stres yaratabilir. Ebeveynler kendilerini "anne" ya da "baba" olmaktan çok, bebeğini uzaktan izleyen ve bakım sürecine sınırlı katılabilen kişiler olarak deneyimleyebilirler. Bu rol kaybı, kontrolsüzlük ve güçsüzlük duygusu posttravmatik stres belirtilerini tetikleyebilmektedir (Malouf et al., 2022; Malouf et al., 2024). Ebeveynlerde travmatik stres belirtileri; yeniden yaşantılama, kaçınma, aşırı uyarılmışlık, uyku bozuklukları, yoğun kaygı, suçluluk, umutsuzluk ya da bebeğin sağlığına ilişkin sürekli tehdit algısı şeklinde görülebilir. Bazı ebeveynler YYBÜ'ye girmekten kaçınırken, bazıları bebeğin her fizyolojik değişimini felaketleştirebilir ya da sürekli kontrol ihtiyacı yaşayabilir. Travma bilgili yaklaşım, bu tepkileri "zor ebeveyn davranışı" olarak değil, tehdit, belirsizlik ve güçsüzlük karşısında gelişen travma yanıtları olarak anlamayı gerektirir. Bu bakış açısı, hemşire-ebeveyn ilişkisini güçlendirir ve bakımın daha şefkatli, sabırlı ve kapsayıcı olmasını sağlar.

Güncel literatür, YYBÜ ebeveynlerinde psikolojik distresin bakım sürecinin önemli bir sonucu olduğunu göstermektedir. Shetty ve arkadaşları (2023), YYBÜ'de bebeği yatan ebeveynlerde anksiyete, depresyon ve stresin yaygın olduğunu bildirirken; Malouf ve arkadaşları (2024), posttravmatik stres ve anksiyete ile ilişkili faktörlerin yalnızca bebeğin klinik durumu ile sınırlı olmadığını, ebeveynin psikolojik özellikleri, sosyal desteği ve bakım deneyimiyle de ilişkili olduğunu belirtmiştir. Osborne ve arkadaşları (2025), YYBÜ ailelerinde ruh sağlığı güçlüklerinin anlaşılması ve ele alınması için rutin tarama, erken müdahale ve psikososyal destek mekanizmalarının güçlendirilmesi gerektiğini vurgulamaktadır.

BAKIM EKİBİ AÇISINDAN TRAVMA VE PSİKOLOJİK GÜVENLİK

Travma bilgili bakımın YYBÜ'deki en önemli katkılarından biri, bakım ekibini de travma çerçevesine dâhil etmesidir. YYBÜ hemşireleri ve diğer sağlık profesyonelleri; ağır hastalık, yoğun klinik belirsizlik, bebek kaybı, etik ikilemler, ailelerin acısına tanıklık etme ve yüksek sorumluluk gerektiren kararlarla sık karşılaşmaktadır. Bu durum zamanla ikincil travmatik stres, merhamet yorgunluğu, tükenmişlik ve moral distresle ilişkili olabilir (Groden, 2026; NANN, 2022). Bakım ekibinin psikolojik güvenliği, travma bilgili bakımın sürdürülebilirliği açısından kritik öneme sahiptir. Ekip üyeleri kendilerini desteklenmemiş, yalnız, yetersiz ya da sürekli baskı altında hissettiklerinde, ailelerle empatik ve sabırlı iletişim kurmakta zorlanabilirler. Bu durum hem bakım kalitesini hem de ekip içi iş birliğini etkileyebilir. Travma bilgili örgüt kültürü, bakım verenlerin de desteklenmesi gerektiğini kabul eder. Düzenli ekip toplantıları, debriefing uygulamaları, zor olgular sonrası psikolojik destek, açık iletişim kültürü ve yeterli personel planlaması bu sürecin önemli bileşenleridir.

Cain ve arkadaşları (2026), YYBÜ'de opioid/opiat maruziyeti olan bebeklere bakım veren hemşireler ve sosyal hizmet uzmanlarında travma bilgili öz yeterlilik ve uygulama davranışlarını incelemiş; TIC'in önerilmesine rağmen uygulamada tutarlı biçimde yerleşmesinin eğitim, deneyim ve örgütsel destekle ilişkili olduğunu bildirmiştir. Bu bulgu, travma bilgili bakımın yalnızca bireysel duyarlılığa bırakılmaması, eğitim programları, klinik rehberler ve kurumsal politikalarla desteklenmesi gerektiğini göstermektedir.

TRAVMA BİLGİLİ BAKIM VE AİLE MERKEZLİ BAKIM İLİŞKİSİ

YYBÜ'de travma bilgili bakım, aile merkezli bakımın doğal bir uzantısı ve derinleştirici bir boyutu olarak değerlendirilebilir. Aile merkezli bakım, ailenin bakım sürecine katılımını, karar alma süreçlerinde yer almasını, bilgiye erişimini ve sağlık profesyonelleriyle iş birliğini vurgular. Travma bilgili bakım ise aile merkezli bakıma şu soruyu ekler: Ailenin bakım sürecine katılımı gerçekten güçlendirici ve güven verici biçimde mi sağlanıyor, yoksa aile kendini baskı altında, yetersiz ya da dışlanmış mı hissediyor? Franck ve arkadaşları (2023), YYBÜ'de kalite ve güvenliğin aile merkezli bakım ile güçlendirilebileceğini vurgulamaktadır. Bu bakış açısı TIC ile birleştiğinde, aile katılımı yalnızca memnuniyet artırıcı bir unsur değil, travmatik stresin azaltılmasına katkı sağlayabilecek temel bir müdahale alanı hâline gelir. Ebeveynin bebeğine dokunmasına, kanguru bakımı yapmasına, bakım aktivitelerine katılmasına ve bebeğin durumu hakkında anlaşılır bilgi almasına olanak sağlamak, ebeveynin kontrol ve yeterlilik duygusunu güçlendirebilir. Almalki ve arkadaşlarının (2025) YYBÜ'de aile merkezli bakım deneyimlerine ilişkin nitel tematik sentezi, ebeveynlerin güven, açık iletişim, bakım sürecine katılım ve profesyonel destek gereksinimlerinin belirleyici olduğunu göstermektedir. Bu bulgular TIC açısından önemlidir; çünkü bilgi eksikliği, dışlanma, rol belirsizliği, kültürel duyarsızlık ya da profesyonellerle güven ilişkisi kuramama, ebeveynler için bakım ortamını daha tehdit edici hâle getirebilir. Buna karşılık şeffaf iletişim, seçim hakkı, ebeveynin duygularının tanınması ve kültürel duyarlılık travmatik stresin azaltılmasına katkı sağlayabilir. Bununla birlikte travma bilgili aile merkezli bakım, ebeveyn katılımını zorunluluk gibi sunmamalıdır. Her ebeveyn bakım sürecine aynı düzeyde ve aynı hızda katılmaya hazır olmayabilir. Bazı ebeveynler bebeğe dokunmaktan korkabilir, bazıları klinik ortamda donakalabilir, bazıları ise yoğun bilgi karşısında daha fazla kaygılanabilir. Bu nedenle TIC, ebeveynlere seçim hakkı sunmayı, katılımı aşamalı olarak desteklemeyi ve her ailenin bireysel, kültürel ve duygusal bağlamını dikkate almayı gerektirir.

TRAVMA BİLGİLİ BAKIMDA HEMŞİRELİK ROLLERİ

YYBÜ'de travma bilgili bakımın klinik uygulamaya aktarılmasında hemşireler merkezi konumdadır. Bebekler ve ailelerle en uzun süre temas kuran profesyoneller olarak hemşireler; travma belirtilerini erken fark etme, güvenli bakım ortamı oluşturma, ebeveynleri destekleme, aile ile bakım ekibi arasında iletişim köprüsü kurma ve klinik uygulamaları travma duyarlı biçimde düzenleme sorumluluğuna sahiptir. Bu bağlamda hemşirelik rolleri aşağıdaki başlıklar altında ele alınabilir:

1. **Güvenli ve güvenilir ilişki kurma:** Hemşire, ebeveynlerin kaygılarını dinleyen, bebeğin durumunu anlamalarına yardımcı olan ve bakım sürecinde kendilerini daha az yalnız hissetmelerini sağlayan temel profesyonellerden biridir. Açık, tutarlı, yargılayıcı olmayan, empatik ve güçlendirici iletişim güven duygusunu artırır.
2. **Ebeveynlerin bakıma güvenli ve aşamalı katılımını destekleme:** Travma bilgili hemşire, ebeveynin hazır oluş düzeyini değerlendirerek küçük ve başarılabilir bakım aktiviteleriyle bakım sürecine katılımını destekler. Bebeğe dokunma, bez değiştirme, ağız bakımı, kanguru bakımı, beslenmeye katılım ve taburculuk öncesi bakım becerileri ebeveynin kontrol ve yeterlilik duygusunu güçlendirebilir.
3. **Bebeğin travma duyarlı bakımını sağlama:** Hemşire, bebeğin ağrı ve stres belirtilerini izler, girişimleri bebeğin toleransına göre düzenler, nonfarmakolojik ağrı azaltma yöntemlerini uygular, çevresel uyaranları azaltır ve ebeveynin bebeğin düzenlenmesindeki rolünü destekler. Bu yaklaşım gelişimsel bakım ilkeleriyle uyumludur ve travma bilgili bakımın bebek odaklı boyutunu oluşturur (Coughlin, 2021; Coughlin et al., 2022b).
4. **Ebeveyn ruh sağlığı gereksinimlerini fark etme ve yönlendirme:** Hemşireler ebeveynlerde yoğun kaygı, ağlama, uyku sorunları, kaçınma, umutsuzluk, travmatik yeniden yaşantılama ya da bebeğe bağlanmada güçlük gibi belirtileri gözlemleyebilir. Bu belirtilerin fark edilmesi ve uygun psikososyal destek kaynaklarına yönlendirme yapılması önemlidir (Osborne et al., 2025; van Wyk et al., 2024).
5. **Ekip içinde travma bilgili bakım kültürünü güçlendirme:** Hemşireler ebeveynlerin gereksinimlerini ekip toplantılarına taşıyabilir, bakım planlarında aile katılımını savunabilir, bebeğin konfor ve stres düzeyine ilişkin gözlemlerini paylaşabilir ve ekip iletişimini aile açısından daha anlaşılır hâle getirebilir. Hemşirelik liderliği, TIC'in klinik protokollere, eğitim programlarına, kalite göstergelerine ve bakım standartlarına entegrasyonunda belirleyici rol üstlenir.

KLİNİK UYGULAMA İÇİN ÖNERİLER

YYBÜ'de travma bilgili bakımın klinik uygulamaya aktarılması için bireysel, ailesel, ekip ve kurum düzeyinde çok katmanlı stratejilere ihtiyaç vardır. Klinik uygulama açısından temel öneriler şu şekilde özetlenebilir:

1. **YYBÜ ekibine travma bilgili bakım eğitimi verilmelidir.**
   Eğitimler; travmanın tanımı, YYBÜ'de travma kaynakları, ebeveynlerde travma belirtileri, travma bilgili iletişim, kültürel duyarlılık, bebeklerde ağrı ve stres yönetimi, ekip üyelerinde ikincil travmatik stres ve aile katılımını destekleme konularını kapsamalıdır (Cain et al., 2026; NANN, 2022).
2. **Ebeveyn ruh sağlığı taraması rutin bakımın bir parçası hâline getirilmelidir.** Anksiyete, depresyon ve posttravmatik stres belirtilerine yönelik taramalar, YYBÜ yatışı sırasında ve taburculuk sonrası izlem döneminde yapılandırılabilir. Ancak tarama sonuçlarının yalnızca kaydedilmesi yeterli değildir; riskli ebeveynler için psikolojik destek, psikiyatri/psikoloji konsültasyonu, sosyal hizmet desteği ya da uygun yönlendirme yolları açık olmalıdır (Osborne et al., 2025).
3. **Ebeveynlere yönelik müdahale ve destek programları geliştirilmelidir.** Psikoeğitim, stres yönetimi, bilişsel davranışçı yaklaşımlar, akran desteği, ebeveyn-bebek bağlanmasını destekleyen uygulamalar, kanguru bakımı ve taburculuğa hazırlık programları bu kapsamda değerlendirilebilir. Travma bilgili bilişsel davranışçı müdahalelerin YYBÜ ebeveynlerinde olumlu sonuçlar sağlayabileceği bildirilmiştir (Barnett et al., 2025; Hoge et al., 2025; Paraíso-Pueyo et al., 2025).
4. **YYBÜ fiziksel ve ilişkisel olarak güvenli bir ortam hâline getirilmelidir.** Fiziksel güvenlik; gürültü ve ışık kontrolü, mahremiyet, ebeveynin bebeğiyle zaman geçirebileceği uygun alanlar ve gelişimsel bakım düzenlemelerini içerir. İlişkisel güvenlik ise açık iletişim, tutarlılık, saygı, aileye seçenek sunma ve ebeveynin bakım sürecindeki rolünü güçlendirme ile sağlanır (Coughlin et al., 2022a).
5. **Bakım ekibinin iyi oluşu desteklenmelidir.**
   Travma bilgili bakım yalnızca ailelere yönelik bir yaklaşım değildir; hemşirelerin ve diğer profesyonellerin tükenmişlik, moral distres ve ikincil travmatik stres açısından desteklenmesini de gerektirir. Düzenli debriefing uygulamaları, ekip içi destek, liderlik desteği, güvenli geri bildirim mekanizmaları ve yeterli personel planlaması travma bilgili bakım kültürünün sürdürülebilirliği açısından önemlidir.

SONUÇ

Travma bilgili bakım, YYBÜ'de bebeklerin, ailelerin ve bakım ekibinin travmatik stres deneyimlerini tanıyan; güvenlik, iş birliği, güçlendirme, kültürel duyarlılık ve psikolojik güvenlik ilkelerine dayanan bütüncül bir bakım yaklaşımıdır. YYBÜ ortamı bebekler için ağrı, ayrılık ve çevresel stres; ebeveynler için korku, belirsizlik, rol kaybı ve posttravmatik stres; bakım ekibi için ise ikincil travmatik stres ve moral distres kaynağı olabilir. Bu nedenle TIC, YYBÜ bakımında yalnızca destekleyici bir iletişim yaklaşımı değil, bakım kalitesi ve güvenliğini güçlendiren temel bir klinik çerçeve olarak ele alınmalıdır. Güncel literatür, YYBÜ ebeveynlerinde anksiyete, depresyon ve posttravmatik stres belirtilerinin yaygın olduğunu; erken tarama, psikososyal destek, aile katılımı, travma bilgili iletişim ve yapılandırılmış müdahalelerin bu süreçte önemli olabileceğini göstermektedir (Malouf et al., 2022; Shetty et al., 2023; van Wyk et al., 2024). Hemşireler, travma bilgili bakımın klinik uygulamaya aktarılmasında merkezi role sahiptir. Travma bilgili hemşirelik yaklaşımı; bebeğin ağrı ve stresini azaltmayı, ebeveynin bakım sürecine güvenli katılımını desteklemeyi, ruh sağlığı gereksinimlerini fark etmeyi, kültürel duyarlılığı gözetmeyi ve bakım ekibinin iyi oluşunu korumayı içerir. Sonuç olarak, YYBÜ'de travma bilgili bakımın benimsenmesi neonatal bakımın daha güvenli, şefkatli, aile odaklı, gelişimsel olarak duyarlı ve sürdürülebilir bir yapıya dönüşmesine katkı sağlayabilir. Bu yaklaşımın etkili biçimde uygulanabilmesi için kurumsal liderlik, hemşirelik eğitimi, multidisipliner iş birliği, ruh sağlığı destek sistemleri ve yerel bağlama duyarlı uygulama stratejileri güçlendirilmelidir.

KAYNAKLAR

Almalki, M., Gildea, A., & Boyle, B. (2025). Parents' experiences of family-centred care in neonatal intensive care units: A qualitative thematic synthesis. *Journal of Neonatal Nursing, 31*(3), Article 101655. https://doi.org/10.1016/j.jnn.2025.101655

Barnett, K. A. I., Sanders, A., Kyser, R., Babagoli, B., Goyal, D., & Le, H.-N. (2025). A scoping review of preventive and treatment interventions of parental psychological distress in the NICU in the United States. *International Journal of Environmental Research and Public Health, 22*(10), Article 1592. https://doi.org/10.3390/ijerph22101592

Cain, S. M., & Held, M. L. (2026). Trauma-informed self-efficacy and practice behaviors of neonatal intensive care unit providers caring for mother–infant dyads exposed to opioids. *Social Work Research*. Advance online publication. https://doi.org/10.1093/swr/svag004

Coughlin, M. (2021). *Transformative nursing in the NICU: Trauma-informed age-appropriate care* (2nd ed.). Springer Publishing Company. https://doi.org/10.1891/9780826154323

Coughlin, M., DeWolfe, T., & Fuller, K. (2022a). Quality indicators for developmental care: A trauma-informed conceptual model as an exemplar for change. In C. Kenner & J. M. McGrath (Eds.), *Developmental care of newborns and infants: A guide for health professionals* (3rd ed., pp. 65–84). National Association of Neonatal Nurses; Wolters Kluwer.

Coughlin, M., DeWolfe, T., & Fuller, K. (2022b). Trauma-informed developmental care. In C. Kenner & M. V. Boykova (Eds.), *Neonatal nursing care handbook* (3rd ed., pp. 441–454). Springer Publishing Company.

Franck, L. S., Axelin, A., Van Veenendaal, N., & Bacchini, F. (2023). Improving neonatal intensive care unit quality and safety with family-centered care. *Clinics in Perinatology, 50*(2), 449–472.

Groden, C. M. (2026). Trauma-informed care in the neonatal intensive care unit: Infants, families, and care teams. *NeoReviews, 27*(2), e62–e72. https://doi.org/10.1542/neo.27-2-100

Hoge, M. K., Heyne, E., Brown, S., Heyne, R., Shaw, R. J., & Chalak, L. (2025). Reduction of neonatal intensive care unit (NICU) parental perceptions of child vulnerability and risk of vulnerable child syndrome utilizing cognitive behavioral therapy: randomized controlled trial. *Pediatric Research*, 1-9. https://doi.org/10.1038/s41390-025-04094-x

Malouf, R., Harrison, S., Burton, H. A. L., Gale, C., Stein, A., Franck, L. S., & Alderdice, F. (2022). Prevalence of anxiety and post-traumatic stress among the parents of babies admitted to neonatal units: A systematic review and meta-analysis. *EClinicalMedicine, 43*, Article 101233. https://doi.org/10.1016/j.eclinm.2021.101233

Malouf, R., Harrison, S., Burton, H. A. L., Gale, C., Stein, A., Franck, L. S., & Alderdice, F. (2024). Factors associated with posttraumatic stress and anxiety among the parents of babies admitted to neonatal care: A systematic review. *BMC Pregnancy and Childbirth, 24*, Article 226. https://doi.org/10.1186/s12884-024-06383-5

McKeown, L., Pervin, S., Burke, K., Cobham, V. E., Foxcroft, K., & Callaway, L. (2025). Post-traumatic stress disorder specific to parents in the neonatal intensive care unit. *Australian Critical Care, 38*(4), 101257. https://doi.org/10.1016/j.aucc.2025.101257

National Association of Neonatal Nurses. (2022, September). *Trauma-informed care in the NICU* (Erişim Tarihi 29.04.2026). https://nann.org/wp-content/uploads/2025/04/Trauma_Informed_Care_in_the_NICU_2022-c5c.pdf

Osborne, A. D., Yasova Barbeau, D., Gladdis, T., Hansen, K., Branche, T., Miller, E. R., Pazandak, C. C., Hoge, M. K., Spencer, M., Montoya-Williams, D., Barbeau, R., Padratzik, H., & Lassen, S. (2025). Understanding and addressing mental health challenges of families admitted to the neonatal intensive care unit. *Journal of Perinatology, 45*(6), 873–880. https://doi.org/10.1038/s41372-024-02187-9

Paraíso-Pueyo, E., Mancebo-Peña, D., Alzuria-Alós, R. M., Masot, O., Selva-Pareja, L., Espart, A., Camí, C., & Lavedán Santamaría, A. (2026). Improving parents' emotional well-being in NICU: A scoping review. *Nursing in Critical Care, 31*(1), Article e70264. https://doi.org/10.1111/nicc.70264

Shetty, A. P., Halemani, K., Issac, A., Thimmappa, L., Dhiraaj, S., Radha, K., Mishra, P., & Upadhyaya, V. D. (2023). Prevalence of anxiety, depression, and stress among parents of neonates admitted

to neonatal intensive care unit: A systematic review and meta-analysis. *Clinical and Experimental Pediatrics, 67*(2), 104–115. https://doi.org/10.3345/cep.2023.00486

van Wyk, L., Majiza, A. P., Ely, C. S. E., Singer, L. T., & Alderdice, F. (2024). Psychological distress in the neonatal intensive care unit. *Pediatric Research, 96*(6), 1510–1518. https://doi.org/10.1038/s41390-024-03599-1

INTERPRETABLE ARTIFICIAL INTELLIGENCE FOR LUNG CANCER MOLECULAR CARTOGRAPHY: TRANSLATING OPEN GENOMIC DATA INTO ONCOLOGICAL INSIGHT

Bengisu ARSLANTAŞ
MSc Student of Biomedical Engineering, ADAM European Institute for Lifelong Learning, Research & Development, Ohrid, North Macedonia
ORCID: 0009-0009-2479-1453

Prof.Dr. Zeynep Birsu CİNÇİN
Professor of Medical Biochemistry, ADAM European Institute for Lifelong Learning, Research & Development, Ohrid, North Macedonia
ORCID: 0000-0001-6948-5382

ABSTRACT
Lung cancer is a molecularly heterogeneous disease in which transcriptional programs, histological lineage, immune contexture, and genomic instability jointly influence prognosis and therapeutic response. This study presents a reproducible computational framework for interpretable artificial intelligence-based molecular cartography of lung adenocarcinoma (TCGA-LUAD) and lung squamous cell carcinoma (TCGA-LUSC) using open-access resources from The Cancer Genome Atlas and the Genomic Data Commons. Clinical metadata, biospecimen annotations, GDC manifests, and RNA-seq STAR gene count files were programmatically curated and harmonized. The analytical workflow integrated gene-level matrix construction, log2(count+1) transformation, variance-based feature selection, principal component analysis, supervised classification, SHAP-based model interpretation, and differential expression testing. The final expression matrix contained 1,030 primary tumor RNA-seq profiles (529 LUAD and 501 LUSC) across 19,938 protein-coding genes. Logistic regression achieved test accuracy of 0.9320 and ROC-AUC of 0.9811 for LUAD versus LUSC discrimination. SHAP analysis of a random forest model prioritized lineage-associated genes including KRT74, DSG3, KRT5, DSC3, TP63, and NKX2-1. Differential expression analysis identified 2,866 genes meeting FDR < 0.05 and |log2 fold change| >= 1, with prominent squamous/basal markers enriched in LUSC.
Keywords: Lung cancer, TCGA, GDC, interpretable artificial intelligence, RNA-seq, SHAP, precision oncology

INTRODUCTION
Lung cancer remains one of the most clinically and molecularly complex malignancies and continues to represent a major global cancer burden (Bray et al., 2024). Lung adenocarcinoma (LUAD) and lung squamous cell carcinoma (LUSC) are conventionally separated by histopathological criteria, yet large-scale cancer genomics has shown that each entity also carries distinct transcriptional, mutational, copy-number, and pathway-level patterns (Cancer Genome Atlas Research Network, 2014; Cancer Genome Atlas Research Network, 2012). This distinction is clinically important because molecular subtype, oncogenic signaling, immune regulation, tumor lineage programs, and histological classification influence diagnosis, prognosis, and therapeutic strategy (WHO Classification of Tumours Editorial Board, 2021). Open cancer genomics repositories such as TCGA and the NCI Genomic Data Commons make it possible to transform public molecular, clinical, and biospecimen data into reproducible computational oncology analyses without direct patient recruitment (Grossman et al., 2021). However, predictive modeling alone is not sufficient for translational oncology: artificial intelligence outputs must be interpretable, auditable, and biologically contextualized.
SHAP and related explanation methods allow feature-level contribution estimates, supporting a bridge between machine learning performance and candidate biological interpretation (Lundberg & Lee, 2017). The aim of this study was to construct a reproducible bioinformatics and machine learning workflow for LUAD versus LUSC molecular cartography using TCGA/GDC RNA-seq and clinical metadata. A second aim was to document, with real data outputs, what has already been found in the available GDC clinical, biospecimen, and manifest files before final expression-matrix modeling.

MATERIALS AND METHODS

Data source and cohorts

Open-access TCGA-LUAD and TCGA-LUSC resources were obtained through the GDC portal and API. The analyzed local files included LUAD and LUSC clinical metadata archives, biospecimen metadata archives, and GDC manifests containing RNA-seq and other molecular file records. The analysis focused on open-access STAR gene count files for downstream RNA-seq modeling.

Computational environment

The computational workflow was designed as a reproducible bioinformatics and machine learning pipeline. Clinical, biospecimen, manifest, and RNA-seq count data were curated through structured tabular processing; numerical analysis was performed with standard scientific-computing libraries; supervised classification was conducted using logistic regression and ensemble tree-based models; model evaluation used stratified train/test partitioning and cross-validation; visualization summarized cohort structure, classification performance, and expression patterns; and model interpretation was performed with SHAP-based feature-attribution analysis (Pedregosa et al., 2011; Lundberg & Lee, 2017).

GDC files were retrieved through HTTPS/API-based access and organized as structured CSV/TSV outputs. Reproducibility was supported by fixed random seeds, explicit output directories, saved model artifacts, exported tables, documented preprocessing decisions, and traceable analysis scripts (Figure 1; Table 1).

Data processing and analysis methods

Table 1. Methods used in the analysis workflow.

Method	Purpose
GDC data acquisition and manifest curation	Identification of TCGA-LUAD and TCGA-LUSC clinical, biospecimen, manifest, and RNA-seq STAR gene count records for downstream analysis.
Clinical and biospecimen metadata harmonization	Extraction and harmonization of patient-level cohort variables, including age, sex, vital status, AJCC pathologic stage, sample type, and biospecimen availability.
RNA-seq expression matrix construction	Assembly of gene-level count matrices, duplicate gene aggregation, missingness filtering, and retention of protein-coding genes for cohort-level modeling.
Expression preprocessing and feature selection	Log2(count+1) transformation, low-variance filtering, and selection of the top 3,000 most variable genes for supervised LUAD/LUSC classification.
Exploratory molecular profiling	Principal component analysis, optional manifold visualization, hierarchical clustering, heatmap generation, and cohort-level expression visualization.
Supervised classification	Logistic regression, random forest, gradient boosting, and optional XGBoost modeling with stratified train/test splitting and five-fold cross-validation.
Model performance evaluation	Assessment of accuracy, precision, recall, F1-score, confusion matrix structure, and ROC-AUC on the held-out test set.
Explainable artificial intelligence	SHAP-based feature-attribution analysis using the tree-based model to rank interpretable gene-level contributors to LUAD/LUSC discrimination.
Differential expression testing	Welch two-sample testing on log2-transformed gene expression with Benjamini-Hochberg false discovery rate correction and volcano plot visualization.

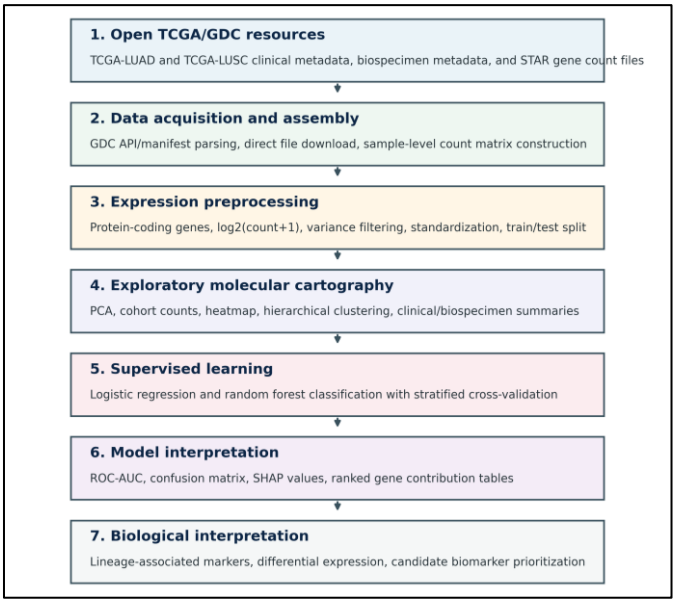


Figure 1. Reproducible computational workflow for TCGA/GDC lung cancer molecular cartography.

RESULTS

Clinical and biospecimen data availability

The completed metadata audit identified 499 unique LUAD patients and 504 unique LUSC patients. Median age was 66.54 years for LUAD and 68.62 years for LUSC. The LUAD cohort included 239 female and 206 male patients with available sex annotation, whereas LUSC included 131 female and 373 male patients. Vital status counts were 285 alive and 160 dead for LUAD, and 284 alive and 220 dead for LUSC (Figures 2-4).

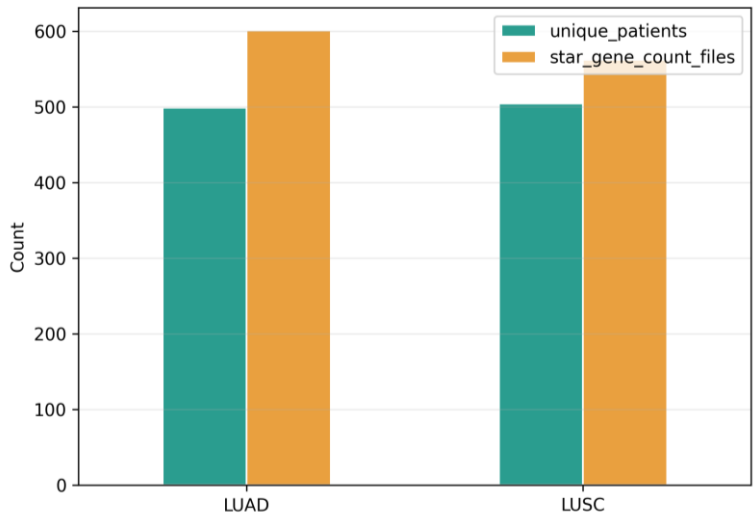


Figure 2. Patient-level clinical availability and STAR gene count file availability for TCGA-LUAD and TCGA-LUSC.

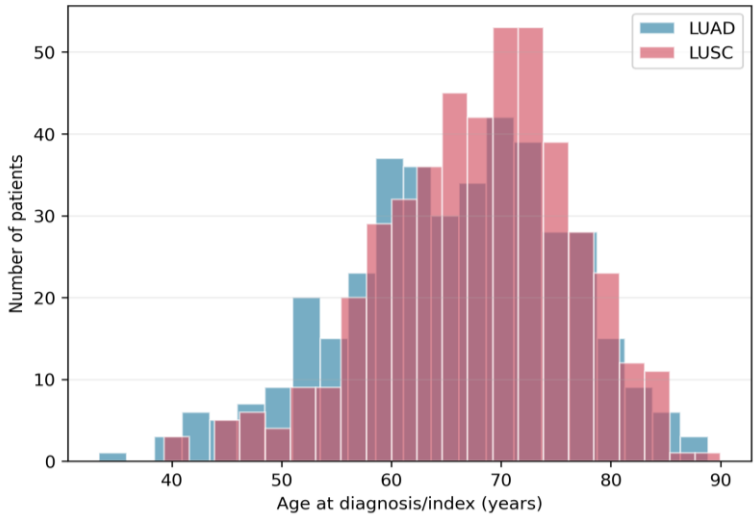


Figure 3. Age distribution of TCGA-LUAD and TCGA-LUSC patients based on available clinical metadata.

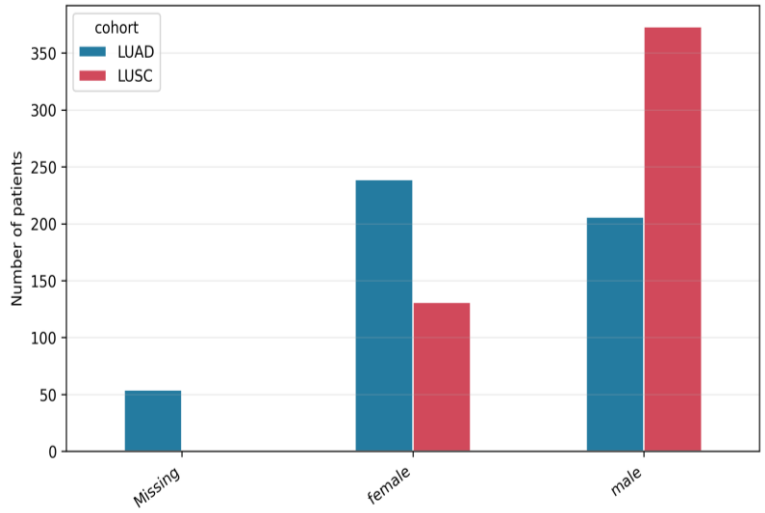


Figure 4. Sex distribution by cohort in the available clinical metadata. RNA-seq count file availability

Table 2. Real LUAD/LUSC metadata and RNA-seq file availability identified in the present analysis.

Cohort	Unique patients	Median age	Biospecimen rows	Primary tumor samples	STAR count files
LUAD	499	66.54	1781	1075	601
LUSC	504	68.62	1562	983	562

GDC metadata review identified 601 LUAD and 562 LUSC STAR gene count files. Primary tumor RNA-seq manifests were generated for downstream expression modeling, and the eligible primary tumor set included 1,051 count files before expression-matrix assembly (Table 2; Figure 5).

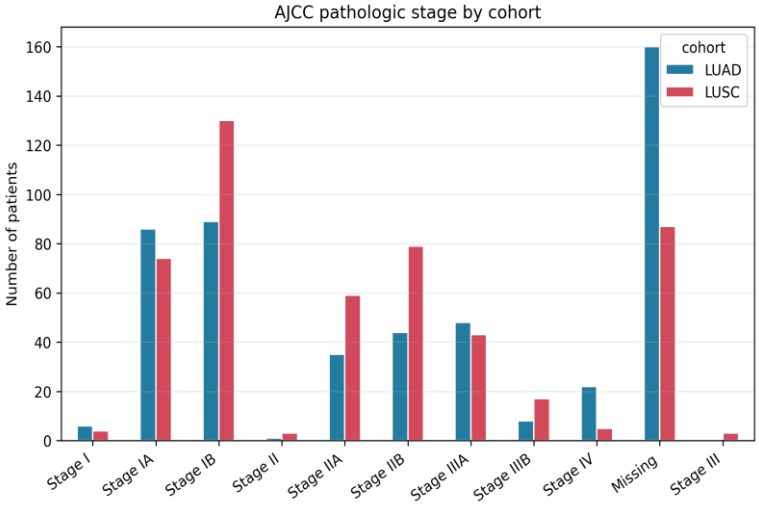


Figure 5. AJCC pathologic stage distribution by cohort. Missingness is retained to transparently show metadata completeness.

Machine learning classification and explainability

Table 3. Real LUAD versus LUSC machine learning performance using TCGA/GDC RNA-seq data.

Model	CV accuracy	CV ROC-AUC	Test accuracy	Precision	Recall	F1-score	Test ROC-AUC
Logistic Regression	0.9660	0.9903	0.9320	0.9574	0.9000	0.9278	0.9811
Random Forest	0.9587	0.9871	0.9320	0.9574	0.9000	0.9278	0.9781

The final expression matrix contained 1,030 primary tumor samples, including 529 LUAD and 501 LUSC samples. From 19,938 protein-coding genes, the top 3,000 most variable genes were selected for classification. The best-performing model was Logistic Regression, with test accuracy 0.9320, precision 0.9574, recall 0.9000, F1-score 0.9278, and ROC-AUC 0.9811 (Table 3; Figures 6 and 7).

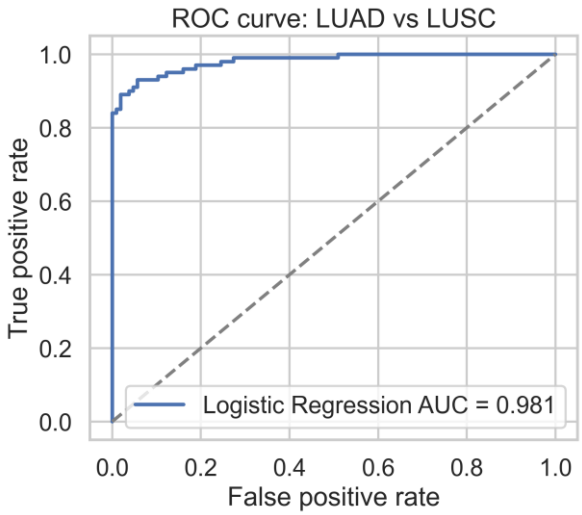


Figure 6. ROC curve for the best LUAD versus LUSC classifier on the held-out test set.

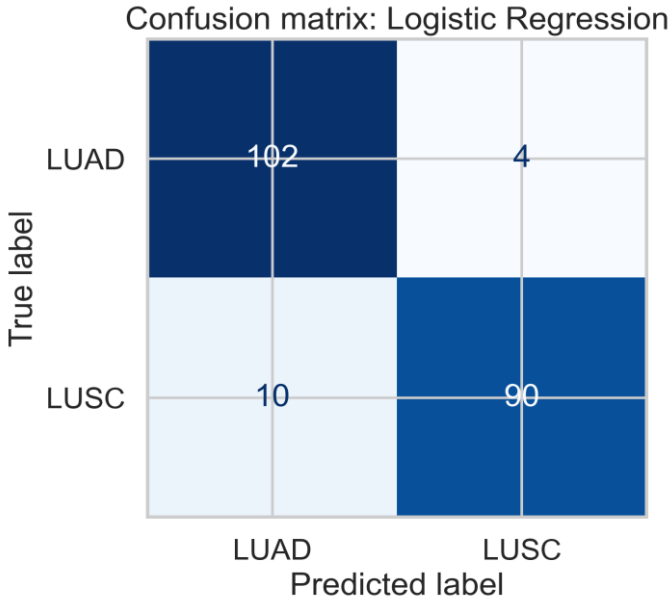


Figure 7. Confusion matrix for the best LUAD versus LUSC classifier on the held-out test set.

Table 4. Top interpretable genes ranked by SHAP contribution from the tree-based model.

Gene	Importance score	Direction if available	Interpretability method	Model
KRT74	0.01447	toward LUAD	SHAP	Random Forest
DSG3	0.01440	toward LUAD	SHAP	Random Forest
S1PR5	0.01253	toward LUAD	SHAP	Random Forest
KRT5	0.01232	toward LUSC	SHAP	Random Forest
DSC3	0.01116	toward LUSC	SHAP	Random Forest
NECTIN1	0.00996	toward LUAD	SHAP	Random Forest
CERS3	0.00937	toward LUSC	SHAP	Random Forest
VSNL1	0.00882	toward LUSC	SHAP	Random Forest
KRT31	0.00871	toward LUSC	SHAP	Random Forest
TP63	0.00810	toward LUSC	SHAP	Random Forest

The leading interpretable genes were KRT74, DSG3, S1PR5, KRT5, DSC3, NECTIN1, CERS3, VSNL1, KRT31, TP63. Several of these genes, including KRT5, DSC3, KRT31, TP63, and KRT6A, are compatible with squamous or basal epithelial differentiation programs, whereas NKX2-1 is a well-known lung adenocarcinoma lineage-associated transcription factor. These model-derived genes should be interpreted as predictive molecular features rather than causal biomarkers without external validation (Table 4; Figure 8).

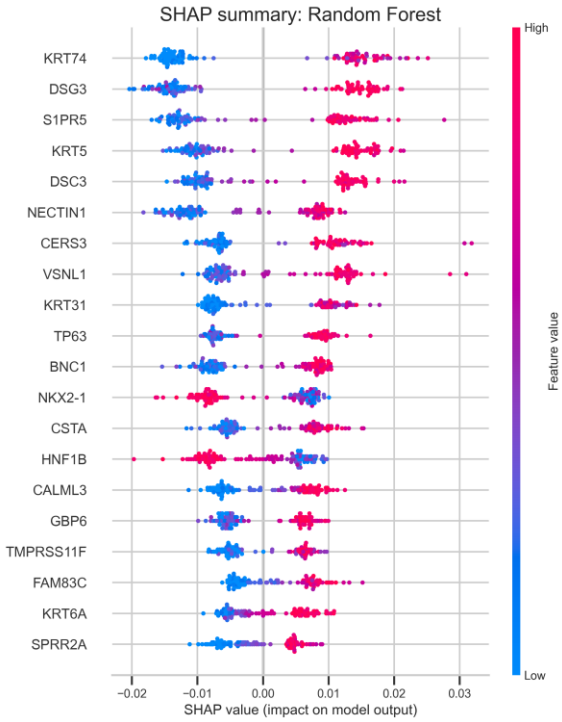


Figure 8. SHAP summary plot showing the leading gene-level contributors to LUAD/LUSC classification.

Differential expression and marker-level validation

Table 5. Top differentially expressed genes between LUSC and LUAD.

Gene	log2FC LUSC/LUAD	FDR	Mean LUAD	Mean LUSC
DSG3	10.287	6.21e-312	2.758	13.044
KRT5	10.062	3.39e-304	6.868	16.930
DSC3	8.246	3.33e-289	4.945	13.191
CERS3	7.699	3.42e-257	1.526	9.225
BNC1	7.214	5.08e-256	2.790	10.004
S1PR5	4.377	1.06e-235	4.961	9.337
KRT6B	8.534	1.12e-230	3.875	12.409
TP63	6.240	3.34e-230	7.673	13.912
SERPINB13	8.579	2.00e-228	1.750	10.330
CLCA2	7.981	9.95e-228	4.388	12.369

Differential expression analysis identified 2,866 genes meeting FDR < 0.05 and |log2 fold change| >= 1. Of these, 1,824 were higher in LUSC and 1,042 were higher in LUAD. The leading genes included DSG3, KRT5, DSC3, CERS3, BNC1, S1PR5, KRT6B, TP63, SERPINB13, CLCA2, supporting the classifier-derived observation that squamous/basal epithelial programs contribute strongly to LUAD-LUSC separation (Table 5; Figure 9).

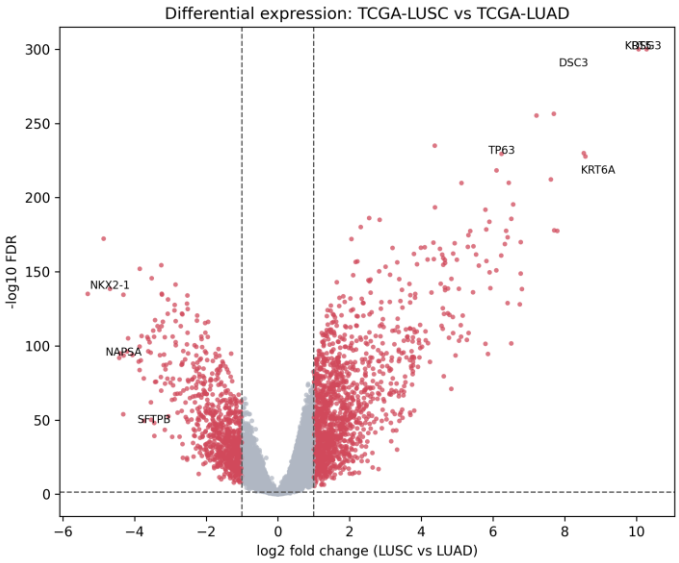


Figure 9. Volcano plot of differential expression comparing LUSC with LUAD. Positive log2 fold change denotes higher expression in LUSC.

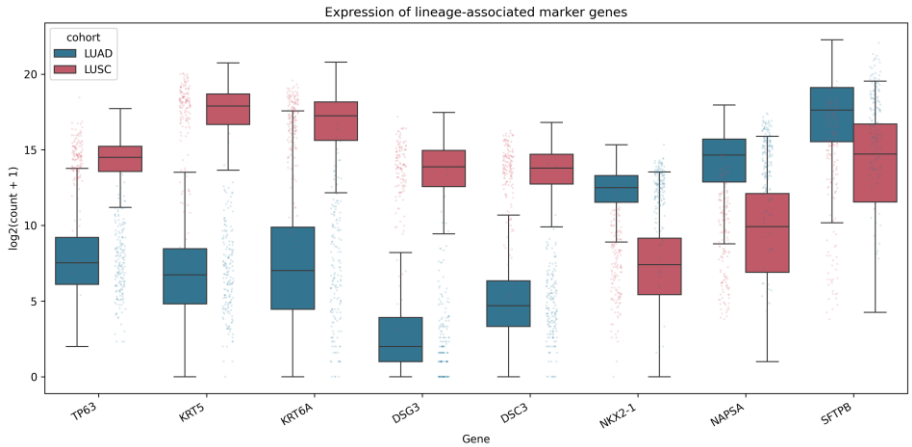


Figure 10. Expression distributions of selected lineage-associated marker genes across LUAD and LUSC samples.

Machine learning interpretation and differential expression analysis showed convergent molecular signals. The SHAP-ranked genes and the strongest differentially expressed genes overlapped around squamous/basal epithelial differentiation programs. In particular, DSG3, KRT5, DSC3, KRT6B, TP63, SERPINB13, and CLCA2 showed strong LUSC-associated signal, supporting their contribution to the transcriptional separation of squamous tumors from adenocarcinoma. Conversely, NKX2-1 emerged as a lineage-associated feature consistent with LUAD biology (Table 6). Marker-level expression plots confirmed that selected squamous markers were systematically higher in LUSC, whereas adenocarcinoma-lineage markers showed the expected opposite tendency. These results indicate concordance between classifier-derived interpretability and conventional differential expression analysis (Figure 10).

Table 6. Integrated summary of classification, interpretability, and differential expression results.

Analytical domain	Main result
Expression matrix	1,030 primary tumor samples; 19,938 protein-coding genes
Classification	Best model logistic regression; accuracy 0.9320; ROC-AUC 0.9811
SHAP interpretation	Top genes included KRT74, DSG3, S1PR5, KRT5, DSC3, NECTIN1, CERS3, VSNL1, KRT31, TP63
Differential expression	2,866 significant genes at FDR < 0.05 and |log2FC| >= 1

LUSC-enriched genes	1,824 genes; top signals included DSG3, KRT5, DSC3, CERS3, KRT6B, TP63
LUAD-enriched genes	1,042 genes; lineage-associated signals included NKX2-1 and adenocarcinoma-related expression patterns
Biological interpretation	Convergent evidence for squamous/basal epithelial differentiation as a dominant LUAD-LUSC separating program

A reproducible computational framework for interpretable LUAD/LUSC molecular cartography was created and executed using real TCGA/GDC data. The analysis identified 499 LUAD and 504 LUSC patients in clinical metadata and downloaded primary tumor STAR count data for expression modeling. The final matrix included 1,030 primary tumor samples and 19,938 genes, from which the top 3,000 variable genes were modeled. LUAD versus LUSC classification achieved test ROC-AUC 0.9811 and accuracy 0.9320, and SHAP interpretation highlighted biologically plausible lineage-associated genes including KRT74, DSG3, KRT5, DSC3, TP63, and NKX2-1.

DISCUSSION

This work establishes a reproducible bridge between open genomic resources and interpretable AI-based lung cancer analysis. The real-data audit confirms that TCGA/GDC provides sufficient LUAD and LUSC clinical, biospecimen, and RNA-seq count availability for a LUAD-versus-LUSC molecular classification study. The observed cohort structure is consistent with known clinical and histological differences between LUAD and LUSC, including the male predominance observed in the LUSC metadata and the broad age distribution of both cohorts. The completed modeling results show that LUAD and LUSC can be separated with high discriminatory performance using RNA-seq expression profiles alone. Logistic regression provided the strongest held-out ROC-AUC in this run, while random forest provided a tree-based model suitable for SHAP interpretation. The top SHAP-ranked genes were biologically plausible because several are linked to squamous/basal epithelial identity or lung lineage programs. Differential expression independently supported this interpretation, with DSG3, KRT5, DSC3, KRT6B, TP63, and related markers ranking among the strongest LUSC-enriched features. This concordance strengthens the biological credibility of the model by showing that predictive features correspond to known histology-associated transcriptional programs rather than isolated algorithmic artifacts. Importantly, interpretability does not prove causality. Genes ranked by model importance should be treated as candidate molecular contributors requiring validation through independent cohorts, pathway analysis, and biological literature.

The present full text reports internal TCGA/GDC classification performance; external validation remains required before translational claims. Clinical metadata contain missing values, and one LUAD clinical archive showed a truncated TAR warning although clinical.tsv was recoverable. TCGA bulk RNA-seq can be affected by tumor purity, batch effects, tissue processing, and clinical confounding. SHAP-ranked genes are predictive features and should not be presented as clinically validated biomarkers without independent validation.

Differential expression analysis further identified 2,866 significant genes, strengthening the molecular distinction between adenocarcinoma and squamous transcriptional programs. Collectively, the classification, SHAP, and differential expression results indicate that the analytical pipeline captures biologically interpretable histology-associated molecular structure, particularly the prominence of squamous/basal epithelial programs in LUSC and lung lineage-associated expression in LUAD.

REFERENCES

Benjamini, Y., & Hochberg, Y. (1995). Controlling the false discovery rate: A practical and powerful approach to multiple testing. Journal of the Royal Statistical Society: Series B (Methodological), 57(1), 289-300.

Bray, F., Laversanne, M., Sung, H., Ferlay, J., Siegel, R. L., Soerjomataram, I., & Jemal, A. (2024). Global cancer statistics 2022: GLOBOCAN estimates of incidence and mortality worldwide for 36 cancers in 185 countries. CA: A Cancer Journal for Clinicians, 74(3), 229-263. https://doi.org/10.3322/caac.21834

Cancer Genome Atlas Research Network. (2012). Comprehensive genomic characterization of squamous cell lung cancers. Nature, 489(7417), 519-525. https://doi.org/10.1038/nature11404

Cancer Genome Atlas Research Network. (2014). Comprehensive molecular profiling of lung adenocarcinoma. Nature, 511(7511), 543-550. https://doi.org/10.1038/nature13385

Grossman, R. L., Heath, A. P., Ferretti, V., Varmus, H. E., Lowy, D. R., Kibbe, W. A., & Staudt, L. M. (2021). The NCI Genomic Data Commons. Nature Genetics, 53(3), 257-262. https://doi.org/10.1038/s41588-021-00791-5

Lundberg, S. M., & Lee, S.-I. (2017). A unified approach to interpreting model predictions. Advances in Neural Information Processing Systems, 30, 4765-4774.

Pedregosa, F., Varoquaux, G., Gramfort, A., Michel, V., Thirion, B., Grisel, O., Blondel, M., Prettenhofer, P., Weiss, R., Dubourg, V., VanderPlas, J., Passos, A., Cournapeau, D., Brucher, M., Perrot, M., & Duchesnay, E. (2011). Scikit-learn: Machine learning in Python. Journal of Machine Learning Research, 12, 2825-2830.

Welch, B. L. (1947). The generalization of Student's problem when several different population variances are involved. Biometrika, 34(1/2), 28-35. https://doi.org/10.1093/biomet/34.1-2.28

WHO Classification of Tumours Editorial Board. (2021). Thoracic tumours (5th ed.). International Agency for Research on Cancer.

DEĞİŞEN İKLİM KOŞULLARINDA ÇOCUK SAĞLIĞI: ÇOCUK HEMŞİRELİĞİNİN ÇOK BOYUTLU ROLLERİ

CHILD HEALTH IN A CHANGING CLIMATE: MULTIDIMENSIONAL ROLES OF PEDIATRIC NURSING

Arş. Gör. Dr. Rukiye ÇELİK
Gazi Üniversitesi, Hemşirelik Fakültesi, Çocuk Sağlığı ve Hastalıkları Hemşireliği ABD, Ankara, Türkiye
ORCID: 0000-0002-0609-2693

Dr. Öğr. Üyesi Birgül ERDOĞAN
Kocaeli Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Fakültesi Hemşirelik Bölümü, Çocuk Sağlığı ve Hastalıkları Hemşireliği ABD, Kocaeli, Türkiye
ORCID: 0000-0001-9074-2646

ÖZET

İklim değişikliği, yalnızca çevresel bir sorun değil; sağlık, ekonomi ve toplumsal yaşam üzerinde derin etkiler oluşturan, entegre ve proaktif yanıt gerektiren çok boyutlu bir küresel krizdir. Kısa, orta ve uzun vadeli sonuçlarıyla iklim değişikliği; fizyolojik, immünolojik ve gelişimsel açıdan hassas bir grup olan çocukları aşırı sıcaklık, hava ve su kirliliği, gıda güvensizliği, bulaşıcı hastalıklar, ekosistem bozulmaları ve iklimle ilişkili afetler gibi çevresel risklere karşı orantısız biçimde savunmasız hâle getirmektedir. Güncel kanıtlar, bu maruziyetlerin solunum yolu hastalıkları, enfeksiyonlar, beslenme sorunları ve yaralanmalar gibi fiziksel sonuçların yanı sıra kaygı, stres, travma ve iklim anksiyetesi gibi ruh sağlığı sorunlarıyla da ilişkili olduğunu göstermektedir. İklim krizi, çocukların sağlıklı büyüme ve gelişme, güvenli çevrede yaşama, eğitime erişim ve sağlık hizmetlerinden yararlanma haklarını tehdit ederek çocuk sağlığının hak temelli ve eşitsizlik odaklı bir yaklaşımla ele alınmasını gerekli kılmaktadır. Çocuk Hakları Sözleşmesi ve Birleşmiş Milletler Sürdürülebilir Kalkınma Hedefleri de iklim değişikliğinin çocuk sağlığı, refahı ve yaşam koşulları üzerindeki belirleyici etkisini ortaya koymaktadır. Hemşireliğin insan, çevre, sağlık ve bakım/hastalık kavramlarından oluşan temel metaparadigması çerçevesinde değerlendirildiğinde, çocuk hemşireleri iklim değişikliğinin çocuk sağlığı üzerindeki etkilerinin azaltılmasında stratejik bir konuma sahiptir. Çocuk hemşirelerinin iklim değişikliklerini göz önünde bulundurarak bakımı planlaması gerekmektedir. Çocuk hemşireliği bu süreçte yalnızca klinik bakım sunumuyla sınırlı değildir; koruyucu bakım, çevresel sağlık okuryazarlığının geliştirilmesi, aile eğitimi, erken risk tanılama, savunmasız grupların belirlenmesi, afetlere hazırlık, araştırma, politika geliştirme ve savunuculuk gibi çok boyutlu rolleri içermektedir. Son yıllarda yayımlanan uluslararası raporlar ve rehberler de hemşirelerin iklim değişikliğiyle mücadelede bakım, eğitim, klinik uygulama, araştırma ve sağlık politikalarının şekillendirilmesi alanlarında liderlik üstlenmesi gerektiğini vurgulamaktadır. Bununla birlikte iklim değişikliği ile mücadelede zorlukların belirlenmesi ve önerilerin geliştirilmesi hayati öneme sahiptir. Bu derlemenin amacı, değişen iklim koşullarının çocuk sağlığı üzerindeki etkilerini güncel literatür ışığında incelemek ve çocuk hemşirelerinin bu süreçte üstlendiği çok boyutlu rolleri ortaya koymaktır.

Anahtar kelimeler: İklim değişikliği, çocuk sağlığı, çocuk hemşireliği, hemşirelik rolü

ABSTRACT

Climate change is not merely an environmental problem; it is a multifaceted global crisis that requires an integrated, proactive response, with profound impacts on health, the economy, and social life. With its short, medium, and long-term consequences, climate change disproportionately exposes children, a physiologically, immunologically, and developmentally vulnerable group, to environmental risks such as extreme temperatures, air and water pollution, food insecurity, infectious diseases, ecosystem disruption, and climate-related disasters. Current evidence shows that these exposures are associated with physical consequences such as respiratory illnesses, infections, nutritional deficiencies, and injuries, as well as mental health issues such as anxiety, stress, trauma, and climate anxiety.

The climate crisis threatens children's rights to healthy growth and development, safe living environments, access to education, and access to healthcare, necessitating a rights-based and inequality-focused approach to child health. The Convention on the Rights of the Child and the United Nations Sustainable Development Goals also highlight the crucial impact of climate change on children's health, well-being, and living conditions. When evaluated within the framework of nursing's fundamental metaparadigm encompassing human, environment, health, and care/illness concepts, pediatric nurses hold a strategic position in mitigating the effects of climate change on child health. Pediatric nurses need to plan care with climate change in mind. In this process, pediatric nursing is not limited to clinical care delivery; it encompasses multifaceted roles such as preventive care, development of environmental health literacy, family education, early risk assessment, identification of vulnerable groups, disaster preparedness, research, policy development, and advocacy. Recent international reports and guidelines also emphasize the need for nurses to assume leadership roles in care, education, clinical practice, research, and shaping health policies in the fight against climate change. Furthermore, identifying challenges and developing recommendations to combat climate change is vital. This review examines the effects of changing climate conditions on child health, drawing on current literature, and highlights the multifaceted roles pediatric nurses play in this process.
Keywords: Climate change, child health, pediatric nursing, nursing role

INTRODUCTION

Climate change is one of the most important global health problems of the 21st century, threatening human health with effects such as rising temperatures, extreme weather events, air and water pollution, infectious diseases, and food insecurity (WHO, 2023). Children, due to their ongoing physical and cognitive development, are more vulnerable to environmental risks and are directly and indirectly affected by climate change (WHO, 2021; Helldén et al., 2021; Romanello et al., 2023). The effects of climate change on children's health persist throughout life, beginning in the prenatal period. Heat waves and air pollution are associated with premature birth, low birth weight, and neurodevelopmental problems (Bekkar et al., 2020). In addition, worsening air quality and wildfire smoke increase asthma and respiratory infections in children (Ahdoot et al., 2024; Abbas & Alqahtani, 2026). Climate-sensitive infectious diseases, food insecurity, and water scarcity lead to malnutrition, stunted growth, and weakened immune systems (Romanello et al., 2023; Ahdoot et al., 2024). The Convention on the Rights of the Child and the United Nations Sustainable Development Goals also emphasize that children can be severely affected by climate change (United Nations General Assembly, 2015; Convention on the Rights of the Child, 1989).

In addition to physical effects, climate change negatively impacts children's mental health. Increased climate anxiety, stress, and feelings of uncertainty are reported in children and adolescents (Beşirik, 2026; UNICEF, 2021). It is reported that early-life environmental stressors can lead to long-term neurodevelopmental and metabolic consequences (Beşirik, 2026). It is estimated that approximately one billion children live in regions with high climate risk (UNICEF, 2021). Furthermore, children from low socioeconomic backgrounds are more exposed to environmental risks and have more limited coping resources. This situation demonstrates that climate change is deepening health inequalities. In this process, pediatric nurses play a crucial role in preventive care, early identification of at-risk children, family education, and advocacy for environmentally sustainable practices (Lyons, 2026). The literature shows that nurses assume critical responsibilities in raising climate awareness, integrating environmental health into clinical practices, and supporting adaptation strategies (ICN, 2021). Therefore, strengthening the caregiver, educator, researcher, leader, and advocate roles of pediatric nurses is of great importance in combating the effects of climate change on child health.

CLIMATE CHANGE IN THE CONTEXT OF CHILDREN'S VULNERABILITY

The climate crisis is considered a significant global problem, not only environmentally but also in terms of children's rights. According to UNICEF's Children's Climate Risk Index, approximately 1 billion children live in "extremely high-risk" countries, simultaneously exposed to multiple climate threats and inadequate basic services (UNICEF, 2021). Children's vulnerability is not limited to physical health; climate change also affects psychological well-being, education, and social life. Extreme weather events, disasters, and environmental uncertainties can lead to anxiety, stress, post-traumatic stress symptoms,

and climate anxiety in children (Hickman et al., 2021; Proulx et al., 2024). It has been reported that future climate-related anxieties, especially among young people, can affect daily functioning (Hickman et al., 2021). Socioeconomic inequalities further increase children's vulnerability. Poverty, lack of access to healthcare, inadequate housing, and problems with clean water make children more vulnerable to climate-related risks. Children, especially those living in low- and middle-income countries, are disproportionately affected by floods, droughts, food crises, and infectious diseases (Romanello et al., 2023; WEF, 2024).

Climate change-related migration and displacement also negatively affect children's access to health, education, and social support systems (UNICEF, 2023). Furthermore, the limited participation of children in decision-making processes on climate policies constitutes a significant problem for climate justice (Helldén et al., 2021). Therefore, it is necessary to develop child-centered climate policies, strengthen climate-resilient health systems, and expand community-based preventive interventions. Pediatric nurses play important roles in early risk assessment, family education, advocacy, and psychosocial support processes (Bustamante, 2025).

THE MULTIDIMENSIONAL ROLES OF PEDIATRIC NURSING IN CLIMATE CHANGE

Climate change poses a complex and systemic threat to child health, impacting through interconnected environmental, biological, and social pathways. Children's increased vulnerability, stemming from physiological immaturity, developmental sensitivities, and their need for care, necessitates comprehensive and proactive care from nurses. In this context, the roles of pediatric nurses extend beyond traditional care delivery to encompass protective, educational, clinical, advocacy, leadership, and research-oriented dimensions (Helldén et al., 2021; Romanello et al., 2023; Romanello et al., 2024; ICN, 2024).

• Protective Role - Risk Reduction, Early Detection

Pediatric nurses play a key role in the early detection and prevention of climate-related health risks in children. Climate change, heat stress, air pollution, food security, clean water, disasters, infectious diseases, and exposure to environmental hazards are increasing, all of which significantly impact child health outcomes. Therefore, nurses are responsible for conducting environmental risk assessments, identifying vulnerable populations, and implementing preventive strategies such as promoting vaccination, ensuring access to clean and safe water and food, implementing disaster management, implementing heat protection measures, and implementing infection control practices (WHO, 2023). However, nurses should also play a role in mobilizing individuals and communities by being among policymakers. Early detection and proactive intervention by pediatric nurses in environmental health risks can reduce morbidity and long-term developmental outcomes in children (Butterfield, Leffers & Vásquez, 2021; Çolak & Karakaya, 2026).

• Educational Role - Family and Child Education, Minimal Improvement

One of the most fundamental roles of pediatric nurses in combating climate change is education. Nurses are uniquely positioned to raise awareness among children and families about climate-related risks and protective behaviors. This training includes guidance on fluid intake during extreme heat, protection from air pollution, safe use of water and food, and disaster preparedness. Furthermore, integrating climate change into health education improves environmental health literacy and promotes sustainable health behaviors at both the individual and societal levels. Pediatric nurses also use this training to support parents in developing adaptive care practices, particularly for high-risk groups such as infants and children with chronic illnesses (Çolak & Karakaya, 2026).

• Clinical Care Role - Management Affected by Climate Change

Climate change is associated with a wide range of clinical conditions in children, including acute illnesses, chronic illnesses, respiratory illnesses, vector-borne infections, epidemics, malnutrition, and mental health issues. Pediatric nurses play a central role in managing and monitoring these conditions by providing evidence-based care, ensuring holistic, individual-centered, atraumatic, and continuous care, and adapting clinical practices to emerging environmental health challenges.

Furthermore, nurses contribute to strengthening the resilience of the health system by recognizing climate-related disease patterns and adjusting care protocols accordingly (Eskandar, 2024; Lyons, 2026).

• Advocacy Role - Children's Rights, Equity, Justice

Pediatric nurses serve as powerful advocates for child health and environmental justice. Children are one of the most vulnerable population groups to climate change, and many lack the capacity to advocate for themselves. Therefore, nurses have an ethical responsibility to represent children's needs in clinical, community, and policy settings. Advocacy efforts include promoting equitable access to health services, addressing the social determinants of health, and raising awareness of the disproportionate impact of climate change on disadvantaged populations. Nurses also contribute to community-based initiatives to mitigate environmental risks and improve child health outcomes (Anderko & Pennea, 2022; ICN, 2024).

• Policy and Leadership Role - Contribution to Health Policies

Nurses play a significant role in developing and implementing health policies related to climate change. Pediatric nurses, in particular, can influence decision-making processes by contributing to the development of mitigation and adaptation strategies for climate change at local, national, and global levels. As the largest group of health professionals, nurses are a powerful force that can actively participate in policy development, climate action planning, and sustainability initiatives within health systems. In this context, nurses' participation in practices that support environmental sustainability and their awareness of the impacts of climate change on health are crucial. They must contribute to raising awareness on this issue. In particular, pediatric nurses should assume a critical role in advocating for child-centered policies that aim to reduce environmental risks and support children's long-term health resilience (Evans-Agnew, LeClair & Sheppard, 2024; ICN, 2024).

• Research and Evidence-Based Practice Role - Evidence-Based Care and Research

The production and application of scientific evidence in the context of climate change are fundamental components of pediatric nursing practice. Pediatric nurses play an important role in advancing scientific knowledge by contributing to research on environmental health risks in children, the health impacts of climate change, intervention strategies, and health outcomes. Evidence-based practices enable pediatric nurses to plan effective care interventions, evaluate the outcomes of implemented interventions, and continuously improve the quality of care. In addition, nursing research supports the development of clinical guidelines and contributes to shaping health policies, helping to strengthen systematic and effective approaches to health problems related to climate change (Akachi, Goodman & Parker, 2009; Butterfield, Leffers & Vásquez, 2021).

INTEGRATING CLIMATE CHANGE INTO PEDIATRIC NURSING PRACTICES

Integrating climate change into pediatric nursing practices requires a shift from a disease-focused care approach to a systems-based, predictive, and resilience-focused approach. Children are disproportionately affected by climate change due to their developmental vulnerabilities, physiological sensitivities, and dependence on caregivers. Therefore, including environmental health determinants in assessment and care processes in pediatric nursing practices is crucial. This approach is consistent with a planetary health perspective grounded in the relationship between human health and ecological systems (Helldén et al., 2021; Romanello et al., 2023).

• Integration into Clinical Practice - Expanding the Scope of Pediatric Assessment and Care

Integrating climate change into clinical nursing practice requires expanding the scope of traditional health assessment to include environmental exposure histories and climate-related risk profiling. Pediatric nurses must systematically assess factors such as air quality, housing conditions, water and food security, exposure to extreme weather events, environmental health determinants, and access to safe environments. This approach aligns with an ecological health model where biological, environmental, and social determinants dynamically interact. Clinical decision-making must also adapt to the evolving epidemiology of climate-sensitive conditions.

For example, increased exposure to ambient air pollution and aeroallergens contributes to the increasing burden of respiratory diseases in children, while changing vector ecology expands the geographic distribution of infectious diseases. Therefore, pediatric nurses must integrate climate-informed risk assessment into diagnostic reasoning and care planning.
Furthermore, continuity of care becomes particularly critical in the context of climate-related disruptions such as natural disasters or extreme weather events. Pediatric nurses play a central role in maintaining care coordination, ensuring access to essential services, and supporting families in receiving care within disrupted health systems. Integrating climate change-sensitive clinical guidelines into routine practice enhances both preparedness and adaptation capacity in pediatric care settings (WHO, 2023; Lyons, 2026).

• Integration into Nursing Education - Training Climate-Aware Pediatric Nurses
The integration of climate change into pediatric nursing depends on developing a climate-aware workforce. Therefore, nursing education must undergo a significant transformation to incorporate climate science, environmental health, disaster preparedness, and sustainability principles into the curriculum. Contemporary educational frameworks emphasize competency-based learning, which requires not only the acquisition of knowledge but also the development of practical skills and critical thinking abilities. Simulation-based learning, case-based discussions, and community-focused educational models enhance preparedness for climate-related health challenges by providing students with opportunities to apply theoretical knowledge to real-world scenarios. Furthermore, integrating planetary health concepts into nursing education fosters a broader understanding of the interconnectedness between environmental systems and human health outcomes. This perspective supports the development of ethically grounded, socially responsible nursing professionals who can address complex global health challenges. Continuous professional development programs are equally important in ensuring the current workforce is informed about emerging evidence and evolving best practices. Without sustainable investment in education, the integration of climate change into clinical practice will likely remain fragmented and inconsistent (Lee et al., 2024; Lyons, 2026).

• Health System Integration - Climate Change-Responsive Pediatric Care
The integration of climate change into pediatric nursing practice cannot be achieved in isolation from broader health system transformation. Climate change-responsive health systems are defined by their capacity to anticipate, respond to, and recover from climate-related shocks while preserving essential functions and services. Pediatric nurses contribute to system-level resilience by actively participating in disaster preparedness planning, emergency response coordination, and the implementation of infection prevention and control measures. Their frontline position in health systems allows them to identify vulnerabilities, develop adaptive strategies, and ensure that child-specific needs are met. Furthermore, integrating sustainability principles into healthcare delivery is increasingly recognized as a critical component of climate-resilient systems. Pediatric nurses are contributing to reducing resource consumption, minimizing waste, and implementing low-carbon healthcare models. They can play a leadership role in promoting environmentally sustainable practices, such as defense. These efforts contribute not only to environmental protection but also to the long-term sustainability of health systems (Romanello et al., 2023).

• Digital Health and Technological Integration - Enhancing Adaptive Capacity
Digital health technologies offer transformative potential for integrating climate change-sensitive strategies into pediatric nursing practice. Telehealth services, mobile health applications, and web-based monitoring systems enhance access to care, particularly in environments affected by climate-related disruptions or geographical barriers. These technologies facilitate remote monitoring of vulnerable populations, enabling early detection of health risks and timely intervention. For example, digital platforms can support parents in managing heat-related risks, monitoring respiratory illness symptoms, and accessing evidence-based guidance during environmental crises. Furthermore, digital health technologies can be leveraged to support climate change adaptation, including disease surveillance, telemedicine, patient support systems, and public awareness campaigns.

In addition, digital tools can support data-driven decision-making by integrating environmental monitoring data (e.g., air quality indices, temperature trends) with clinical information systems. This integration enables pediatric nurses to predict risk patterns and tailor interventions accordingly. However, issues related to equity, accessibility, and digital literacy must also be considered in the implementation of digital health solutions. Without addressing these factors, technological integration may unintentionally worsen existing health inequalities (Li et al., 2025; Orton et al., 2025).

• Policy Integration and Leadership - Enhancing Child-Centered Climate Action

Integrating climate change into pediatric nursing requires active participation in policy development and leadership processes. Pediatric nurses possess unique insights into the health impacts of climate change on children and are therefore well-positioned to contribute to evidence-based policymaking. Policy integration includes advocating for the inclusion of child health considerations in climate adaptation and mitigation strategies, strengthening environmental health regulations, and promoting equitable access to health services. At the institutional level, pediatric nurses can influence institutional policies by integrating climate considerations into clinical guidelines, quality improvement initiatives, and sustainability strategies. Leadership in this area extends beyond traditional clinical roles and encompasses interdisciplinary collaborations, public health advocacy, and participation in global health initiatives. The International Council of Nurses emphasizes that nurses should act as agents of change in the fight against climate change, using their professional and societal credibility to influence policy and practice (ICN, 2024; Lyons, 2026).

CHALLENGES AND OBSTACLES

Despite increasing recognition of climate change as a critical determinant of child health, the integration of climate-sensitive approaches into nursing practice in this field remains fragmented and inconsistent. This is shaped by a complex interplay of individual, institutional, political, and systemic barriers that limit pediatric nurses' capacity to effectively address climate-related health risks. Understanding these challenges and barriers is crucial to developing targeted, sustainable practice strategies.

• Knowledge Gaps and Limited Climate Health Literacy

One of the most significant barriers is limited knowledge and awareness among healthcare professionals, including pediatric nurses, regarding climate change and its impacts on health. While the evidence base linking climate change to child health outcomes has expanded significantly, this knowledge has not been systematically translated into clinical practice or nursing education. Studies show that many nurses are inadequately trained in environmental health and lack confidence in addressing climate-related issues in clinical settings. This gap in climate health literacy limits pediatric nurses' ability to conduct environmental risk assessments, provide evidence-based guidance, and engage in advocacy. Furthermore, the lack of standardized competencies in nursing curricula related to climate change contributes to variability in knowledge and practice (Helldén et al., 2021; Lee et al., 2024).

• Curriculum and Educational Limitations

The integration of climate change into nursing education is uneven across institutions. In many educational programs, climate-related content is either absent or addressed superficially; it is often treated as part of broader public health issues rather than as a separate and critical area of practice. This lack of structured curriculum integration hinders the development of climate-competent pediatric nurses and perpetuates a reactive rather than a proactive approach to care. In addition, the limited availability of trained faculty, inadequate educational resources, and competing curriculum demands further restrict the inclusion of climate-related issues in nursing education (Ibrahim, AbdElhafez, Hassan & Alaswad, 2023; Lee et al., 2024).

• Institutional and Organizational Constraints

Healthcare systems often lack the necessary infrastructure, resources, and strategic prioritization at the organizational level to support integrating climate change into practice. High patient loads, workforce shortages, and time constraints reduce opportunities for pediatric nurses to participate in climate change-related protective, educational, and advocacy activities.

Furthermore, climate change is often not integrated into institutional policies, clinical guidelines, or quality improvement frameworks. This lack of organizational support can limit the transposition of evidence into practice and create variability in care delivery. Without explicit institutional obligations, climate-sensitive practices may remain dependent on individual initiative rather than being systematically implemented (Kaini, 2025; Uslu & Koç, 2026).

• Lack of Standardized Guidelines and Transposition of Evidence into Practice

While scientific evidence on climate change and health has increased significantly, there is a gap in translating this evidence into practical, user-friendly clinical guidelines for pediatric nursing. The absence of standardized protocols limits nurses' ability to integrate climate-related considerations into routine care. In addition, current evidence is often fragmented, context-specific, or not directly applicable to pediatric populations, further complicating practice. This underscores the need to develop both evidence-based and contextually adaptable clinical guidelines and targeted research (Romanello et al., 2023).

• Socioeconomic Inequalities and Structural Barriers

Socioeconomic factors, such as poverty, inadequate housing, limited access to healthcare, and environmental exposures, increase vulnerability to climate-related health risks. These structural inequalities pose significant challenges for pediatric nursing, as interventions must address broader social determinants of health beyond individual care. However, limited resources and systemic constraints can often hinder nurses' ability to effectively address these complex and interconnected factors (Helldén et al., 2021; Nicholas & Breakey, 2017).

• Policy Gaps and Limited Inter-Sectoral Cooperation

Climate policies at national and international levels are largely designed from an adult perspective, failing to account for children's unique vulnerabilities adequately. Although the World Health Organization emphasizes that children bear more than 88% of the disease burden caused by climate change, policymakers appear to be failing to translate these findings into practice (WHO, 2023). UNICEF reports indicate that approximately 1 billion children live in countries at high risk of climate shocks, yet the vast majority of these countries lack child-specific adaptation strategies (UNICEF, 2026). Health systems lack systematic planning for preparedness for the impacts of climate change on child health. Standardized approaches in areas such as pediatric emergency response protocols during extreme weather events, child protection guidelines against heat waves, and surveillance of climate-related infectious diseases are not yet widespread. The climate-child health link lies at the intersection of multiple sectors, including health, environment, education, social services, and urban planning. However, these sectors often operate with independent budgets, targets, and performance indicators, making integrated approaches difficult (Meherali et al., 2024).

• Psychological and Occupational Burden on Nurses

The increasing complexity of healthcare demands, combined with the challenges posed by climate change, contributes to psychological and occupational strain among nurses. Exposure to climate-related disasters, increased workloads, and the emotional burden of caring for affected populations can lead to burnout, compassion fatigue, and decreased job satisfaction. These factors may negatively impact pediatric nurses' capacity to take on additional roles such as advocacy, education, and research. Therefore, supporting nurses' well-being is essential for sustaining effective responses to climate change (ICN, 2024).

FUTURE INTERVENTIONS AND RECOMMENDATIONS

Addressing the complex and evolving impacts of climate change on child health requires a forward-looking, systems-oriented, and equitable approach. Pediatric nursing, situated at the intersection of clinical care, public health, and community engagement, is uniquely positioned to lead transformative efforts in climate-sensitive health services. However, to fully realize this potential, strategic actions are needed across research, education, clinical practice, health systems, and policy.

• Enhancing Research and Strengthening the Evidence Base

Future research should prioritize generating high-quality, child-specific evidence on the impacts of climate change on health and the effectiveness of nursing-led interventions. While the current literature has established a broad link between climate change and child health, significant gaps remain in understanding context-specific vulnerabilities, longitudinal developmental outcomes, and the effectiveness of interventions. Longitudinal studies are particularly needed to examine the cumulative and intergenerational impacts of climate-related exposures on child development, including physical, cognitive, and psychosocial outcomes. Furthermore, intervention studies evaluating preventive, educational, and digital health strategies implemented by pediatric nurses are essential to inform evidence-based practices. Research should also adopt interdisciplinary approaches that integrate environmental science, epidemiology, the social sciences, and health policy perspectives. Such collaboration can enhance the comprehensiveness and applicability of findings. Importantly, future studies should incorporate equity-focused frameworks to ensure that the needs of vulnerable populations are adequately addressed (Helldén et al., 2021; Romanello et al., 2023).

• Transforming Nursing Education and Competency Frameworks

Developing a climate-competent pediatric nursing workforce requires systematically integrating climate change into undergraduate and postgraduate nursing education. Future orientations should include the development of standardized competencies in climate and environmental health to ensure consistency across educational programs. Curriculum transformation should incorporate innovative pedagogical approaches such as simulation-based learning, problem-based learning, and community-focused education to enhance practical skills and critical thinking. These approaches enhance students' preparedness for climate-related health issues by enabling them to apply theoretical knowledge to real-world scenarios. Continuous professional development programs should also be strengthened to support the ongoing education of nurses working in practice. Without sustained investment in education and training, the integration of climate change into clinical practice will remain limited and inconsistent (ICN, 2024; Kurth, 2017; Lee et al., 2024; Roberge, Diallo, Bérubé, Audate & Leblanc, 2025; WHO, 2021).

• Integration of Climate-Sensitive Care into Clinical Practice

To enhance the integration of climate change into pediatric nursing, future efforts should focus on developing and implementing standardized, evidence-based clinical guidelines. These guidelines should include climate-informed risk assessment tools, screening protocols, and intervention strategies specific to pediatric populations. Routine pediatric assessments should include environmental exposure screening to facilitate early detection and targeted interventions for climate-related risks. Furthermore, particularly in the context of climate-related disruptions, care models should be adapted to emphasize prevention, resilience, and continuity of care. Given the increasing prevalence of climate-related psychological distress among children, the integration of trauma-focused care approaches is also essential. Pediatric nurses should be equipped to address both the physical and psychosocial impacts of climate change holistically (ICN, 2024; Lyons, 2026; Nicholas & Breakey, 2017).

• Strengthening Climate Change Resilient Health Systems

Future trends should prioritize the development of climate-resilient health systems that can anticipate, respond to, and recover from climate-related challenges. Pediatric nurses should actively participate in disaster preparedness planning, emergency response coordination, and health system strengthening initiatives. Health institutions should integrate sustainability principles into their operations, including reducing carbon emissions, optimizing resource use, and minimizing environmental impact. Pediatric nurses can play a leadership role in promoting these practices and advocating for institutional change. Interdisciplinary collaboration is crucial in this context. Partnerships between healthcare providers, public health institutions, environmental organizations, and community stakeholders can enhance system-level resilience and improve child health outcomes (Braithwaite, Zurynski, & Carolynn, 2024; Romanello et al., 2023).

• Leveraging Digital Health and Innovation

Technological innovations offer significant opportunities to enhance climate change-sensitive pediatric nursing practices. Future initiatives should focus on developing and implementing digital health tools to support remote monitoring, health education, and continuity of care. Telehealth services, mobile health applications, and web-based platforms, along with AI-integrated systems, can improve access to care, particularly for vulnerable populations affected by climate-related disruptions. These tools can also facilitate real-time communication between healthcare providers and families, enabling timely intervention and support. However, future strategies should address digital equity by ensuring that technological solutions are accessible and inclusive. Efforts to improve digital literacy and infrastructure are essential to maximize the benefits of digital health innovations (Oh, 2023; Campbell et al., 2025; Morris et al., 2025).

• Enhancing Policy Participation and Leadership

Pediatric nurses should play an active role in shaping policies related to climate change and child health. Future orientations should include strengthening nurses' participation in policymaking processes at local, national, and global levels. Advocacy efforts should focus on integrating child health issues into climate policy, promoting environmental justice, and ensuring equitable access to health services. Nurses can leverage their professional credibility to influence decision-making and raise awareness about the impacts of climate change on health. The World Health Organization and the International Council of Nurses emphasize the importance of nursing leadership in addressing global health challenges, including climate change. Therefore, strengthening leadership competencies among pediatric nurses is essential to advancing child-centered climate action (Kurth, 2017; ICN, 2024; Nicholas & Breakey, 2017; Romanello et al., 2023; WHO, 2023).

CONCLUSION

This review reveals that the impacts of climate change on child health are not limited to acute physical illnesses; they also have long-term developmental, psychosocial, and societal consequences. Furthermore, the existing literature shows that pediatric nurses assume multifaceted roles that extend beyond clinical care to mitigate health risks related to climate change. Pediatric nurses hold a strategic position in preventive care, early identification of environmental risks, health education, disaster preparedness, mental health support, advocacy, research, and policy development processes. However, integrating climate change into pediatric nursing practices remains insufficient due to knowledge gaps, curriculum deficiencies, institutional limitations, a lack of standardized guidelines, and policy gaps. Accordingly, to strengthen the role of pediatric nursing in the context of climate change, nursing education programs need to be restructured in line with a climate and planetary health perspective, climate health literacy needs to be increased, and evidence-based clinical guidelines need to be developed. In addition, the creation of child-centered climate policies, the development of climate-resilient health systems, and the strengthening of interdisciplinary collaboration among health, education, environment, and social services are critical. In conclusion, pediatric nursing is not only a discipline that provides care in mitigating the impacts of climate change on child health, but also a crucial agent of change supporting transformation towards sustainability, climate justice, and health equity. To ensure the future protection of child health, systematic and sustainable approaches that strengthen pediatric nurses' clinical, educational, research, and advocacy roles need to be integrated into health policies.

REFERENCES

Abbas, M., & Alqahtani, D. O. (2026). Impact of climate change on pediatric health outcomes. *Global Health Action*, *19*(1), 2648401. https://doi.org/10.1080/16549716.2026.2648401.

Ahdoot, S., Baum, C. R., Cataletto, M. B., Hogan, P., Wu, C. B,. Bernstein, A., Council on Environmental Health and Climate Change, Council on Children and Disasters, Section on Pediatric Pulmonology and Sleep Medicine, Section on Minority Health, Equity, and Inclusion (2024). Climate Change and Children's Health: Building a Healthy Future for Every Child. *Pediatrics*, *153*(3), e2023065505. https://doi.org/10.1542/peds.2023-065505.

Akachi, Y., Goodman, D., & Parker, D. (2009). Global climate change and child health: a review of pathways, impacts and measures to improve the evidence base. Innocenti Discussion Paper No. IDP 2009-03. Florence: UNICEF, Innocenti Research Centre.

Anderko, L., & Pennea, E. (2022). Climate changes children's health: improving clinical practice to address changing health needs. *The Journal for Nurse Practitioners*, *18*(4), 395-398. https://doi.org/10.1016/j.nurpra.2021.09.005.

Bekkar, B., Pacheco, S., Basu, R., & DeNicola, N. (2020). Association of air pollution and heat exposure with preterm birth, low birth weight, and stillbirth: A systematic review. *JAMA Network Open*, *3*(6), e208243. https://doi.org/10.1001/jamanetworkopen.2020.8243.

Beşirik, S. A. (2026). Mothers' anxiety levels regarding the impacts of global climate change on their children and associated factors. *OneHealth Plus Journal*, 4, 1–8.

Braithwaite, J., Zurynski, Y., & Carolynn, K. (Eds.). (2024). Routledge handbook of climate change and health system sustainability. Routledge.

Bustamante, M. M. D. C. (2025). Climate change and children's health: resilience challenges for Brazil. Jornal de Pediatria, 101(suppl 1), s3-s9. https://doi.org/10.1016/j.jped.2024.11.002.

Butterfield, P., Leffers, J., & Vásquez, M. D. (2021). Nursing's pivotal role in global climate action. *BMJ*, *373:n1049*. https://doi.org/10.1136/bmj.n1049.

Campbell, E. A., Holl, F., Marwah, H. K., Fraser, H. S., & Craig, S. S. (2025). The impact of climate change on vulnerable populations in pediatrics: opportunities for AI, digital health, and beyond—a scoping review and selected case studies. *Pediatric Research*, *98*(4):1250-1256. https://doi.org/10.1038/s41390-024-03719-x.

Çolak, M., & Karakaya, T. (2026). The relationship between environmental literacy and climate change awareness of nurses working in pediatric clinics. *Journal of Pediatric Nursing*, *88*, 61-71. https://doi.org/10.1016/j.pedn.2026.02.011.

Evans-Agnew, R., LeClair, J., & Sheppard, D. A. (2024). Just-relations and responsibility for planetary health: The global nurse agenda for climate justice. *Nursing Inquiry*, *31*(1), e12563. https://doi.org/10.1111/nin.12563.

Eskandar, K. (2024). The impact of climate change on pediatric health: A literature review on emerging risks. *Revista Ecuatoriana de Pediatría*, *25*(3), 24–36. https://doi.org/10.52011/RevSepEc/e274.

Helldén, D., Andersson, C., Nilsson, M., Ebi, K. L., Friberg, P., & Alfvén, T. (2021). Climate change and child health: A scoping review and an expanded conceptual framework. *The Lancet Planetary Health*, *5*(3), e164–e175. https://doi.org/10.1016/S2542-5196(20)30366-0.

Hickman, C., Marks, E., Pihkala, P., Clayton, S., Lewandowski, R. E., Mayall, E. E., Wray, B., Mellor, C., & van Susteren, L. (2021). Climate anxiety in children and young people and their beliefs about government responses to climate change: A global survey. *The Lancet Planetary Health*, *5*(12), e863–e873. https://doi.org/10.1016/S2542-5196(21)00278-3.

Ibrahim, M. A., AbdElhafez, A. M., Hassan, E. A., & Alaswad, N. K. (2023). Impact of empowerment for pediatric nursing students on their knowledge about climate change and its impact on children health. *Egyptian Nursing Journal*, *20*(3), 404-413. https://doi.org/10.4103/enj.enj_22_23.

International Council of Nurses. (2021). *Nurses, climate change and health*. https://www.icn.ch

International Council of Nurses. (2024). *Nurses, climate change and health: Position statement*. https://www.icn.ch

Kaini, B. K. (2025). Role of Healthcare Managers in Managing the Impact of Climate Change on He althcare in Nepal. *National Open College*, 118-128. https://doi.org/10.5281/zenodo.15366181.

Kurth, A. E. (2017). Planetary health and the role of nursing: A call to action. *Journal of Nursing Scholarship*, *49*(6), 598-605. https://doi.org/10.11 11/jnu.12343.

Lee, J. J., Huang, Y., Yan, Y., Lui, Y. W., & Ye, F. (2024). Integrating climate change and sustainability in nursing education. *Nurse Education Today*, *140*, 106290. https://doi.org/10.1016/j.nedt.2024.106290.

Li, Y., Wu, G., Gong, P., Liu, C., Liang, L., Gong, M., & Zeng, Z. (2025). Harnessing Digital Health Technologies to Combat Climate Change-Related Health Impacts. *Health Care Science*, *4*(4), 235-242. https://doi.org/10.1002/hcs2.70032.

Lyons, R. (2026). The Nurse Practitioner's Role in Pediatric Acute Care for Climate-Related Illness. *The Journal for Nurse Practitioners*, *22*(2), 105665. https://doi.org/10.1016/j.nurpra.2025.105665.

Meherali, S., Aynalem, Y. A., Nisa, S. U., Kennedy, M., Salami, B., Adjorlolo, S., ... & Lassi, Z. S. (2024). Impact of climate change on child outcomes: an evidence gap map review. *BMJ paediatrics open*, *8*(1), e002592. https://doi.org/10.1136/bmjpo-2024-002592.

Morris, N. B., Barnes, M., Rybarczyk, A., & Chaseling, G. K. (2025). Digital technologies for climate-related health education, behavior and risk reduction: a systematic scoping review. *NPJ Digital Medicine*, *8*(1), 498. https://doi.org/10.1038/s41746-025-01907-5.

Nicholas, P. K., & Breakey, S. (2017). Climate change, climate justice, and environmental health: Implications for the nursing profession. *Journal of Nursing Scholarship*, *49*(6), 606-616. https://doi.org/10.1111/jnu.12326.

Oh, W. O. (2023). Digital healthcare for child health nursing. *Child Health Nursing Research*, *29*(2), 97–100. https://doi.org/10.4094/chnr.2023.29.2.97.

Orton, M., Samuel, G., Blakstad, M., Benjamin, P., Elkin, J., Franco-Suarez, O., ... & Drury, P. (2025). Learning as a missing component of digital health, environment and climate change. *NPJ Digital Medicine*, *8*(1), 633. https://doi.org/10.1038/s41746-025-02080-5.

Proulx, K., Daelmans, B., Baltag, V. & Banati, P. (2024). Climate change impacts on child and adolescent health and well-being: A narrative review. *Journal of Global Health*, *14*, 04061. https://doi.org/10.7189/jogh.14.04061.

Roberge, M., Diallo, T., Bérubé, A., Audate, P. P., & Leblanc, N. (2025). Climate change integration in nursing academic curricula and continuing education: A scoping review. *Canadian Journal of Nursing Research*, *57*(3), 406-428. https://doi.org/10.1177/08445621251341646.

Romanello, M., Di Napoli, C., Green, C., et al. (2023). The 2023 report of the Lancet Countdown on health and climate change: The imperative for a health-centred response in a world facing irreversible harms. *The Lancet*, *402*(10419), 2346–2394. https://doi.org/10.1016/S0140-6736(23)01859-7.

Romanello, M., Walawender, M., Hsu, S. C., Moskeland, A., Palmeiro-Silva, Y., Scamman, D., ... & Costello, A. (2024). The 2024 report of the Lancet Countdown on health and climate change: facing record-breaking threats from delayed action. *The Lancet*, *404*(10465), 1847-1896. https://doi.org/10.1016/ S0140-6736(24)01822-1.

UN General Assembly, (2015). Transforming our world: the 2030 agenda for sustainable development. https://www.un.org/en/development/desa/population/migration/generalassembly/docs/globalcompact/A_RES_70_1_E.pdf

UN (1989). Convention on the Rights of the Child**.** https://www.ohchr.org/Documents/ProfessionalInterest/crc.pdf

UNICEF. (2021). *The climate crisis is a child rights crisis: Introducing the Children's Climate Risk Index*. United Nations Children's Fund. New York. https://www.unicef.org/reports/climate-crisis-child-rights-crisis

UNICEF. (2023). Climate mobility and children: A global challenge. United Nations Children's Fund. https://data.unicef.org/resources/climate-mobility-and-childhood-report/

UNICEF. (2026). The Climate Crisis is a Child Rights Crisis. Introducing the Children's Climate Risk Index. https://www.unicef.org/reports/climate-crisis-child-rights-crisis

Uslu, Y., & Koç, S. (2026). Dünya Sağlık Örgütü'nün İklime Dayanıklı ve Sürdürülebilir Sağlık Tesisi Çerçevesi ile Türkiye'nin 2024–2030 İklim Eylem Planlarının Karşılaştırmalı Analizi. *Şura Akademi*, (12), 23-29.

World Economic Forum (WEF). (2024). Climate change is putting children's health at risk. https://www.weforum.org/stories/2024/09/children-climate-change-impact-health/

World Health Organization (WHO). (2023). Climate change. https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/climate-change-and-health.

World Health Organization (WHO). (2023). Climate change and health. https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/climate-change-and-health

YENİ NESİL HEMŞİRELERİN GÜVENLİK ALGISI

PAT IENT SAFETY PERCEPT ION AMONG CONTEMPORARY NURSES

Öğr. Gör. Osman ALAMAN
Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi, Sağlık Hizmetleri Meslek Yüksekoklu · Osmaniye, Türkiye
Çukurova Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü Hemşirelik Anabilim Dalı ·Adana, Türkiye,
ORCİD: ID/ 0000-0002-6182-2513

Doç. Dr. Zehra Eskimez,
Çukurova Üniversitesi Sağlık Bilimleri Fakültesi, Hemşirelik Bölümü
ORCID:0000-0002-8268-835X

ABSTRACT

Patient safety culture is a foundational organizational element that determines the sustainability of safe care in nursing. The objective of this study is to examine the theoretical foundations, determinants, and outcomes of patient safety culture in the nursing context using a holistic approach. While patient harm in healthcare has long been attributed to individual errors and inadequacies, contemporary approaches indicate that errors predominantly stem from deficiencies in system design. This paradigm shift has led to a new understanding of patient safety as a structural phenomenon shaped by organizational factors, including leadership, communication, teamwork, and the work environment. This shift indicates a departure from the previous emphasis on individual performance and emphasizes the need for a more comprehensive approach to patient safety.

The concept of patient safety culture comprises multiple dimensions, including the approach to errors, the tendency to report them, the presence of a non-punitive environment, and the perception of managerial support. In organizations with a robust safety culture, errors are regarded as opportunities for learning, open communication is promoted, and a team-based approach to care is reinforced. Conversely, a weak safety culture has been linked to the concealment of errors, silence, and a decline in the quality of care. As the professional group with the most direct contact with patients, nurses are both the implementers and the determinants of this culture.

The extant literature suggests that a positive patient safety culture enhances nurses' job satisfaction and organizational commitment. Conversely, a weak culture can lead to negative outcomes such as burnout, ethical dilemmas, and missed care. Moreover, within the structure–process–outcome model, structural issues, such as heavy workloads and staff shortages, lead to communication breakdowns and care errors.

In conclusion, a patient safety culture is not merely a quality indicator in nursing; it is also a fundamental building block that supports organizational learning, makes risks visible, and ensures the sustainability of safe care.

Keywords: patient safety, safety culture, nursing, error reporting, quality of care, organizational culture.

ÖZET

Hasta güvenliği kültürü, hemşirelikte güvenli bakımın sürdürülebilirliğini belirleyen temel örgütsel unsurlardan biridir. Bu çalışma, hasta güvenliği kültürünün hemşirelik bağlamındaki kuramsal temellerini, belirleyicilerini ve sonuçlarını bütüncül bir yaklaşımla ele almayı amaçlamaktadır. Sağlık hizmetlerinde hasta zararlarının uzun yıllar bireysel hata ve yetersizliklerle açıklanmasına karşın, güncel yaklaşımlar hataların büyük ölçüde sistem tasarımındaki zayıflıklardan kaynaklandığını ortaya koymaktadır. Bu dönüşümle birlikte hasta güvenliği, bireysel performansın ötesinde; liderlik, iletişim, ekip çalışması ve çalışma ortamı gibi örgütsel faktörlerle ilişkili bir yapı olarak değerlendirilmektedir.

Hasta güvenliği kültürü; hatalara yaklaşım, hata bildirim davranışı, cezalandırıcı olmayan ortamın varlığı ve yönetsel desteğin algılanması gibi çok boyutlu bileşenleri içermektedir. Güçlü bir güvenlik kültürüne sahip kurumlarda hatalar öğrenme fırsatı olarak görülmekte, açık iletişim desteklenmekte ve ekip temelli bakım anlayışı güçlenmektedir. Buna karşılık, zayıf güvenlik kültürü, hata gizleme, sessizlik ve bakım kalitesinde düşüş ile ilişkilendirilmektedir. Hemşireler, hasta ile en fazla temas eden meslek grubu olarak bu kültürün hem uygulayıcısı hem de belirleyicisidir.

Literatür, olumlu hasta güvenliği kültürünün hemşirelerin iş doyumu ve örgütsel bağlılığını artırdığını; zayıf kültürün ise tükenmişlik, etik ikilemler ve kaçırılmış bakım gibi olumsuz sonuçlara yol açtığını göstermektedir. Ayrıca yapı–süreç–sonuç modeli çerçevesinde, iş yükü ve personel yetersizliği gibi yapısal sorunların iletişim kopuklukları ve bakım hatalarına yol açtığı vurgulanmaktadır.
Sonuç olarak, hasta güvenliği kültürü, hemşirelikte yalnızca bir kalite göstergesi değil; aynı zamanda örgütsel öğrenmeyi destekleyen, riskleri görünür kılan ve güvenli bakımın sürdürülebilirliğini sağlayan temel bir yapı taşıdır
Anahtar kelimeler: Hasta güvenliği, güvenlik kültürü, hemşirelik, hata bildirimi, bakım kalitesi, örgütsel kültür

1. GİRİŞ

Hasta güvenliği kavramı, sağlık hizmetlerinde kalite ve etik tartışmalarının odağında özellikle 1990'lı yılların sonlarından itibaren yerleşmiştir (Swift, Kearney, Levett-Jones, & Bogossian, 2025). Sağlık hizmetlerinde ortaya çıkan olumsuz hasta sonuçları büyük ölçüde bireysel hata, dikkatsizlik ya da mesleki yetersizlik bağlamında ele alınırken, sistematik analizlerin sınırlı kaldığı görülmektedir. Ancak bu yaklaşım, hasta zararlarının sıklığını ve yapısal nedenlerini açıklamakta yetersiz kalmıştır. Hasta güvenliği alanında kırılma noktası, Institute of Medicine (IOM) tarafından yayımlanan To Err is Human: Building a Safer Health System raporu ile yaşanmıştır (Stelfox, Palmisani, Scurlock, Orav, & Bates, 2006).

Amerika Birleşik Devletleri'nde her yıl on binlerce hastanın önlenebilir tıbbi hatalar nedeniyle yaşamını yitirdiği ortaya konmuş; literatürde hasta zararlarının önemli bir bölümünün önlenebilir sistemsel faktörlerle ilişkili olduğu bildirilmektedir. Bu durum sağlık hizmetlerinde hataların bireysel başarısızlıklardan arınarak sistem tasarımındaki zayıflıklardan kaynaklandığını göstermiştir (Kumah, 2025; Newman-Toker et al., 2024; Shojania & Dixon-Woods, 2017). Hasta güvenliğini teknik beceri veya bireysel performans sorunu olmaktan çıkarmıştır. Örgütsel süreçler, iletişim biçimleri, liderlik anlayışı ve çalışma ortamı gibi faktörlerle ilişkili bir olgu olarak ele alınması vurgulanmıştır. James Reason'ın "İsviçre peyniri modeli" bu durumun kuramsal temelini oluşturmuş. Bu model hataların tek bir nedenden değil, sistemdeki çoklu savunma katmanlarının eşzamanlı zayıflığından kaynaklandığını vurgulamıştır (Anders, 2025; Pacenko, Figueiredo, Nunes, Cruchinho, & Lucas, 2024). Bu model, hasta güvenliği alanında kültür kavramının önem kazanmasına katkı vermiştir.

Literatürde, benzer teknolojik donanıma, benzer hasta profiline ve benzer klinik protokollere sahip sağlık kurumlarında hasta güvenliği sonuçlarının neden farklılaştığı sorgulanmıştır. Bu farklılığın yalnızca kaynaklarla açıklanamayacağı vurgulanmıştır. Güvenli bakım sonuçlarının, kurumların hatalara yaklaşım biçimi, çalışanların hata bildirimine yönelik algıları ve yöneticilerin güvenliği önceleyen tutumlarıyla yakından ilişkili olduğu belirtilmiştir (Aires-Moreno et al., 2025; Alsobou et al., 2025). Bu nedenle hasta güvenliği kültürü, bir kurumda güvenli bakımın ne ölçüde paylaşılan bir değer olarak benimsendiğini yansıtan temel belirleyici olarak tanımlanmaya başlanmıştır.

Hasta güvenliği kültürü; çalışanların hataları bildirme konusundaki cesaretini, cezalandırılma korkusunun varlığını, ekip içi iletişimin açıklığını ve yönetsel desteğin algılanma düzeyini kapsayan çok boyutlu bir yapı olarak ele alınmaktadır (Swinglehurst, Hogger, & Fudge, 2023). Güçlü bir güvenlik kültürüne sahip kurumlarda hataların bireysel suçlama yerine öğrenme fırsatı olarak görülmesi, sürekli iyileştirme anlayışının benimsenmesi ve ekip temelli çalışmanın desteklenmesi ön plana çıkmaktadır. Buna karşılık zayıf güvenlik kültürü, hataların gizlenmesine, savunmacı davranışlara ve bakım kalitesinde olumsuz sonuçlara yol açabilmektedir (Althobaiti, 2026).

Hemşirelik özelinde hasta güvenliği kültürü, yalnızca hasta zararlarının önlenmesiyle sınırlı bir kavram değildir. Hemşireler, sağlık sisteminde hasta ile en uzun süre temas eden profesyonel grup olmaları nedeniyle güvenli bakımın hem uygulayıcısı hem de göstergesi olarak kritik bir rol üstlenmektedir. Bu bağlamda, olumlu hasta güvenliği kültürünün hemşirelerin iş doyumu, örgütsel bağlılığı ve bakım kalitesi algısını artırdığı bildirilmektedir (Alanazi et al., 2024; Zhang et al., 2022). Buna karşılık zayıf güvenlik kültürünün tükenmişlik, iş yerinde psikolojik yük ve ahlaki sıkıntı ile ilişkili olduğu gösterilmiştir (Kim et al., 2023; Zabin et al., 2023). Ayrıca literatürde hasta güvenliği kültürünün, hemşirelerin klinik karar verme süreçleri ve etik ikilemlerle baş etme biçimleri üzerinde belirleyici olduğu vurgulanmaktadır (Althobaiti, 2026).

Özellikle hata bildiriminin cezalandırıcı yaklaşımlarla karşılandığı ortamlarda hemşirelerin etik sorumlulukları ile örgütsel baskılar arasında sıkıştığı, bunun da kaçırılmış hemşirelik bakımını artırarak güvenli bakımın sürdürülebilirliğini zayıflattığı bildirilmektedir (Labrague & Cayaban, 2025). Bu nedenle hasta güvenliği kültürü, hemşirelikte yalnızca bir kalite göstergesi değil; aynı zamanda etik, mesleki ve örgütsel boyutları olan temel olarak değerlendirilmektedir

2. HASTA GÜVENLİĞİ KÜLTÜRÜNÜN TANIMI

Hasta güvenliği kültürü, örgüt kültürünün güvenli bakım üretimine yansıyan, ölçülebilir ve işlevsel boyutunu ifade eder. Örgütte "işlerin nasıl yapıldığına" ilişkin yazılı olmayan norm ve değerler, hasta güvenliği kültüründe güvenliğin nasıl algılandığı, önceliklendirildiği ve uygulamaya aktarıldığı üzerinden görünür hâle gelir. Bu yönüyle hasta güvenliği kültürü, bireysel tutumların toplamından ziyade, örgütsel iklimin güvenlik odaklı bir dışavurumudur (Alabdaly, Hinchcliff, Debono, & Hor, 2024; Hesgrove, Zebrak, Yount, Sorra, & Ginsberg, 2024; Imran Ho, Jaafar, & Mohammed Nawi, 2024).

Hasta güvenliği kültürü; hatalara ve risklere yönelik algılar, hata bildirim davranışları ve yönetsel düzeyde güvenliğe dayanan önem gibi birbiriyle ilişkili çok boyutlu unsurlar üzerinden ele alınmaktadır. Güvenliği önceleyen örgütlerde hatalar bireysel başarısızlık olarak değil, sistemdeki zayıflıkları ortaya koyan öğrenme fırsatları olarak değerlendirilmektedir (Alabdaly et al., 2024). Buna karşılık cezalandırıcı kültürlerde suçlama ve sessizlik davranışları ön plana çıkmaktadır (Moraca et al., 2024). Benzer şekilde güçlü güvenlik kültürüne sahip kurumlarda riskler proaktif biçimde yönetilirken, zayıf kültürlerde risklerin zamanla normalleşmesi hasta güvenliği açısından olumsuz sonuçlara yol açabilmektedir (Kaya et al., 2023). Hata bildirim davranışı, hasta güvenliği kültürünün önemli bir göstergesi olmakla birlikte, düşük bildirim oranları çoğu zaman düşük hata sıklığını değil, korku temelli sessizlik kültürünü yansıtmaktadır (Al Muharraq et al., 2024). Bu nedenle bildirimin niteliği, sistemlerin varlığından çok örgütsel iklim ve yönetsel tutarlılıkla ilişkilidir. Yönetimin güvenliği açıkça önceliklendirmesi, kaynak tahsisi yapması ve tutarlı mesajlar vermesi, güvenlik kültürünün güçlenmesinde belirleyici rol oynamaktadır (Al Muharraq et al., 2024; Moraca et al., 2024).

Hemşirelik açısından hasta güvenliği kültürü, güvenli bakımın hem sonucu hem de ön koşuludur. Hemşirelerin klinik riskleri fark edip dile getirebilmesi, bireysel farkındalıktan çok çalışılan kurumun kültürel yapısına bağlıdır. Açık iletişimin ve öğrenmenin desteklendiği ortamlarda riskler erken aşamada yönetilebilirken, suçlayıcı ve hiyerarşik kültürlerde sessizlik yaygınlaşmakta ve hasta güvenliği ciddi biçimde tehlikeye girmektedir (Alabdaly et al., 2024).

3. HEMŞİRELİKTE HASTA GÜVENLİĞİ KÜLTÜRÜNÜN ÖNEMİ

Araştırmalar, hasta güvenliği kültürünün güçlü olduğu kurumlarda hata ve ramak kala olay bildirim oranlarının daha yüksek olduğunu göstermektedir (Kaya et al., 2023; Alabdaly et al., 2024). Yüksek bildirim oranları çoğu zaman yanlış biçimde güvensiz bakım göstergesi olarak yorumlansa da, literatür bu durumun kurumsal şeffaflık, öğrenme kapasitesi ve cezalandırıcı olmayan yaklaşımın bir yansıması olduğunu vurgulamaktadır (Weaver et al., 2013; Moraca et al., 2024). Bu bağlamda ramak kala olayların raporlanması, hasta zararları ortaya çıkmadan önce sistemsel zayıflıkların görünür hale gelmesini sağlayarak proaktif hasta güvenliği yönetimini destekleyen kritik bir unsur olarak değerlendirilmektedir (Singer & Vogus, 2013).Hasta güvenliği kültürünün zayıf olduğu ortamlarda ise hatalar ve özellikle kaçırılan hemşirelik bakımı çoğu zaman raporlanmamakta ve zamanla normalleştirilmektedir. Hemşireler, iş yükü ve kaynak yetersizliği karşısında "idare etme" stratejileri geliştirerek bakımın bazı unsurlarını ertelemekte; bu durum bakımın niceliksel olarak sürmesine karşın niteliksel olarak zayıflamasına yol açmaktadır. Güçlü hasta güvenliği kültürü, yalnızca hataların değil, bakımda yaşanan bu sessiz kayıpların da görünür hâle gelmesini mümkün kılmakta; zayıf kültürlerde ise bu kayıplar gizlenerek hasta güvenliği açısından kalıcı riskler oluşturmaktadır (Jones et al., 2015; Labrague & Cayaban, 2025).

4. HASTA GÜVENLİĞİ KÜLTÜRÜ MODELİ

Hasta güvenliği kültürü, yapı–süreç–sonuç modeli içinde güvenli bakımın üretildiği bütüncül bağlamı temsil etmektedir.

Örgütsel kaynaklar ve çalışma koşullarını kapsayan yapı, bakımın günlük pratiklerini belirleyen süreçler ve ortaya çıkan klinik ile çalışan sonuçları, güvenlik kültürü aracılığıyla birbirine bağlanmaktadır. Yetersiz istihdam ve yüksek iş yükü gibi yapısal sorunlar güvenliğe ilişkin normları aşındırırken; iletişim, ekip çalışması ve hata yönetimi süreçleri güvenlik kültürünün nasıl yaşandığını göstermektedir. Güvenlik kültürü, yalnızca hasta sonuçlarını değil, hemşirelerin tükenmişliği, iş doyumu ve mesleki bağlılığını da etkilemektedir. Bu yönüyle hasta güvenliği kültürü, yapı ve süreçlerin bir sonucu olmanın ötesinde, bu boyutları geri besleyen ve güvenli bakımın sürdürülebilirliğini belirleyen merkezi bir örgütsel mekanizma olarak değerlendirilmektedir (Singer & Vogus, 2013).

5. HASTA GÜVENLİĞİ KÜLTÜRÜNÜ ETKİLEYEN FAKTÖRLER

Hasta güvenliği kültürü, bireysel dikkat ve teknik yeterliliklerin yanı sıra; liderlik, iletişim, iş yükü ve eğitim gibi yapısal ve süreçsel unsurların etkileşimiyle şekillenen dinamik bir örgütsel olgudur. Literatür, liderliğin bu kültürün oluşumunda merkezi bir rol oynadığını; destekleyici ve öğrenme odaklı liderlik yaklaşımlarının hataların sistemsel geri bildirim olarak ele alındığı bir iklim yarattığını, cezalandırıcı yaklaşımların ise sessizlik kültürünü pekiştirdiğini göstermektedir. İletişim ve ekip çalışması, klinik risklerin erken fark edilmesi ve bakımın koordinasyonu açısından güvenlik kültürünün temel süreç bileşenleridir. Buna karşılık yüksek iş yükü ve personel yetersizliği, hata riskini artırmanın ötesinde güvenli bakımın sürdürülebilirliğine olan inancı zayıflatarak güvenlik kültürünü aşındırmaktadır. Eğitim ve farkındalık süreçleri ise risklerin tanınmasını, güvensiz uygulamaların sorgulanmasını ve hata bildirim davranışlarının güçlenmesini sağlayarak kültürün sürekliliğini desteklemektedir. Bu bağlamda hasta güvenliği kültürü, liderlik tarafından yönlendirilen, iletişimle işleyen, yapısal koşullardan etkilenen ve eğitimle sürdürülen çok boyutlu bir örgütsel yapı olup; güvenli bakımın bireysel çabalardan çok tutarlı, öğrenmeye açık ve sürdürülebilir sistemler aracılığıyla mümkün olduğunu ortaya koymaktadır (Singer & Vogus, 2013).

6. HASTA GÜVENLİĞİ KÜLTÜRÜNÜN ÖLÇÜLMESİ

Hasta güvenliği kültürü, çoğu zaman örtük varsayımlara ve gündelik uygulamalara gömülü bir yapı olduğundan, ölçülmediği durumlarda güvenlik düzeyi öznel algılar üzerinden değerlendirilmektedir. Bu durum, kurumların güvenliği olduğundan daha olumlu algılamasına ve gerçek risk alanlarının görünmez kalmasına yol açmaktadır. Hasta güvenliği kültürü ölçümleri, algı ile fiili uygulamalar arasındaki farkı ortaya koyarak sessiz kör noktaları görünür kılmakta; güvenliği soyut bir değer olmaktan çıkarıp yönetilebilir ve izlenebilir bir kalite bileşeni hâline getirmektedir. Özellikle hata bildirimine açıklık, cezalandırıcı olmayan yaklaşım ve yönetim desteği gibi alanlarda algı–uygulama uyumsuzlukları, ölçüm yoluyla sistematik biçimde saptanabilmektedir. Ölçümün düzenli geri bildirim ve izleme süreçleriyle birlikte yürütülmesi, güvenlik kültürünün statik değil, geliştirilebilir bir örgütsel yapı olduğunu ortaya koymakta ve iyileştirme stratejilerinin kanıta dayalı biçimde şekillendirilmesine olanak tanımaktadır. Hemşirelik bağlamında ise güvenlik kültürünün ölçülmesi, bakım süreçlerinde yaşanan güçlüklerin kurumsal düzeyde tanındığını gösteren önemli bir geri bildirim mekanizması olup; hemşirelerin hata bildirimine açıklığını ve güvenli bakım uygulamalarına yönelik motivasyonunu artıran dönüştürücü bir işlev üstlenmektedir (Weaver et al., 2013).

Günümüz sağlık hizmetlerinde teknolojinin ve yenilikçi eğitim araçlarının kullanımı, hasta güvenliği kültürünü geliştirmede ve tıbbi hataları azaltmada giderek daha kritik bir rol oynamaktadır. Örneğin, mobil cihazlar aracılığıyla gerçekleştirilen sanal işbirlikçi öğrenme (virtual collaborative learning) uygulamalarının, sağlık çalışanları arasında hasta güvenliği kültürünü olumlu yönde etkilediği ve olay bildirim sıklığını artırdığı görülmektedir (Aires-Moreno vd., 2025). Benzer şekilde, web tabanlı çevrimiçi eğitim programları ve yüksek gerçeklikli simülasyon (high-fidelity simulation) mankenleriyle yapılan senaryo temelli çalışmalar, sağlık profesyonellerinin hasta güvenliği yetkinliklerini, ekip içi iletişimlerini ve güvenlik iklimine yönelik algılarını anlamlı düzeyde geliştirmektedir (Aires-Moreno vd., 2025). Klinik alandaki iş süreçlerini destekleyen donanımların modernize edilmesi de tıbbi hataları doğrudan önleyebilmektedir; nitekim pediyatri servisleri gibi hata riskinin yüksek olduğu alanlarda ilaç yönetimini iyileştirmek için mobil ilaç arabalarının (mobile medication carts) kullanıma sunulması, ilaç uygulama hatalarında belirgin bir düşüş sağlamıştır (Aires-Moreno vd., 2025).

Ayrıca, cihaz destekli uzaktan konsültasyon sistemleri gibi yenilikçi tanısal teknolojiler, uzman görüşüne erişimi hızlandırarak ciddi hastalıklardaki tanı hatalarının (diagnostic errors) azaltılmasında önemli fırsatlar sunmaktadır (Newman-Toker vd., 2024) . Sonuç olarak, güvenlik kültürünü sürdürülebilir kılmak için mobil iletişim ağlarının, simülasyon araçlarının ve klinik süreci kolaylaştıran modern teknolojik donanımların sisteme entegre edilmesi güncel literatürde kanıta dayalı olarak desteklenmektedir.

7. SONUÇ

Hasta güvenliği kültürü, günümüz sağlık hizmetlerinde yalnızca hata oranlarını azaltmaya yönelik teknik bir yaklaşım değil; güvenli bakımın sürdürülebilirliğini belirleyen örgütsel, etik ve profesyonel bir yapı olarak değerlendirilmektedir. Literatür incelendiğinde, hasta zararlarının önemli bir bölümünün bireysel yetersizliklerden çok sistemsel eksikliklerden kaynaklandığı; bu nedenle güvenli bakımın ancak öğrenmeye açık, cezalandırıcı olmayan ve ekip temelli örgütsel yapılar içinde sürdürülebileceği anlaşılmaktadır. Özellikle sağlık hizmetlerinin karmaşık ve çok disiplinli doğası, hasta güvenliği kültürünü yalnızca yönetsel bir kalite göstergesi olmaktan çıkararak klinik bakımın merkezî belirleyicilerinden biri hâline getirmiştir.

Hemşirelik açısından değerlendirildiğinde hasta güvenliği kültürü, hemşirelerin klinik karar verme süreçlerinden hata bildirim davranışlarına, bakım kalitesinden etik sorumluluk algısına kadar geniş bir alanı doğrudan etkilemektedir. Hemşirelerin hasta ile en uzun süre temas eden profesyonel grup olması, onları güvenli bakımın hem uygulayıcısı hem de erken uyarı sistemi konumuna getirmektedir. Bu nedenle açık iletişimin desteklendiği, ekip çalışmasının güçlendirildiği ve hata bildiriminin öğrenme fırsatı olarak değerlendirildiği kurumlarda hem hasta sonuçlarının hem de çalışan deneyimlerinin olumlu yönde geliştiği görülmektedir. Buna karşılık cezalandırıcı ve hiyerarşik örgütsel yapılarda sessizlik kültürünün yaygınlaştığı; hata bildirimlerinin azaldığı, kaçırılmış hemşirelik bakımının görünmez hâle geldiği ve güvenli bakımın sürdürülebilirliğinin zayıfladığı anlaşılmaktadır (Kim et al., 2023; Labrague & Cayaban, 2025).

Hasta güvenliği kültürünün yalnızca bireysel farkındalık ve dikkat düzeyiyle açıklanamayacağı; liderlik anlayışı, yönetsel destek, iş yükü, ekip içi iletişim, eğitim olanakları ve örgütsel iklim gibi çok boyutlu faktörlerin etkileşimiyle şekillendiği görülmektedir. Özellikle destekleyici liderlik yaklaşımları ve güvenliği önceliklendiren yönetsel politikalar, çalışanların hata bildirimine açıklığını artırmakta ve kurumsal öğrenme süreçlerini güçlendirmektedir. Benzer biçimde yeterli personel desteği, etkili ekip iletişimi ve sürdürülebilir eğitim programları, güvenlik kültürünün kurumsallaşmasında temel bileşenler olarak öne çıkmaktadır.

Güncel literatür, teknolojik yeniliklerin ve dijital sağlık uygulamalarının hasta güvenliği kültürünün güçlendirilmesinde giderek daha önemli hâle geldiğini göstermektedir. Mobil tabanlı işbirlikçi öğrenme uygulamaları, çevrimiçi eğitim sistemleri, yüksek gerçeklikli simülasyonlar ve klinik süreçleri destekleyen dijital teknolojiler; sağlık profesyonellerinin güvenlik farkındalığını artırmakta, ekip içi koordinasyonu geliştirmekte ve hata risklerini azaltmaktadır. Özellikle simülasyon temelli eğitimlerin klinik karar verme becerileri ile ekip iletişimini güçlendirdiği; tele-sağlık sistemleri ve dijital karar destek mekanizmalarının ise tanı ve tedavi süreçlerinde güvenliği artırdığı görülmektedir. Bu durum, hasta güvenliği kültürünün yalnızca insan faktörüne değil, aynı zamanda teknolojik altyapının etkin kullanımına da bağlı olduğunu göstermektedir.

Sonuç olarak hasta güvenliği kültürü, sağlık hizmetlerinde güvenli bakımın sürdürülebilirliği açısından temel belirleyicilerden biridir. Güvenlik kültürünün güçlendirilmesi; yalnızca hata oranlarının azaltılması açısından değil, aynı zamanda hemşirelerin mesleki doyumu, etik karar verme süreçleri, bakım kalitesi ve hasta sonuçlarının iyileştirilmesi açısından da kritik öneme sahiptir. Bu nedenle sağlık kurumlarının güvenliği bireysel sorumluluk çerçevesinde değil, sistem temelli ve öğrenme odaklı bir yaklaşım içinde ele alması gerekmektedir. Gelecekte hasta güvenliği kültürünü geliştirmeye yönelik çalışmaların; dijital sağlık teknolojileri, yapay zekâ destekli erken uyarı sistemleri, simülasyon temelli eğitim modelleri ve disiplinler arası işbirliği yaklaşımlarıyla desteklenmesi, güvenli bakımın sürdürülebilirliği açısından önemli katkılar sağlayacaktır.

KAYNAKLAR

Aires-Moreno, G. T., Marques, L. G., Ramos, S. F., de Castro Araújo-Neto, F., de Oliveira Santos Silva, R., Fernandes, B. D., . . . Lyra, D. (2025). Improving patient safety culture in hospitals: A scoping review. Research in Social and Administrative Pharmacy, 21(10), 765-783. doi:https://doi.org/10.1016/j.sapharm.2025.05.010

Al Muharraq, E. H., Abdali, F., Alfozan, A., Alallah, S., Sayed, B., & Makakam, A. (2024). Exploring the perception of safety culture among nurses in Saudi Arabia. BMC Nursing, 23(1), 412. doi:10.1186/s12912-024-02077-7

Alabdaly, A., Hinchcliff, R., Debono, D., & Hor, S.-Y. (2024). Relationship between patient safety culture and patient experience in hospital settings: a scoping review. BMC Health Services Research, 24(1), 906. doi:10.1186/s12913-024-11329-w

Alanazi, F. K., Molloy, L., Lapkin, S., & Sim, J. (2024). Nurses' attitudes towards safety and their association with nurses' perceptions of adverse events and quality of care: a cross-sectional study. J Res Nurs, 29(8), 681-695. doi:10.1177/17449871241291518

Alsobou, N., Rayan, A. H., Baqeas, M. H., Albashtawy, M. S. d., Oweidat, I. A., Al-Mugheed, K., & Abdelaliem, S. M. F. (2025). The relationship between patient safety culture and attitudes toward incident reporting among registered nurses. BMC Health Services Research, 25(1), 612. doi:10.1186/s12913-025-12763-0

Althobaiti, F. M. (2026). The effects of leadership on patient safety culture in health care: a systematic review. BMC Nursing. doi:10.1186/s12912-025-04263-7

Anders, R. L. (2025). Global Perspectives on Patient Safety: The Central Role of Nursing Management. Healthcare, 13(24), 3240.

Hesgrove, B., Zebrak, K., Yount, N., Sorra, J., & Ginsberg, C. (2024). Associations between patient safety culture and workplace safety culture in hospital settings. BMC Health Services Research, 24(1), 568. doi:10.1186/s12913-024-10984-3

Imran Ho, D. S. H., Jaafar, M. H., & Mohammed Nawi, A. (2024). Revised Hospital Survey on Patient Safety Culture (HSOPSC 2.0): cultural adaptation, validity and reliability of the Malay version. BMC Health Services Research, 24(1), 1287. doi:10.1186/s12913-024-11802-6

Kaya, S., Banaz Goncuoglu, M., Mete, B., Asilkan, Z., Mete, A. H., Akturan, S., . . . Gumus, R. (2023). Patient Safety Culture: Effects on Errors, Incident Reporting, and Patient Safety Grade. J Patient Saf, 19(7), 439-446. doi:10.1097/pts.0000000000001152

Kim, S., Kitzmiller, R., Baernholdt, M., Lynn, M. R., & Jones, C. B. (2023). Patient Safety Culture: The Impact on Workplace Violence and Health Worker Burnout. Workplace Health Saf, 71(2), 78-88. doi:10.1177/21650799221126364

Kumah, A. (2025). Poor quality care in healthcare settings: an overlooked epidemic. Frontiers in Public Health, Volume 13 - 2025. doi:10.3389/fpubh.2025.1504172

Labrague, L. J., & Cayaban, A. R. (2025). Association Between Patient Safety Culture and Missed Nursing Care in Healthcare Settings: A Systematic Review and Meta-Analysis. J Adv Nurs, 81(11), 7992-8004. doi:10.1111/jan.16758

Hessels, A. J., Paliwal, M., Weaver, S. H., Siddiqui, D., & Wurmser, T. A. (2019). Impact of Patient Safety Culture on Missed Nursing Care and Adverse Patient Events. Journal of nursing care quality, 34(4), 287–294. https://doi.org/10.1097/NCQ.0000000000000378

Moraca, E., Zaghini, F., Fiorini, J., & Sili, A. (2024). Nursing leadership style and error management culture: a scoping review. Leadersh Health Serv (Bradf Engl), 37(4), 526-547. doi:10.1108/lhs-12-2023-0099

Jones, T. L., Hamilton, P., & Murry, N. (2015). Unfinished nursing care, missed care, and implicitly rationed care: State of the science review. International journal of nursing studies, 52(6), 1121–1137. https://doi.org/10.1016/j.ijnurstu.2015.02.012

Newman-Toker, D. E., Nassery, N., Schaffer, A. C., Yu-Moe, C. W., Clemens, G. D., Wang, Z., . . . Siegal, D. (2024). Burden of serious harms from diagnostic error in the USA. BMJ Quality & Safety, 33(2), 109. doi:10.1136/bmjqs-2021-014130

Pacenko, C. d. L., Figueiredo, K. C., Nunes, E., Cruchinho, P., & Lucas, P. (2024). Mapping Strategies for Strengthening Safety Culture: A Scoping Review. Healthcare, 12(12), 1194.

Shojania, K. G., & Dixon-Woods, M. (2017). Estimating deaths due to medical error: the ongoing controversy and why it matters. BMJ Quality & Safety, 26(5), 423. doi:10.1136/bmjqs-2016-006144

Singer, S. J., & Vogus, T. J. (2013). Reducing hospital errors: interventions that build safety culture. Annu Rev Public Health, 34, 373-396. doi:10.1146/annurev-publhealth-031912-114439

Stelfox, H. T., Palmisani, S., Scurlock, C., Orav, E. J., & Bates, D. W. (2006). The "To Err is Human" report and the patient safety literature. Qual Saf Health Care, 15(3), 174-178. doi:10.1136/qshc.2006.017947

Swift, L., Kearney, L., Levett-Jones, T., & Bogossian, F. (2025). The development of patient safety and the influence of the nurse: A discursive narrative. Contemporary Nurse, 61(4), 401-415. doi:10.1080/10376178.2025.2507908

Swinglehurst, D., Hogger, L., & Fudge, N. (2023). Negotiating the polypharmacy paradox: a video-reflexive ethnography study of polypharmacy and its practices in primary care. BMJ Quality & Safety, 32(3), 150. doi:10.1136/bmjqs-2022-014963

Weaver, S. J., Lubomksi, L. H., Wilson, R. F., Pfoh, E. R., Martinez, K. A., & Dy, S. M. (2013). Promoting a culture of safety as a patient safety strategy: a systematic review. Ann Intern Med, 158(5 Pt 2), 369-374. doi:10.7326/0003-4819-158-5-201303051-00002

Zabin, L. M., Zaitoun, R. S. A., Sweity, E. M., & de Tantillo, L. (2023). The relationship between job stress and patient safety culture among nurses: a systematic review. BMC Nursing, 22(1), 39. doi:10.1186/s12912-023-01198-9

Zhang, M., Zheng, X., Chen, C., Fang, J., Liu, H., Zhang, X., & Lang, H. (2022). Role of patient safety attitudes between career identity and turnover intentions of new nurses in China: A cross-sectional study. Front Public Health, 10, 981597. doi:10.3389/fpubh.2022.981597

YAPAY ZEKÂ ÇAĞINDA HEMŞİRELİK BAKIMININ HÜMANİSTİK BOYUTU: ŞEFKAT, EMPATİ VE ETİK YAKLAŞIM

THE HUMANISTIC DIMENSION OF NURSING CARE IN THE AGE OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE: COMPASSION, EMPATHY, AND ETHICAL APPROACHES

Kıymet MESES
RN, MSc, Nurse, Internal Medicine Intensive Care Unit, Balcalı Hospital, Faculty of Medicine, Çukurova University, Adana, TR
ORCID: 0009-0006-2422-8394

Zehra ESKİMEZ
RN, PhD, Associate Professor, Faculty of Health Sciences, Nursing Department, Çukurova University, Adana, TR
ORCID:0000-0002-8268-835X

Abstract
At its core, nursing is the practice of providing holistic, compassionate and high-quality care to individuals, families and the community. This care involves establishing direct contact with patients, conducting assessments, administering treatment and providing emotional support. The rapid proliferation of artificial intelligence in healthcare, AI-driven innovations, electronic health records, wearable sensors, imaging methods, laboratory tests, and the utilisation of large and heterogeneous data streams generated from patient-reported outcomes present both opportunities and concerns for the nursing discipline. The aim of this study is to comprehensively examine the humanistic dimensions of nursing care in the age of artificial intelligence namely compassion, empathy and ethical care and to assess their impact on the quality and safety of patient care.
Whilst artificial intelligence offers the potential to enhance clinical efficiency, accuracy and decision-making processes, it necessitates a re-evaluation of the humanistic foundations, ethical responsibilities, relational dimension and philosophy of care within nursing. In healthcare settings where humanistic care lies at the heart of nursing, a compassionate touch instils a sense of comfort and security in the patient, supports self-esteem and strengthens their sense of reality. Although AI-assisted care robots may be able to mimic these, they lack the moral responsibility and moral epistemology necessary for genuine compassionate communication and presence. Consequently, whilst the increasing role of AI-supported systems in clinical decision support, patient monitoring, diagnosis, treatment and care processes raises concerns about the risk of overlooking the healing power of the human touch and human-to-human interaction in care, it also brings to the fore discussions on how these technologies can be balanced with ethical and humanistic values.
In conclusion, whilst computational cognition is coming to the fore alongside the digital transformation of healthcare, the fundamental challenge of our time is to integrate these technological capabilities with the humanistic foundations of nursing. The aim in this process is not to choose between humanism and technology, but to establish a care paradigm in which both develop together in an ethical, balanced and efficient manner. Nurses should play an active role in shaping artificial intelligence applications to improve patient care and support the fundamental aspects of nursing.
Keywords: Humanistic dimension, artificial intelligence, nursing, compassionate care, empathy

Özet
Hemşirelik özünde, bireylere, ailelere ve topluma bütüncül, şefkatli ve kaliteli bakım sağlama uygulamasıdır. Bu bakım, hasta ile doğrudan temas kurmayı, değerlendirme yapmayı, tedavi uygulamayı ve duygusal destek sağlamayı içerir. Sağlık hizmetlerinde yapay zekânın hızla yaygınlaşması, yapay zeka odaklı yenilikler, elektronik sağlık kayıtları, giyilebilir sensörler, görüntüleme yöntemleri, laboratuvar testleri ve hasta tarafından bildirilen sonuçlardan üretilen büyük ve heterojen veri akışlarından yararlanma hemşirelik disiplini açısından hem fırsatlar hem de kaygılar doğurmaktadır. Bu çalışmanın amacı; yapay zekâ çağında hemşirelik bakımının hümanistik boyutu olan şefkat, empati ve etik bakımı kapsamlı bir biçimde ele alarak inceleme, hasta bakım kalitesi ve güvenliği üzerindeki etkilerini değerlendirmektir.

Yapay zeka; klinik verimliliği, doğruluğu ve karar verme süreçlerini geliştirme potansiyeli sunarken, hemşireliğin insancıl temelleri, etik sorumlulukları, ilişkisel boyutu ve bakım felsefesi üzerinde yeniden değerlendirme gereksinimi gerektirmektedir. Hümanistik bakımın hemşireliğin merkezinde yer aldığı sağlık ortamlarında, şefkatli dokunuş; hastaya rahatlık ve güvenlik duygusu kazandırır, öz saygıyı destekler ve gerçeklik yönelimini güçlendirir. Yapay zekâ destekli bakım robotları bunları taklit edebilse de, gerçek şefkatli konuşma ve varlık için gerekli olan ahlaki sorumluluk ve ahlaki epistemolojiden yoksundurlar. Bu nedenle, yapay zeka destekli sistemlerin klinik karar destek, hasta takibi, tanı, tedavi ve bakım süreçlerindeki rolünün giderek artması, bakımda insan dokunuşu ve insan-insan etkileşiminin iyileştirici gücünün göz ardı edilmesi riskine ilişkin soru işaretleri oluşturmakla birlikte bu teknolojilerin etik ve insani değerlerle nasıl dengeleneceğine yönelik tartışmaları da gündeme getirmektedir.
Sonuç olarak; sağlık hizmetlerinde dijital dönüşümle birlikte hesaplamalı biliş ön plana çıkarken, günümüzün temel sorunu bu teknolojik olanakları hemşireliğin hümanistik temelleriyle bütünleştirebilmektir. Bu süreçte amaç, hümanizm ile teknoloji arasında bir tercih yapmak değil; her ikisinin etik, dengeli ve verimli biçimde birlikte geliştiği bir bakım paradigması oluşturmaktadır. Hemşireler, hasta bakımını iyileştirmek ve hemşireliğin temel yönlerini desteklemek için yapay zekâ uygulamalarının şekillendirilmesinde aktif rol oynamalıdır.
Anahtar Kelimeler: Hümanistik boyut, yapay zeka, hemşirelik, şefkatli bakım, empati

1.GİRİŞ

Yapay zekâ, verilerden öğrenme, karmaşık örüntüleri tanımlama ve klinik açıdan anlamlı içgörüler üretmek amacıyla akıl yürütme ve problem çözme süreçlerini destekleme gibi genellikle insan zekâsıyla ilişkilendirilen işlevleri yerine getirebilen gelişmiş hesaplama sistemlerini ifade etmektedir (1). Sağlık sektörünün genelinde, yapay zeka odaklı yenilikler, elektronik sağlık kayıtları, giyilebilir sensörler, görüntüleme yöntemleri, laboratuvar testleri ve hasta tarafından bildirilen sonuçlar tarafından üretilen büyük ve heterojen veri akışlarından yararlanmaya başlamıştır. Dikkatlice tasarlanıp uygulandığında, bu araçlar tanı, risk sınıflandırması, tedavi planlaması, kaynak tahsisi ve hasta katılımı hakkında bilgi veren zamanında ve uygulanabilir içgörüler üretebilir (2). Günümüzde yapay zeka, makine öğrenimi ve derin öğrenme mekanizmalarını birleştirerek sağlık hizmetlerinin erişilebilirliğini ve doğruluğunu artırmakta ve böylece daha iyi eşleştirme sonuçları elde edilmektedir (3).
Son on yılda, yapay zekâ, hemşirelik alanında bakım sunumunu dönüştürmede muazzam iyileştirmeler sağlamıştır (4). Hemşirelik alanında, yapay zekanın gelişmiş tahmin modelleri, hemşirelerin erken bozulmayı tespit etmelerine yardımcı olarak morbidite ve mortaliteyi azalmaya, akıllı dokümantasyon sistemleri, idari yükleri hafifleterek hemşirelere doğrudan hasta bakımı için daha fazla zaman kazanmalarına, eğitim platformları, klinik yargıyı ve uyarlanabilir akıl yürütmeyi teşvik ederek hemşirelik eğitimini zenginleşmesine katkı sağlamıştır(2). Bu doğrultuda; pandemi, göç hareketleri, sağlık personeli yetersizliği, tükenmişlik düzeylerindeki artış ve kronik hastalıklara sahip yaşlı nüfusun çoğalmasına ek olarak sağlık hizmetlerine yönelik beklenti ve maliyetlerin yükselmesi, ülkelerin sağlık politikalarında yapay zekâ sistemlerine yönelimin artmasına neden olmuştur (5).
Hemşirelik özünde, bireylere, ailelere ve topluma bütüncül, şefkatli ve kaliteli bakım sağlama uygulamasıdır. Bu bakım, hasta ile doğrudan temas kurmayı, değerlendirme yapmayı, tedavi uygulamayı ve duygusal destek sağlamayı içerir. Sağlık hizmetlerinde yapay zekânın hızla yaygınlaşması, hemşirelik disiplini açısından hem fırsatlar hem de kaygılar doğurmaktadır. Yapay zeka; klinik verimliliği, doğruluğu ve karar verme süreçlerini geliştirme potansiyeli sunarken, hemşireliğin insancıl temelleri, etik sorumlulukları, ilişkisel boyutu ve bakım felsefesi üzerinde yeniden değerlendirme gereksinimi doğurmaktadır(5).
Hümanistik bakımın hemşireliğin merkezinde yer aldığı sağlık ortamlarında, şefkatli dokunuş; hastaya rahatlık ve güvenlik duygusu kazandırır, öz saygıyı destekler ve gerçeklik yönelimini güçlendirir. Yapay zekâ destekli bakım robotları bunları taklit edebilse de, gerçek şefkatli konuşma ve varlık için gerekli olan ahlaki sorumluluk ve ahlaki epistemolojiden yoksundurlar (6,7). Bu nedenle, yapay zeka destekli sistemlerin klinik karar destek, hasta takibi, tanı, tedavi ve bakım süreçlerindeki rolünün giderek artması, bakımda insan dokunuşu ve insan-insan etkileşiminin iyileştirici gücünün göz ardı edilmesi riskine ilişkin soru işaretleri oluşturmakla birlikte bu teknolojilerin etik ve insani değerlerle nasıl dengeleneceğine yönelik tartışmalarıda gündeme getirmektedir (5,8,9).

Son yıllarda bu konuya yönelik artan çalışmalar da bu durumu desteklemekte ve yapay zekâ çağında hemşirelik bakımının hümanistik boyutu olan birey merkezli bakım, şefkatli dokunuş, empati ve insan varlığının önemi vurgulanmıştır. Yapay zekanın şefkat gösterme ve gerçek şefkat ifadeleri kapasitesinden yoksun olması, bakımla ilgili en yakından ilişkili uygulamalarda bu sistemlerin etik ve insani değerlerle entegrasyonu ve dengenin nasıl sağlanacağı konusunda endişeler oluşturmaktadır. Bu entegrasyon sadece, bireyin bütüncül ihtiyaçlarını temel alan hümanist hemşirelik yaklaşımıyla mümkündür.

2. ARAŞTIRMA VE BULGULAR

Bu çalışmanın amacı; yapay zekâ çağında hemşirelik bakımının hümanistik boyutu olan şefkat, empati ve etik bakımı kapsamlı bir biçimde ele alarak inceleme, hasta bakım kalitesi ve güvenliği üzerindeki etkilerini değerlendirmektir. Bu doğrultuda çalışma, aşağıdaki araştırma sorularına yanıt aramaktadır:

- Hemşirelik Bakımının Hümanistik Boyutları Nelerdir?
- Yapay Zekânın Hemşirelik Bakımına Katkıları Nelerdir?
- Yapay Zeka Kullanımının Hümanistik Boyuttaki Olası Riskleri Nelerdir?
- Yapay Zeka Kullanımı ile Hemşirenin Değişen Rolleri Nelerdir?

2.1. Hemşirelik Bakımının Hümanistik Boyutları Nelerdir?

Bakım, klinik uygulamanın özü ve hemşirelik bilgisinin en kritik ve karmaşık kısmı olarak kabul edilebilir. İnsanlara değer vermek, hemşirelik mesleğinin temeli ve bakımın özüdür. Bu nedenle, bakımda hümanizm, bakım kalitesini iyileştirmek için temel bir gereklilik ve küresel bir önceliktir. Bu yaklaşım, bireyin insanlık onuruna saygı göstermeyi, onu benzersiz bir varlık olarak kabul etmeyi ve bakım sürecinde insan ilişkilerini merkeze almayı içerir. Hümanistik bakım anlayışının temel bileşenleri arasında şefkat, empati ve birey merkezli bakım yer almaktadır (10).

2.1.1. Şefkat

Şefkat, hemşirelerin hastalarla etkili iletişim ve bağlantı kurmalarını; tıbbi durumlarını, duygusal durumlarını ve hislerini daha iyi anlamalarını; doğru değerlendirmeler yapmalarını; ihtiyaçlarını karşılamalarını ve kişiselleştirilmiş ve şefkatli hemşirelik hizmetleri sunmalarını sağlayan, hemşirelikte temel bir beceri ve tutum olarak kabul edilir (11).

2.1.2. Empati

Hemşireliğin temel bir özelliği olan bu bilişsel empati, hemşirelik bakım standartlarını yükseltir, olumlu hemşire-hasta ilişkilerini besler ve tıbbi çatışmaları azaltır. Empati, hemşirelerin hastaların duygusal mücadelelerini algılamalarını, bakımı buna göre uyarlamalarını sağlar ve etkili iletişim için çok önemlidir; bu da daha yüksek hasta memnuniyetine ve iyileştirilmiş sağlık sonuçlarına katkıda bulunur. Dahası, empati, hastaların duygusal ve psikolojik ihtiyaçlarının anlaşılmasını kolaylaştırarak insancıl bakımı destekler (12).

2.1.3. Birey merkezli bakım

İnsanı olduğu gibi gören ve o kişiyi ilgi odağı haline getiren bir bakım türüdür. Birey merkezli bakım, insanı ana kavram olarak ele alan pek çok teori, görüş ve kavramsal modeli kapsayan, geniş kapsamlı ve uluslararası alanda kullanılan bir kavramdır. Bireyselleştirilmiş bakım kavramının kökeni, Florence Nightingale'in hastalıktan çok bireye odaklanarak hemşireliği tıptan ayırdığı döneme kadar uzanır(13,14).

2.2. Yapay Zekânın Hemşirelik Bakımına Katkıları Nelerdir?

2.2.1. İş Yükünü Azaltma

Yapay zekanın hemşirelik alanlarında kullanımı hemşirelerin iş yükünü büyük ölçüde azaltmaktadır. Yapay zekanın otomasyon alanındaki yetenekleri, rutin ve tekrarlayan görevlerin hızlı ve doğru bir şekilde tamamlanmasını sağlamakta ve dolayısıyla hemşirelerin hasta ile iletişim kurma, duygusal destek ve bireyselleştirilmiş bakım planlarını uygulama gibi birey merkezli görevlere daha fazla zaman ayırmalarına fırsat tanımaktadır.

İş yükünü azaltma ayrıca sağlık çalışanlarının tükenmişlik riskini de azaltmaktadır. Tükenmişlik, hemşireler arasında yaygın bir sorundur ve yapay zekanın iş yükünü hafifletmesi ile hemşirelerin iş memnuniyeti ve genel ruh sağlığı iyileştirebilmektedir(15).
Hemşirelikte yapay zeka, dokümantasyon ve idari işlere harcanan zamanı azaltarak iş performansını artırmakta bu da hemşirelerin hastalarla daha fazla zaman geçirmesine olanak tanımaktadır. Yapay zeka, hasta aramalarına cevap verme ve hasta bakımının planlaması gibi hemşirelik sürecinin diğer yönlerinde de iyileştirmeler yapmıştır. Hemşirelik uygulamaları alanında yapay zekânın hayata geçirilmesi ile hemşirelerin performansını artırmakla birlikte kalite ve güvenlik standartlarını eş zamanlı olarak sağlamaktadır. Hemşireler klinik uygulama alanlarda fiziksel güç gerektiren birçok uygulama gerçekleştirmekte ve bu uygulamalar ise hemşirelerde hem fiziksel yaralanma ve hem de kas-iskelet sistemi hastalıklarına neden olmaktadır. Robot teknolojilerin kullanımı sayesinde hemşireleri fiziksel olarak zorlayan görevlerin azaltılması ve fiziksel yaralanmaların önlenmesi sağlanabilecektir. Dahası, yapay zekâ destekli sohbet robotları ve sanal asistanlar, planlama ve dokümantasyon gibi idari görevleri destekleyerek hemşirelerin doğrudan hasta bakımına daha fazla odaklanmasını sağlamaktadır (16,17).

2.2.2. Klinik Karar Desteği

Hemşirelikte Klinik Karar Destek Sistemlerinde güncel bilgileri kullanarak ve en iyi uygulamaları önererek karar verme sürecini geliştirmeyi, hasta güvenliğini iyileştirmeyi ve hata olasılığını azaltmayı amaçlamaktadır. Bu sistemler, hemşirelerin riskleri değerlendirmesine ve zamanında harekete geçmesine yardımcı olabilmektedir. Yapay zeka destekli araçlar ve uygulamalar, hastanın hayati belirtilerinin gerçek zamanlı olarak izlenmesini, olası sağlık bozulmalarının tahmin edilmesini ve acil müdahale için uyarılar verilmesini sağlamaktadır. Yapay zeka algoritmaları, doğru teşhis ve kişiselleştirilmiş bakım planlarına yardımcı olmak için büyük miktarda hasta verisini analiz edebilmektedir. Yapay zeka, rutin görevleri otomatikleştirerek ve karar desteği sağlayarak hemşirelerin daha yüksek kalitede, daha hassas ve verimli bakım sunmalarını sağlamaktadır (16). Yapay zekâ, büyük veri setlerini hızlı ve sistematik biçimde analiz ederek sağlık profesyonellerinin kanıta dayalı klinik kararlar almasına destek olmaktadır. Güncel bilimsel veriler, klinik rehberler ve hasta bilgilerini birlikte değerlendirerek uygun öneriler sunabilen bu sistemler, karar verme sürecinin doğruluğunu ve etkinliğini artırmaktadır. Böylece klinisyenler daha güncel, güvenilir ve bireye özgü bakım uygulamaları geliştirebilmektedir. Kanıta dayalı karar verme süreçlerinin güçlenmesi ise hasta bakım kalitesinin yükselmesine ve hasta güvenliğinin desteklenmesine önemli katkı sağlamaktadır (15).

2.2.3. Hasta Güvenliği

Yapay zekanın sağlık sistemine entegrasyonu, sağlık hizmeti sağlayıcılarının rolü gibi dinamikleri değiştirmekle kalmayıp, hasta güvenliği sonuçlarını ve bakım kalitesini iyileştirme potansiyeli de yaratmaktadır. Yapay zekâ sistemleri, büyük miktardaki sağlık verilerini kısa sürede analiz ederek olası riskleri önceden belirleyebilmektedir. Özellikle yoğun bakım ünitelerinde kullanılan erken uyarı sistemleri sayesinde hastanın klinik durumundaki değişiklikler hızlı şekilde fark edilmektedir. Bu durum sağlık profesyonellerinin erken müdahale etmesine olanak sağlayarak hasta güvenliğini artırmaktadır. Yenidoğan yoğun bakım ünitelerinde yapılan çalışmalar, yapay zekâ destekli sistemlerin sepsis, apne ve solunum problemleri gibi kritik durumların erken tespitinde etkili olduğunu göstermektedir (15,17,18). Yapay zekanın erken uyarı sistemleri, kritik durumların önceden tespit edilmesine ve yanlış alarm oranlarını azaltarak hem sağlık çalışanlarının iş yükünü hafiflettiği hem de güvenli bakım sunduğu belirtilmektedir. Bu, hasta güvenliğini artırarak, ciddi komplikasyonların ve ölüm riskinin azaltılmasına katkıda bulunmaktadır (15).

2.2.4. Bakım Kalitesini Artırma

Yapay zekâ, verimliliği artırarak, hasta bakımını iyileştirerek ve tıbbi uygulamanın çeşitli yönlerini geliştirerek sağlık hizmetlerinde devrim yaratma konusunda önemli bir potansiyele sahiptir. Bazı temel faydalar arasında tele-tıp yoluyla uzaktan izleme, hasta katılımı için sanal sağlık asistanları, gelişmiş tıbbi görüntü analizi yoluyla erken hastalık tespiti, genetik ve yaşam tarzı verilerine dayalı kişiselleştirilmiş tedavi planları, hastalık salgınları ve hasta kabulü için tahmine dayalı analizler, hasta durumundaki bozulmayı belirlemek için erken uyarı sistemleri ve insan hatası riskini azaltmak için ameliyatlarda yapay zekâ destekli robotların kullanımı yer almaktadır (19).

Yapay zekâ, makine öğrenimi aracılığıyla hasta verilerini, araştırma bulgularını ve tıbbi literatürü kapsamlı biçimde analiz ederek hemşirelerin kanıta dayalı karar verme süreçlerini desteklemekte; gerçek zamanlı bilgi ve öneriler sunarak hemşirelik tanıları ile müdahale planlarının doğruluğunu ve kalitesini artırmakta ve öngörücü analitikler sayesinde potansiyel hasta kötüleşmesi veya yeniden hastaneye yatış risklerinin erken belirlenmesine olanak tanıyarak proaktif önlemler alınmasını mümkün kılmaktadır (20).

3. Yapay Zeka Kullanımı İle Hümanistik Boyutta Tanımlanan Olası Riskler Nelerdir?

3.1. Empati Kaybı ve İnsan Temasının Azalması: Yapay zeka, veri işleme, örüntü tanıma(veri içindeki belirli desenleri ve ilişkileri algılama) ve veriye dayalı karar vermede önemli faydalar sunarken, hemşirelik bakımı için çok önemli olan empati, duygusal zeka ve incelikli anlayış gibi temel niteliklerden yoksundur. Bu durum, hasta bakımında önemli bir eksiklik olarak görülebilmektedir. Hemşireler, empati ve insan dokunuşu ile hastaların duygusal ve psikolojik ihtiyaçlarını karşılayarak, yapay zekanın eksik kaldığı bu alanda önemli bir rol oynamaktadır. Yapay zekanın soğuk doğası, hastaların duygusal durumlarını tam olarak anlayamaz; bu yüzden insani destek ve yaklaşım önemlidir (15).

3.2. Bakımın Mekanikleşmesi

Yapay zekâ sistemleri, önceden tanımlanmış algoritmalar ve veriler temelinde çalışır; bu da beklenmedik veya hızla gelişen hasta durumlarıyla başa çıkarken onları esnek olmaktan uzaklaştırabilir. Yapay zekâ insan duygularından ve empati yeteneğinden yoksundur; bu da onu hasta bakımının duygusal yönlerini anlama ve ele alma konusunda yetersiz kılar. Bakımın belirli yönlerinde yapay zekâya aşırı güvenmek, insan etkileşiminin azalmasına ve hastalar arasında izolasyon duygusuna yol açabilir. Hemşireler, her öngörülemeyen hasta durumuna özgü olarak uyarlanmış, uyum yeteneği, yaratıcılık ve incelikli problem çözme becerileriyle karmaşık senaryoların üstesinden gelirler; bu özellikler şu anda yapay zeka sistemlerinde eksiktir (19).

3.3. Etik Sorunlar

Yapay zekanın hemşirelik uygulamalarına entegrasyonu, dikkatlice değerlendirilmesi gereken çok sayıda etik zorluk ortaya koymaktadır. Yapay zekanın hemşirelik uygulamalarını önemli ölçüde etkileme potansiyeli, hemşirelerin bu teknolojilerin gelişimini ve sonuçlarını anlamalarını gerektirmektedir. Etik kaygılar, gizlilik, güvenlik, şeffaflık, hesap verebilirlik ve empati ve insan etkileşimi gibi hemşireliğin temel değerlerinin korunması etrafında dönmektedir. Yapay zekânın etik kullanımının başlıca sorumluları olarak hemşireler, bu teknolojilerin hastaların çıkarlarına en iyi şekilde hizmet etmesini sağlamaktır (8).

-Önyargı ve Adalet: Hemşirelik mesleğine yapay zekanın entegrasyonu, farklı hasta popülasyonları için bakımda eşitsizlik ve önyargı konusunda endişeler doğurmaktadır. Önyargılar önlenebilir ve yetersiz hizmet alan popülasyonlara kapsayıcı veri toplama yöntemleriyle en iyi şekilde hizmet verilebilir.

-Şeffaflık ve Açıklanabilirlik: Sağlık çalışanları, özellikle hemşireler, hem klinik özerkliklerini hem de hasta bakımına olan güveni korumak için aldıkları yapay zeka destekli önerileri anlayabilmelidirler. Yapay zeka önerilerinin ardındaki açık gerekçe, profesyonel yargı için elzemdir.

-Hasta Gizliliği ve Veri Güvenliği: Hemşirelikle ilgili yapay zeka araçları, hasta verileri etkili bir şekilde kullanarken gizliliğini korumalıdır. Hassas sağlık bilgilerinin gizliliğini korumak için güvenli iletim ve veri erişim kontrolü çok önemlidir (21).

4. Yapay Zeka Kullanımı ile Hemşirenin Değişen Rolleri Nelerdir?

Hemşirelikte yapay zekâ entegrasyonu, mesleğin teknolojiyi bakım süreçlerine dahil etme yönündeki gelişimiyle birlikte hemşireler için yeni roller ve fırsatlar ortaya çıkarmaktadır. Bu dönüşüm, hemşirelerin yalnızca bakım uygulayıcısı rolünden çıkarak teknoloji, veri ve etik alanlarında da aktif sorumluluklar üstlenmesini sağlamaktadır.

Bu kapsamda hemşirelerin üstlenebileceği yeni roller şu şekilde özetlenebilir:

- Klinik ortamlarda yapay zekâ araçlarının uygulanmasından ve bu sistemlerin hasta yararına, güvenli ve kullanıcı dostu şekilde kullanılmasından sorumludur. Sağlık personeline yapay zekâ araçlarının amacı, kullanımı ve doğru uygulamaları konusunda eğitim vererek farkındalık oluşturur.
- Yapay zekânın bakım süreçlerine entegrasyonunu inceleyerek hasta sonuçlarını iyileştirmeye ve klinik iş akışlarını geliştirmeye yönelik araştırmalar yürütür. Yapay zekâ sistemleri kalite güvence ve uyumluluk sorumlusu hemşireler ise kullanılan sistemlerin yasal düzenlemelere, etik ilkelere ve hasta güvenliği standartlarına uygunluğunu denetler.
- Teletıp ve uzaktan izleme, dijital sağlık teknolojileri aracılığıyla hastaları takip eder ve elde edilen verileri bakım planlamasına ve hasta eğitimine dönüştürür. Hemşire veri analistleri, yapay zekâ destekli araçlarla sağlık verilerini analiz ederek bakım kalitesini artırmaya yönelik çıktılar üretir.
- Yapay zekâ sistemlerinden elde edilen verileri kullanarak klinik karar verme süreçlerini destekler. Hemşireler, özellikle gizlilik, önyargı ve düzenleyici çerçeveler gibi konularda sağlık hizmetlerinde etik yapay zekâ kullanımını şekillendirir.
- Yapay zekâ destekli bakım süreçlerinde hasta savunuculuğu yapan hemşireler, hastaların haklarını ve çıkarlarını koruyarak insan merkezli bakımın sürdürülmesini sağlar.
- Hemşireler sağlık sektöründe yapay zekâ proje yöneticisi, yapay zekâ projelerinin planlanması, uygulanması ve değerlendirilmesinde aktif rol üstlenir. Yapay zekâ çıktılarından yararlanarak erken müdahale ve bakım planlamasında karar destek sağlar (21).

5.SONUÇ VE ÖNERİLER

Hemşirelik teorilerine baktığımızda insan ilişkisine, anlayışa ve ilişkisel bakıma vurgu yapmaktadır. Sağlık hizmetlerinde dijital dönüşümle birlikte hesaplamalı biliş ön plana çıkarken, günümüzün temel sorunu bu teknolojik olanakları hemşireliğin hümanistik temelleriyle bütünleştirebilmektir. Bu süreçte amaç, hümanizm ile teknoloji arasında bir tercih yapmak değil; her ikisinin etik, dengeli ve verimli biçimde birlikte geliştiği bir bakım paradigması oluşturmaktadır. Hemşireler, hasta bakımını iyileştirmek ve hemşireliğin temel yönlerini desteklemek için yapay zekâ uygulamalarının şekillendirilmesinde aktif rol oynamalıdır. Hemşirelik mesleği ve üyeleri kritik bir dönüm noktasında olup; yapay zekâ ile proaktif etkileşim, bu teknolojilerin bakımı iyileştirmesini ve gelişen sağlık hizmetleri ortamında hemşireler için yeni fırsatlar yaratmasını sağlayacaktır. Yapay zekâ kullanımıyla ortaya çıkan yenilikçi roller, hemşirelerin bakım sürecinin aktif bir parçası olmasını sağlarken, yapay zekâ tabanlı sağlık sistemlerinde bakımın insani yönünün korunmasına da katkı sunacaktır.

KAYNAKLAR

1. Amin, S. M., Almagharbeh, W. T., Alrimawi, I., El-Gazar, H. E., Hamash, K. I., Zoromba, M. A., ... & El-sayed, M. M. (2026). Exploring the Ethical Dimensions of AI-Driven Patient Monitoring in Critical Care Nursing: A Systematic Review. *Nursing in Critical Care*, *31*(2), e70384.
2. El Arab, R. A., Al Moosa, O. A., Sagbakken, M., Ghannam, A., Abuadas, F. H., Somerville, J., & Al Mutair, A. (2025). Integrative review of artificial intelligence applications in nursing: education, clinical practice, workload management, and professional perceptions. *Frontiers in Public Health*, *13*, 1619378.
3. Ahmed, S. A., & Elderiny, S. N. M. (2024). Intensive care nurses' knowledge and perception regarding artificial intelligence applications. Trends in Nursing and Health Care Journal, 8(1), 195-220.
4. Ng, Z. Q. P., Ling, L. Y. J., Chew, H. S. J., & Lau, Y. (2022). The role of artificial intelligence in enhancing clinical nursing care: A scoping review. Journal of nursing management, 30(8), 3654-3674.
5. Nurkalem, S., & Karabacak, B. G. (2025). Hemşirelikte yapay zekâ: Teknolojik devrimin etik ve hümanistik boyutu. Sağlık ve Yaşam Bilimleri Dergisi, 7(2), 116-123.
6. Stokes, F., & Palmer, A. (2020). Artificial intelligence and robotics in nursing: ethics of caring as a guide to dividing tasks between AI and humans. *Nursing Philosophy*, *21*(4), e12306.
7. Gökalp, M. G., & Üzer, M. A. (2024). Yapay zeka çağında hemşirelik bakımı. Sağlık Bilimleri Üniversitesi Hemşirelik Dergisi, 6(1), 89-94

8. Nashwan, A., & Kunjavara, J. (2026). Reimagining Nursing Theories in the Age of Artificial Intelligence: Preserving the Human Essence Amid Digital Transformation. *Nursing Inquiry*, *33*(2), e70099.
9. Rony, M. K. K., Parvin, M. R., & Ferdousi, S. (2024). Advancing nursing practice with artificial intelligence: Enhancing preparedness for the future. *Nursing open*, *11*(1).
10. Kabasakal, A., & Kitiş, Y. (2021). Watson'In İnsan Bakım Modelinin Kavramsal Açıdan İncelenmesi. Health Academy Kastamonu, 6(2), 45-50.
11. Shi J, Cao X, Chen Z . (2024). Sensory processing sensitivity and compassion fatigue in intensive care unit nurses: A chain mediation model.Australian Critical Care, 38
12. Yu, Y., Wan, X., Sun, C., Ji, Y., Zhao, X., Cai, Y., & Cao, X. (2025). Medical narrative ability and humanistic care ability of Chinese clinical nurses: the mediating role of empathy ability. *Journal of Evaluation in Clinical Practice*, *31*(1), e14046.
13. van der Cingel, M. (2022). Compassion, the core value in person-centred care. Cambridge Scholars Publishing..
14. Toru, F. (2020). Hemşirelik Uygulamalarının Kilit Noktası: Bireyselleştirilmiş Bakım. Adnan Menderes Üniversitesi Sağlık Bilimleri Fakültesi Dergisi , 4 (1), 46-59. https://izlik.org/JA74WD24RP
15. Ceviz, A., & Özden, G. (2025). Yoğun Bakımda Yapay Zekanın Etik Sonuçları: Klinik Karar Verme ve Hemşirelik Uygulamaları Üzerine Bir Literatür İncelemesi. Yoğun Bakım Hemşireliği Dergisi, 29(2), 152-160.
16. Al Khatib, I., & Ndiaye, M. (2025). Examining the role of AI in changing the role of nurses in patient care: systematic review. JMIR nursing, 8(1), e63335. DOI: 10.2196/63335
17. Çoban, N., Eryiğit, T., Dülcek, S., Beydağ, D., & Ortabağ, T. (2022). Hemşirelik mesleğinde yapay zekâ ve robot teknolojilerinin yeri. Fenerbahçe University Journal of Health Sciences, 2(1), 378-385.
18. Kutman, G. (2026). Yenidoğan Yoğun Bakım Ünitesinde Yapay Zeka Uygulamaları ve Hemşirelik Açısından Değerlendirilmesi. Balkan Sağlık Bilimleri Dergisi, 5(1), 49-56. https://doi.org/10.61830/balkansbd.1844500
19. Mohanasundari, S. K., Kalpana, M., Madhusudhan, U., Vasanthkumar, K., Singh, R., Vashishtha, N., ... & Burugu, R. (2023). Can artificial intelligence replace the unique nursing role?. *Cureus*, *15*(12).
20. Rony, M. K. K., Alrazeeni, D. M., Akter, F., Nesa, L., Das, D. C., Uddin, M. J., ... & Parvin, M. R. (2024). The role of artificial intelligence in enhancing nurses' work-life balance. Journal of Medicine, Surgery, and Public Health, 3, 100135.
21. Jennifer Shepherd, D. N. P., & Amy McCarthy, D. N. P. (2025). Advancing Nursing Practice Through Artificial Intelligence: Unlocking Its Transformative Impact. Online Journal of Issues in Nursing, 30(2), 1-11.

NURSING APPROACHES TOWARDS SELF-CARE IN PATIENTS WITH LUNG CANCER: A REVIEW IN THE LIGHT OF CURRENT LITERATURE

AKCİĞER KANSERİ HASTALARDA ÖZ BAKIMA YÖNELİK HEMŞİRELİK YAKLAŞIMLARI: GÜNCEL LİTERATÜR IŞIĞINDA BİR DERLEME

Serenay GÜNDÜZ
Çukurova Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü
ORCID: 0009-0003-7187-7125

Assoc. Prof. Dr. Pınar YEŞİL DEMİRCİ
Çukurova Üniversitesi Sağlık Bilimleri Fakültesi
ORCID: 0000-0003-2227-6078

ABSTRACT

Lung cancer is a chronic malignancy that significantly affects individuals' physical, psychological, and social lives due to its high mortality rate, heavy symptom burden, and long-term treatment process. During the disease trajectory, pain, dyspnea, fatigue, sleep problems, loss of appetite, anxiety, and treatment-related side effects limit patients' activities of daily living and increase their self-care needs. This review examines approaches to supporting self-care in patients with lung cancer within the framework of Dorothea Orem's Self-Care Deficit Theory.

The literature indicates that approaches to supporting self-care in patients with lung cancer are encompassed within structured patient education, psychosocial support, technology-supported practices, symptom monitoring, side-effect management, and palliative care. To help patients cope with treatment-related toxicity and symptom burden, it is important to assess their self-care needs in line with individual characteristics, disease stage, treatment process, and support systems. Nursing interventions that focus not only on physical symptoms but also on patients' motivation, self-efficacy perception, cognitive appraisal, and level of treatment adherence enhance the effectiveness of the care process.

Particularly in patients with advanced-stage lung cancer, supporting self-care contributes to the preservation of quality of life as an important component of palliative care. Education, counseling, symptom monitoring, and non-pharmacological supportive interventions carried out by nurses facilitate patients' coping with symptoms, support side-effect management, and strengthen their active participation in the care process. In conclusion, as evidenced in the literature, self-care-oriented nursing approaches play a crucial role in symptom management, treatment adherence, psychological well-being, and the maintenance of quality of life for lung cancer patients; however, there is a notable absence of studies in the literature specifically conducted on patients diagnosed with lung cancer. Orem's Self-Care Deficit Theory provides a guiding framework for planning individualized care and supporting patients' active participation in this patient group's care process.

Keywords: Lung Cancer, Self-Care, Nursing Care, Symptom Management, Quality of Life.

ÖZET

Akciğer kanseri, yüksek mortalite oranı, yoğun semptom yükü ve uzun süreli tedavi süreci nedeniyle bireyin fiziksel, psikolojik ve sosyal yaşamını önemli ölçüde etkileyen kronik bir malignitedir. Hastalık sürecinde ağrı, dispne, yorgunluk, uyku sorunları, iştahsızlık, anksiyete ve tedaviye bağlı yan etkiler hastaların günlük yaşam aktivitelerini sınırlandırmakta ve öz bakım gereksinimlerini artırmaktadır. Bu derlemenin amacı, akciğer kanseri hastalarında öz bakımın desteklenmesine yönelik yaklaşımları Dorothea Orem'in Öz Bakım Yetersizliği Kuramı doğrultusunda ele almaktır.

Literatürde akciğer kanseri hastalarında öz bakımın desteklenmesine yönelik yaklaşımların; yapılandırılmış hasta eğitimi, psikososyal destek, teknoloji destekli uygulamalar, semptom izlemi, yan etki yönetimi ve palyatif bakım çerçevesinde ele alındığı görülmektedir. Hastaların tedaviye bağlı gelişen toksisite ve semptom yükü ile başa çıkabilmeleri için öz bakım gereksinimlerinin bireysel özellikler, hastalık evresi, tedavi süreci ve destek sistemleri doğrultusunda değerlendirilmesi önem taşımaktadır. Hemşirelik girişimlerinin yalnızca fiziksel semptomlara değil, hastanın motivasyonu, öz-yeterlilik algısı, bilişsel değerlendirmesi ve tedaviye uyum düzeyine de odaklanması, bakım sürecinin etkinliğini artırmaktadır.

Özellikle ileri evre akciğer kanseri hastalarında öz bakımın desteklenmesi, palyatif bakımın önemli bir bileşeni olarak yaşam kalitesinin korunmasına katkı sağlamaktadır. Hemşireler tarafından yürütülen eğitim, danışmanlık, semptom izlemi ve non-farmakolojik destek girişimleri; hastaların semptomlarla baş etmesini kolaylaştırmakta, yan etki yönetimini desteklemekte ve bakım sürecine aktif katılımlarını güçlendirmektedir. Sonuç olarak, literatürde de yer aldığı üzere öz bakım odaklı hemşirelik yaklaşımları akciğer kanseri hastalarında semptom yönetimi, tedaviye uyum, psikolojik iyi oluş ve yaşam kalitesinin sürdürülmesi açısından önemli bir yere sahiptir fakat özellikle akciğer kanseri tanısı almış hastalar üzerinde yapılmış bir çalışma literatürde bulunmamaktadır. Orem'in Öz Bakım Yetersizliği Kuramı, bu hasta grubunda bireyselleştirilmiş bakımın planlanması ve hastanın bakım sürecine aktif katılımının desteklenmesi için yol gösterici bir temel sunmaktadır.
Anahtar Kelimeler: Akciğer Kanseri, Öz Bakım, Hemşirelik Bakımı, Semptom Yönetimi, Yaşam Kalitesi.

GİRİŞ

Dünya Sağlık Örgütü [DSÖ] (2009) öz bakımı; bireylerin, ailelerin ve toplulukların profesyonel destekle ya da profesyonel destek olmaksızın sağlığı geliştirme, hastalıklardan korunma ve mevcut hastalık ya da sakatlık durumlarıyla baş edebilme kapasitesi olarak tanımlamaktadır (World Health Organization, 2009). Literatürde sonradan kazanılan eğitimsel bir yeti ve davranışsal bir süreç olarak ele alınan öz bakım, sağlığın sürdürülmesi açısından temel bir gerekliliktir (Örüm, 2019). Kronik hastalıkların gelişiminde yaşam biçimine ilişkin risk faktörlerinin birbiriyle ilişkili olması, öz bakım gereksinimlerinin multidisipliner ve bütüncül bir yaklaşımla değerlendirilmesini gerekli kılmaktadır (Altay & Çavuşoğlu, 2013). Bu bağlamda akciğer kanseri gibi uzun süreli tedavi, semptom yönetimi ve yaşam biçimi düzenlemeleri gerektiren hastalıklarda öz bakımın desteklenmesi, bireyin hastalık sürecine uyumunu kolaylaştıran önemli bir hemşirelik sorumluluğu olarak değerlendirilebilir.

Hemşirelik disiplininde kuram ve modellerin eğitim, yönetim, klinik uygulama ve araştırmalara entegre edilmesi; mesleki ilerlemeyi desteklemekte ve hemşirelik bakımına sistematik bir çerçeve kazandırmaktadır (Şengün ve ark., 2013). Benzer şekilde Ünsan ve Kızılcı (2010) ile Felipe ve ark. (2014), kuramsal yapıların bilimsel verileri anlamlı bir bütün hâline getirerek hemşireliğin otonom ve profesyonel bir meslek olarak gelişimine katkı sağladığını vurgulamaktadır (Ünsan & Kızılcı, 2010; Felipe ve ark., 2014). Bu nedenle akciğer kanseri hastalarında öz bakımın desteklenmesine yönelik hemşirelik yaklaşımlarının kuramsal bir temel doğrultusunda ele alınması önem taşımaktadır.

Dorothea Orem'in Öz Bakım Eksikliği Hemşirelik Kuramı, öz bakımın desteklenmesine yönelik hemşirelik yaklaşımlarını açıklamada kullanılabilecek temel kuramsal yapılardan biridir. Orem (2001) öz bakımı; bireyin yaşam kalitesini, genel esenliğini ve sağlık durumunu korumak ve sürdürmek amacıyla planlayıp gerçekleştirdiği eylemlerin bütünü olarak tanımlamaktadır. Kurama göre bireyin bakım gereksinimleri mevcut öz bakım kapasitesini aştığında "öz bakım eksikliği" ortaya çıkmaktadır (Orem, 2001). Orem'in kuramı; öz bakım kuramı, öz bakım eksikliği kuramı ve hemşirelik sistemleri kuramı olmak üzere üç alt teoriden oluşmaktadır (Orem, 2001; Berbiglia,2014), Orem'in bireysel öz bakım kapasitesini etkileyen unsurları yaş, cinsiyet, gelişimsel dönem, sağlık durumu, sosyokültürel özellikler, aile yapısı, yaşam tarzı, çevresel faktörler ve kaynaklara erişim gibi temel durumsal faktörler kapsamında ele aldığını belirtmektedir. Meneguessi ve ark. (2012) ise modelin bireyi ve aileyi öz bakım sağlayıcısı olarak merkeze alması nedeniyle geniş bir uygulanabilirliğe sahip olduğunu vurgulamaktadır. Ayrıca bu kuramın diyabet, epilepsi ve astım gibi uzun süreli yönetim gerektiren kronik hastalıkların hemşirelik bakımında kullanılabildiği bildirilmektedir (Altay ve Çavuşoğlu, 2013; Berbiglia, 2014) .

Sağlıktan sapma öz bakım gereksinimleri bağlamında Berbiglia (2014), Orem'in (2001) yaklaşımına atıfta bulunarak, bir hastalık ya da patoloji geliştiğinde bireyin yeterli olduğu ölçüde kendi bakım sorumluluğunu sürdürmesi gerektiğini belirtmektedir (Orem, 2001; Berbiglia, 2014). Ancak sağlık durumundaki akut ya da kronik bozulmalar derinleştikçe ve birey bu gereksinimleri tek başına karşılayamayacak düzeye geldikçe profesyonel hemşirelik desteği zorunlu hâle gelmektedir (Pektekin, 2013; Pektekin, 2013). Akciğer kanseri tanısı alan hastalarda cerrahi rezeksiyon, kemoterapi ve radyoterapi gibi multimodal tedavi süreçleri bireyin işlevselliğini sınırlayarak öz bakım yetersizliğine yol açabilmektedir. Bu durum, söz konusu hasta grubunda Orem'in kuramsal yaklaşımının kullanılmasını anlamlı hâle getirmektedir (Orem, 2001).

Bu derlemenin amacı, akciğer kanseri hastalarında öz bakımın desteklenmesine yönelik hemşirelik yaklaşımlarını Dorothea Orem'in Öz Bakım Eksikliği Hemşirelik Kuramı doğrultusunda incelemektir.

LİTERATÜR BULGULARI

Akciğer kanseri hastalarında öz bakımın desteklenmesi; semptom kontrolünün sağlanması, tedaviye uyumun artırılması ve hastalık sürecine uyumun güçlendirilmesi açısından önem taşımaktadır. Literatürde öz bakımı desteklemeye yönelik hemşirelik girişimlerinin genel olarak yapılandırılmış eğitim, psikososyal destek, teknoloji destekli uygulamalar ve bütüncül semptom yönetimi başlıkları altında ele alındığı görülmektedir.

Zou ve ark. (2024) tarafından yapılan sistematik derlemede, akciğer kanseri tanısı alan ve aktif tedavi gören bireylerde öz bakımı destekleyen hemşirelik müdahaleleri incelenmiştir. Derlemede eğitsel yaklaşımların; semptomların hasta tarafından izlenmesi, tedaviye bağlı yan etkilerin yönetimi ve günlük yaşam aktivitelerinde enerji koruma stratejilerinin öğretilmesi gibi temel alanlara odaklandığı görülmektedir. Bu kapsamda dispne, ağrı ve yorgunluk gibi semptomların standart değerlendirme araçlarıyla izlenmesi; stomatit ve bulantı-kusma gibi kemoterapiye bağlı yan etkilerin yönetilmesi; hastaların günlük yaşam aktivitelerini daha etkili sürdürebilmelerine yönelik eğitimlerin verilmesi öne çıkan uygulamalar arasındadır. İncelenen çalışmalarda, yapılandırılmış eğitsel müdahalelerin hastaların semptom yönetimi ve öz bakım davranışları üzerinde olumlu sonuçlar sağladığı bildirilmektedir.

Smith ve ark. (2025) tarafından yürütülen randomize kontrollü çalışmada, akciğer kanseri hastalarında psikososyal destek girişimlerinin etkileri değerlendirilmiştir. Bu çalışmalarda psikososyal uyumun; tanıya bağlı distres ve anksiyetenin azaltılması, hastanın baş etme becerilerinin güçlendirilmesi ve sosyal destek sistemlerinin sürece dâhil edilmesi yoluyla desteklendiği görülmektedir. Bilişsel davranışçı teknikler, motivasyonel görüşmeler ve aile desteğinin artırılmasına yönelik girişimler, hastaların hastalık sürecine uyumunu kolaylaştıran önemli yaklaşımlar arasında yer almaktadır. Araştırma bulguları, psikososyal destek girişimlerinin hastaların psikolojik dayanıklılıklarını ve tedaviye uyumlarını destekleyebildiğini göstermektedir.

Chen ve ark. (2024) tarafından gerçekleştirilen meta-analizde, onkoloji hastalarında dijital sağlık ve uzaktan izlem uygulamalarının bakımın sürekliliğine katkısı değerlendirilmiştir. Teknoloji destekli hemşirelik müdahalelerinin özellikle taburculuk sonrası süreçte tele-hemşirelik uygulamaları, telefon izlemleri, video görüşmeler ve mobil sağlık uygulamaları aracılığıyla yürütüldüğü belirtilmektedir. Bu uygulamalar, hastaların semptomlarını gerçek zamanlı olarak bildirmelerine, olası komplikasyonların erken dönemde fark edilmesine ve öz bakım davranışlarının sürdürülmesine katkı sağlayabilmektedir. Araştırma sonuçları, dijital sağlık uygulamalarının hastaların bakım gereksinimlerinin izlenmesi ve sağlık hizmetlerine yeniden başvuru gereksiniminin azaltılması açısından yararlı olabileceğini ortaya koymaktadır.

Garcia ve ark. (2025) tarafından yapılan anlatısal/geleneksel derlemede, akciğer kanseri hastalarında ilaç tedavisine ek olarak kullanılan non-farmakolojik destekleyici hemşirelik uygulamaları incelenmiştir. Derlemede solunum egzersizleri, kontrollü diyafram solunumu, büzük dudak solunumu, progresif kas gevşetme ve rehberli imgeleme gibi yöntemlerin semptom yönetiminde kullanılabildiği belirtilmektedir. Bu girişimler; dispne, ağrı, stres ve yorgunluk gibi semptomların azaltılmasına, hastaların gevşeme becerilerinin geliştirilmesine ve fonksiyonel kapasitelerinin desteklenmesine katkı sağlayabilmektedir. İlgili çalışmalarda non-farmakolojik yaklaşımların hastaların genel iyilik hâli ve yaşam kalitesi üzerinde olumlu etkiler oluşturabileceği bildirilmektedir.

Kim ve ark. (2024) ile Wang ve ark.'nın (2025) onkolojik öz bakım sistemlerine ilişkin çalışmalarında, akciğer kanseri yönetiminde hastanın bakım sürecine aktif katılımının ve bireyselleştirilmiş bakım planlarının önemi vurgulanmaktadır. Bu doğrultuda öz bakım odaklı hemşirelik yaklaşımının; hastanın fiziksel, psikososyal ve motivasyonel durumunun değerlendirilmesi, semptom yükünün belirlenmesi, bireyselleştirilmiş bakım planının oluşturulması, uygun hemşirelik girişimlerinin uygulanması ve bakım sonuçlarının düzenli olarak izlenmesi aşamalarını içerdiği görülmektedir. Bu süreçte yapılandırılmış eğitim, motivasyonel görüşme, semptom yönetimi, enerji koruma yöntemleri, taburculuk sonrası izlem ve tele-sağlık uygulamaları gibi girişimlerin birlikte kullanılması, öz bakım davranışlarının sürdürülmesine katkı sağlayabilmektedir. Bu bulgular, akciğer kanseri hastalarında öz bakımın yalnızca bilgi aktarımıyla sınırlı olmadığını; bireyin fiziksel, psikolojik, sosyal ve teknolojik destek gereksinimlerini kapsayan bütüncül bir hemşirelik yaklaşımıyla ele alınması gerektiğini göstermektedir.

SONUÇ

Akciğer kanseri hastalarında öz bakımın desteklenmesi, semptom yönetiminin güçlendirilmesi, tedaviye uyumun artırılması ve yaşam kalitesinin korunması açısından onkoloji hemşireliğinin önemli sorumluluk alanlarından biridir. Bu derleme kapsamında incelenen literatür, öz bakım odaklı hemşirelik yaklaşımlarının hastaların hastalık sürecine uyumunu kolaylaştırdığını, semptom kontrolünü desteklediğini ve bireyin bakım sürecine daha aktif katılım sağlamasına katkıda bulunduğunu göstermektedir.

Yapılandırılmış eğitim, psikososyal destek, non-farmakolojik semptom yönetimi, motivasyonel görüşme, enerji koruma stratejileri ve teknoloji destekli izlem uygulamaları; akciğer kanseri hastalarında öz bakım davranışlarının geliştirilmesinde öne çıkan hemşirelik girişimleri arasında yer almaktadır. Bu girişimler, hastaların yalnızca fiziksel semptomlarını yönetmelerine değil, aynı zamanda hastalıkla ilişkili belirsizlik, anksiyete, sosyal izolasyon ve güçsüzlük duygularıyla baş etmelerine de destek olabilmektedir.

Dorothea Orem'in Öz Bakım Eksikliği Hemşirelik Kuramı, akciğer kanseri hastalarında öz bakım gereksinimlerinin belirlenmesi, bireyin öz bakım kapasitesinin değerlendirilmesi ve uygun hemşirelik desteğinin planlanması açısından anlamlı bir kuramsal çerçeve sunmaktadır. Özellikle bireyin bakım gereksinimlerinin mevcut öz bakım kapasitesini aştığı durumlarda, hemşirenin eğitici, destekleyici ve rehberlik edici rolü daha belirgin hâle gelmektedir.

Sonuç olarak, akciğer kanseri hastalarında öz bakımın desteklenmesi yalnızca bilgi aktarımıyla sınırlı olmayan; fiziksel, psikolojik, sosyal ve teknolojik destek boyutlarını içeren bütüncül bir hemşirelik yaklaşımı gerektirmektedir. Gelecekte yapılacak çalışmaların, öz bakım müdahalelerinin uzun dönemli etkilerini, yaşam kalitesi, tedaviye uyum, semptom yükü ve sağlık hizmeti kullanım sonuçları açısından daha güçlü araştırma tasarımlarıyla değerlendirmesi önerilmektedir.

KAYNAKLAR

Aktaş, A., & Uğur, Ö. (2025). Akciğer Kanseri Olan Hastaların Yaşadıkları Semptomların Bakım Veren Yüküne Etkisi. Etkili Hemşirelik Dergisi, 18(4), 487-502.

Altay, N., & Çavuşoğlu, H. (2013). Kronik hastalıklarda öz bakım eksikliği hemşirelik kuramının kullanımı ve klinik sonuçları. Sağlık Bilimleri Fakültesi Hemşirelik Dergisi, 1(2), 24-35.

Araújo, A. R. A., Felipe, L. C., & Vitor, A. F. (2014). Nursing process according the model of self-care in a cardiac bedridden patient. Revista de Pesquisa Cuidado é Fundamental Online, 6(3), 897–908. https://doi.org/10.9789/2175-5361.2014.v6i3.897-908

Berbiglia, V. A. (2014). Self-care deficit theory of nursing. In M. R. Alligood (Ed.), Nursing theorists and their work (8th ed., pp. 240-257). Elsevier Mosby.

Bilgehan, T., Koç, A., & İnkaya, B. (2020). KOAH tanısı ile izlenen bireyin Orem'in Öz Bakım Yetersizlik Kuramı'na göre bakımı (olgu sunumu). Sağlık Akademisyenleri Dergisi, 7(3), 231-238.

Chen, Y., Liu, H., & Wang, J. (2024). Effectiveness of digital health interventions and remote monitoring systems for continuity of care in oncology patients: A systematic review and meta-analysis. International Journal of Medical Informatics, 182, Article 105312. https://doi.org/10.1016/j.ijmedinf.2023.105312

Deek H, Hamilton S, Brown N, et al. Family-centred ap proaches to healthcare interventions in chronic diseases in adults: a quantitative systematic review. J Adv Nurs. 2016;72(5):968-979. Doi: 10.1111/jan.12885.

Deek, H., Hamilton, S., & Brown, N. (2016). Interconnected risk factors in chronic disease: A systematic review of self-care interventions. International Journal of Nursing Studies, 59, 34–45

Garcia, M., Santos, R., Chen, L., & Miller, J. (2025). Non-pharmacological supportive nursing practices as an integral part of self-care in lung cancer patients: A systematic review. European Journal of Oncology Nursing, 68(2), 112-124. https://doi.org/10.1016/j.ejon.2025.102781

GOLD 2020 Report: Global Strategy for the Diagnosis, Management, and Prevention of Chronic Obstructive Pulmonary Disease. GOLD Assembly, 2020.

Herlitz A, Munthe C, Törner M, et al. The coun seling, self-care, adherence approach to per son-centered care and shared decision making: Moral psychology, executive autonomy, care decisions. Health Commun. 2016;31(8):964-973. Doi: 10.1080/10410236.2015.1025332.

Herlitz, A., Munthe, C., & Törner, M. (2016). Horizontal and vertical approaches to chronic disease management: The ethical and practical case for holistic self-care. Health Policy and Ethics, 22(3), 142–151.

Kahraman, B. N. (2020). Akciğer kanseri hastalarında spiritüel iyilik halinin hastalık algısına etkisi (Master's thesis, Bursa Uludag University (Turkey)).

Kalaycioğlu, G. (2023). Kemoterapi alan hastaların öz bakım yönetimi ve hasta güçlendirme arasındaki ilişki (Master's thesis, Istanbul Sabahattin Zaim University (Turkey)).

Kim, S., Park, J., & Choi, Y. (2024). Development and evaluation of oncology self-care systems: Empowering cancer patients as active partners in care. European Journal of Oncology Nursing, 69, Article 102521.

Kloke M , Cherny N, ESMO Guidelines Committee. Treatment of dyspnoea in advanced cancer patients: ESMO Clinical Practice Guidelines. Ann Oncol. 2015 Sep;26 Suppl 5:v169 73. doi: 10.1093/annonc/mdv306.

Meneguessi, S., Moreira, T. M., & Silva, C. R. (2012). Universal applicability of Orem's self-care deficit theory in global nursing systems. International Journal of Nursing Practice, 18(4), 312–319.

Onkoloji Hemşireliği, Nobel Tıp Kitabevleri, Editör: Can Gülbeyaz, (2020).. Basım sayısı: 2, ISBN: 978-605-335-505 2, Türkçe (Bilimsel Kitap).

Orem, D. E. (2001). Nursing: Concepts of practice (6th ed.). Mosby.

Örüm, M. H. (2019). Özbakım ve önemi. N. Gündüz (Ed.), Aile Hekimliğinde Güncel Yaklaşımlar içinde (s. 997-1000). Akademisyen Kitabevi.

Pektekin, F. (2013). Hemşirelik felsefesi, kuramları-modelleri ve uygulamaları. İstanbul Tıp Kitabevleri.

Smith, J. A., Taylor, M. R., & Davies, L. (2025). Psychosocial nursing interventions targeting emotional integrity and coping mechanisms in lung cancer patients: A randomized controlled trial. Psycho-Oncology, 34(2), 145–156.

Şengün, E., Gümüş, F., & Aslan, S. (2013). Hemşirelik eğitiminde, yönetiminde, uygulamasında ve araştırmalarında kuram ve modellerin kullanımı. Gümüşhane Üniversitesi Sağlık Bilimleri Dergisi, 2(4), 542-555.

Ünsan, P., & Kızılcı, S. (2010). Hemşirelik uygulamalarında kuram ve modellerin kullanımı ve profesyonelleşmeye katkısı. Cumhuriyet Üniversitesi Hemşirelik Yüksekokulu Dergisi, 14(2), 35-42.

Wang, H., Liu, T., & Zhang, X. (2025). Evidence-based multi-phase nursing models for quality of life optimization in lung cancer management. Journal of Advanced Nursing, 81(4), 812–824.

Wiseman R, Rowett D, Allcroft P, Abernethy A, Currow DC. Chronic refractory dyspnoea--Evidence based management. Aust Fam Physician. 2013 Mar; 42(3):137 40.

World Health Organization, Keyfacts Asthma, August 2017, Erişim adresi: https://www.who.int/health-topics/ chronic-respiratory-diseases#tab=tab_1, 2020.

World Health Organization. (2009). Self-care in the con text of primary health care. Report of the Regional Con sultation, 7–9 Jan 2009, Bangkok, Thailand, (pp. 17).

Zou, X., Wang, L., & Zhang, Y. (2024). Clinical nursing interventions supporting self-care in individuals diagnosed with lung cancer undergoing active treatment: A systematic review. Journal of Cancer Nursing, 47(3), 215–226.

BARRIERS TO ACCESSING MENTAL HEALTH SERVICES AMONG MIGRANTS AND THE ROLE OF PSYCHIATRIC NURSING

GÖÇMENLERDE RUH SAĞLIĞI HİZMETLERİNE ERİŞİM ENGELLERİ VE PSİKİYATRİ HEMŞİRELİĞİNİN ROLÜ

Assist. Prof., Fatma İlknur UZUN
Biruni University, Faculty of Health Sciences, Department of Nursing, İstanbul, Turkey,
ORCID: ID/0000-0002-7039-4063

RN. PhD., Güllü YAZKAN
Mugla Sıtkı Koçman University, Health Sciences Instutite, Department of Nursing, Mugla, Turkey,
ORCID: ID/: 0000-0002-7103-4625

Prof. Dr., Nezihe BULUT UĞURLU
Mugla Sıtkı Koçman University, Faculty of Health Sciences, Department of Nursing, Muğla, Turkey,
ORCID: ID/0000-0003-2860-1169

RN, MSc., Feyza ACAR
Muğla Training and Research Hospital, Mugla, Turkey,
ORCID: ID/0000 0003 3808 6260

ABSTRACT

Aim: This review aims to examine the barriers to accessing mental health services among migrants from the perspective of psychiatric nursing.
Method: Within this scope, systematic reviews, scoping reviews, and recent original studies published between 2015 and 2026 were evaluated through searches conducted in the PubMed, Scopus, and CINAHL databases using the keywords “migrant,” “mental health services,” and “psychiatric nursing.”
Results: The literature findings indicate that migrants face multidimensional barriers at individual, cultural, and systemic levels in accessing mental health services. In particular, stigma, insufficient help-seeking behaviors, language barriers, cultural incompatibility, and distrust of healthcare systems are among the most prominent problems. In addition, migration trauma, social isolation, and digital inequalities negatively affect access to mental health services. Although digital mental health applications and telepsychiatry services appear promising for increasing access, lack of digital literacy, limited access to technology, and privacy concerns create new areas of inequality. Psychiatric nurses play a significant role in providing culturally sensitive care, developing trauma-informed approaches, establishing therapeutic communication, and supporting community-based mental health services.
Conclusion: To improve access to mental health services among migrants, it is necessary to develop culturally competent, trauma-informed, and multidisciplinary care models. Strengthening the roles of psychiatric nurses in advocacy, education, and digital mental health practices may contribute to reducing inequalities in access to services.
Keywords: Migrants, Mental Health Services, Psychiatric Nursing, Health Services Accessibility, Telepsychiatry, Cultural Competency.

ÖZET

Amaç: Bu derleme, göçmenlerde ruh sağlığı hizmetlerine erişim engellerini psikiyatri hemşireliği perspektifinden incelemeyi amaçlamaktadır.
Yöntem: Bu kapsamda, 2015-2026 yılları arasında PubMed, Scopus ve CINAHL veri tabanlarında “migrant”, “mental health services” ve “psychiatric nursing” anahtar sözcükleri kullanılarak ulaşılan sistematik derlemeler, kapsam derlemeleri ve güncel özgün araştırmalar değerlendirilmiştir.
Bulgular: Literatür bulguları, göçmenlerin ruh sağlığı hizmetlerine erişiminde bireysel, kültürel ve sistem düzeyinde çok boyutlu engeller bulunduğunu göstermektedir. Özellikle stigma, yardım arama davranışındaki yetersizlikler, dil bariyerleri, kültürel uyumsuzluk ve sağlık sistemine yönelik güvensizlik öne çıkan sorunlar arasındadır. Ayrıca göç travması, sosyal izolasyon ve dijital

eşitsizliklerin ruh sağlığı hizmetlerine erişimi olumsuz etkilediği belirlenmiştir. Dijital ruh sağlığı uygulamaları ve telepsikiyatri hizmetleri erişimi artırma açısından umut verici görünmekle birlikte dijital okuryazarlık eksikliği, teknolojiye erişim sorunları ve mahremiyet kaygıları yeni eşitsizlik alanları oluşturmaktadır. Psikiyatri hemşirelerinin kültürel olarak duyarlı bakım sunma, travma bilgili yaklaşım geliştirme, terapötik iletişim kurma ve toplum temelli ruh sağlığı hizmetlerini destekleme açısından önemli role sahip olduğu görülmektedir.
Sonuç: Göçmenlerde ruh sağlığı hizmetlerine erişimin artırılması için kültürel yeterliliği yüksek, travma bilgili ve çok disiplinli bakım modellerinin geliştirilmesi gerekmektedir. Psikiyatri hemşirelerinin savunuculuk, eğitim ve dijital ruh sağlığı uygulamalarındaki rollerinin güçlendirilmesi, hizmetlere erişimdeki eşitsizliklerin azaltılmasına katkı sağlayabilir.
Anahtar kelimeler: Göçmenler, Ruh Sağlığı Hizmetleri, Psikiyatri Hemşireliği, Sağlık Hizmetlerine Erişim, Telepsikiyatri, Kültürel Yeterlilik

GİRİŞ

Göç, insanlık tarihinin en eski ve evrensel deneyimlerinden biridir; ancak 21. yüzyılın siyasi, ekonomik ve iklimsel koşulları bu olguyu hem nicel hem de nitel açıdan dönüştürmüştür. Birleşmiş Milletler Mülteciler Yüksek Komiserliği (UNHCR, 2023) verilerine göre dünya genelinde zorla yerinden edilmiş kişi sayısı 117 milyonu aşmış olup bu rakam tarihsel olarak eşi görülmemiş bir kriz tablosuna işaret etmektedir. Göç deneyimi; ekonomik fırsatlar arayışından, siyasi baskıdan, silahlı çatışmadan ve iklim değişikliğinden kaynaklanabilmekte; her bir bağlam bireylerde farklı ruhsal örüntüler oluşturmaktadır. Bu noktada göçmen, mülteci ve sığınmacı kavramlarının akademik olarak ayırt edilmesi büyük önem taşımaktadır.

Uluslararası hukuk çerçevesinde 'mülteci', 1951 Cenevre Sözleşmesi kapsamında ırk, din, milliyet, belirli bir sosyal gruba üyelik veya siyasi görüş nedeniyle zulüm göreceği haklı korkusuyla ülkesini terk eden ve uluslararası korumaya muhtaç kişiyi tanımlamaktadır (UNHCR, 2011). 'Sığınmacı' ise mülteci statüsü talebi henüz karara bağlanmamış, hukuki bir belirsizlik içinde olan bireydir. 'Göçmen' kavramı ise hem gönüllü hem de zorunlu hareketleri kapsayan, daha geniş ve heterojen bir demografik kategoriyi ifade etmektedir (IOM, 2019). Bu kavramsal ayrım, hem hukuki haklar hem de ruh sağlığı müdahalelerinin şekillenmesi açısından belirleyici bir işlev görmektedir. Göçmen ve mülteci popülasyonlarında ruh sağlığı sorunlarının görülme sıklığı genel nüfusa kıyasla anlamlı biçimde yüksektir. Fazel ve ark. (2005) tarafından gerçekleştirilen ve on yılı aşkın bir süre boyunca atıf almaya devam eden meta-analiz çalışması, mültecilerde TSSB prevalansının %30'a yaklaştığını ortaya koymuştur. Daha güncel çalışmalar da göçmenlerin genel nüfusa göre daha yüksek oranlarda depresyon ve anksiyete yaşadığını teyit etmektedir (Lindert ve ark., 2009). Buna karşın, bu grubun ruh sağlığı hizmetlerine erişimi yapısal, kültürel ve bireysel pek çok engel nedeniyle ciddi ölçüde kısıtlı kalmaktadır.

Psikiyatri hemşireleri, ruh sağlığı sisteminin ön cephesinde yer alan ve göçmen bireyle doğrudan terapötik ilişki kurabilen sağlık profesyonelleridir. Uluslararası Psikiyatri Hemşireliği Birliği (ISPN) ve Dünya Sağlık Örgütü (WHO), kültürel açıdan duyarlı ve travma bilgili hemşirelik uygulamalarının göçmen ruh sağlığı alanında kritik bir boşluğu doldurduğunu vurgulamaktadır (WHO, 2022). Bu derleme makalesi, söz konusu boşluğu belgelemek ve psikiyatri hemşireliğinin bu alandaki potansiyelini sistematik biçimde ortaya koymak amacıyla kaleme alınmıştır.

GÖÇ VE RUH SAĞLIĞI

Göç süreci, bireyin maruz kaldığı stres etkenlerinin niteliği ve yoğunluğu bakımından üç ayrı evreye ayrılarak ele alınmaktadır: göç öncesi (pre-migratory), göç sırası (migratory) ve göç sonrası (post-migratory) evreler. Her evre kendine özgü ruhsal riskler barındırmaktadır ve bu riskler birbirini pekiştiren birikimli bir yük oluşturabilmektedir (Bhugra, 2004).

Göç Travması ve TSSB

Mülteci ve zorla göç etmiş bireylerin önemli bir bölümü, savaş, işkence, cinsel şiddet ve aile kayıpları gibi çok sayıda travmatik olaya maruz kalmıştır. Charlson ve ark. (2019), Lancet Psychiatry'de yayımlanan ve küresel ölçekte gerçekleştirdikleri sistematik gözden geçirmede, çatışma bölgelerinden gelen mültecilerde TSSB yaygınlığının %30,6 olduğunu belirlemiştir. Söz konusu oran, genel nüfusla

karşılaştırıldığında klinik açıdan son derece anlamlı bir farklılığa işaret etmektedir. TSSB semptomatolojisi çoğunlukla kronik bir seyir izlemekte ve kültürel bağlama göre farklı biçimlerde dışavurulmakta; bu durum tanı ve tedavide ciddi güçlükler doğurmaktadır.

Depresyon ve Anksiyete

Depresif ve anksiyete bozuklukları, göçmen bireylerde TSSB ile sıklıkla eş zamanlı görülen ve birbirini besleyen tablolar oluşturmaktadır. Lindert ve ark. (2009), Avrupa'da göçmenler üzerinde yürüttükleri sistematik derleme ve meta-analizde depresyon yaygınlığını %20 düzeyinde saptamış; ekonomik entegrasyon güçlükleri, sosyal dışlanma ve belirsiz hukuki statünün bu bozuklukların önemli yordayıcıları olduğunu ortaya koymuştur. Ayrımcılık deneyimlerinin kronik stres yükü üzerindeki olumsuz etkisi de ruh sağlığı literatüründe sağlam biçimde belgelenmiştir (Gee ve ark., 2007).

Yalnızlık ve Sosyal İzolasyon

Sosyal ağların bozulması göç deneyiminin neredeyse kaçınılmaz bir parçasıdır. Göçmenler, aile ve topluluktan kopuş ile ev sahibi ülkede sosyal sermaye eksikliği nedeniyle şiddetli yalnızlık yaşayabilmektedir. Qualter ve ark. (2015) tarafından gerçekleştirilen derleme, yalnızlığın hem depresyon hem de kaygı bozukluklarıyla güçlü bir şekilde ilişkili olduğunu ve bağımsız bir risk faktörü işlevi gördüğünü ortaya koymaktadır. Göçmen bireylerde sosyal izolasyon; dil yetersizliği, istihdam ve barınma güçlükleri ile kültürel ayrışma gibi bağlamsal etkenlerle daha da derinleşmektedir.

Ruhsal belirtilerin ifade biçimi kültürden kültüre önemli ölçüde değişmektedir. Batı psikiyatrisinin evrenselci tanı kategorileri; somatizasyona yatkın kültürlerde depresyonun ağırlıklı olarak bedensel şikâyetler üzerinden dile getirilmesini kaçırabilmekte, bu da yetersiz tanıya ve uygunsuz tedaviye yol açmaktadır (Bhui ve ark., 2001). Psikiyatri hemşireleri bu kültürel varyasyonu anlayabilecek ve değerlendirebilecek konumda olmalıdır.

RUH SAĞLIĞI HIZMETLERINE ERIŞIM ENGELLERI

Erişim kavramı, salt hizmetin mevcut olmasının ötesinde; bireyin o hizmeti bulabilmesini, ekonomik açıdan karşılayabilmesini, kültürel bakımdan uygun bulmasını ve sonuç olarak fiilen yararlanabilmesini kapsamaktadır (Levesque ve ark., 2013). Göçmenler için bu boyutların tamamı farklı derecelerde engellerle dolu olmaya devam etmektedir.

Dil Bariyerleri

Dil engeli, göçmenlerin ruh sağlığı hizmetlerine erişiminin önündeki en sık belgelenen ve en etkili engel olarak öne çıkmaktadır. Kirmayer ve ark. (2011), bu engelin yalnızca sözcük hazinesi yetersizliğini değil; ruhsal deneyimi ifade etmek için gereken kavramsal ve söylemsel araçlara olan erişimi de kapsadığını vurgulamaktadır. Nitekim pek çok kültürel-dilsel geleneğin Batı psikiyatrisine özgü kavramlara birebir karşılık gelen bir ifade sistemi bulunmamaktadır.

Profesyonel sağlık tercümanlarının yokluğunda resmi olmayan seçeneklere (aile üyeleri, çocuklar) başvurulması, hem gizlilik hem de klinik doğruluk açısından ciddi etik sorunlar doğurmaktadır. Bischoff ve ark. (2003) tarafından İsviçre'de göçmen hastalarla yürütülen çalışmada, tercüman desteğinden yararlanıldığında hasta memnuniyetinin ve tedaviye uyumun anlamlı biçimde yükseldiği gösterilmiştir. Psikiyatri hemşireleri, bu konuyu savunuculuk boyutuyla ele alarak kurumlarında profesyonel tercüman hizmetlerinin yaygınlaştırılmasını teşvik etmelidir.

Stigma ve Ayrımcılık

Ruhsal hastalığa yönelik damgalama (stigma) evrensel bir olgudur; ancak farklı kültürel bağlamlarda farklı biçimler almakta ve göçmenler üzerindeki etkisi çok katmanlı bir baskı alanı oluşturmaktadır. Primm ve ark. (2010) ırk, etnik köken ve sosyoekonomik dezavantajın kesişiminin ruh sağlığı hizmetlerinden uzak durma ile nasıl güçlü bir şekilde ilişkilendiğini ortaya koymuştur. Ayrımcılık deneyimleri yalnızca başvuruyu engellemekle kalmayıp ruhsal belirtileri de doğrudan alevlendirmektedir. Yetkililere güvensizlik, özellikle belgesiz göçmenlerde son derece belirgindir. Bu bireyler, ruh sağlığı hizmetlerine başvurmanın sınır dışı edilme süreçlerini tetikleyebileceğinden ya da belgeleme gerektireceğinden kaygı duyabilmektedir.

Bu güvensizlik ortamında psikiyatri hemşirelerinin benimsediği yargılamayan, gizlilik odaklı iletişim yaklaşımı, terapötik ittifakın inşasında belirleyici bir işlev üstlenmektedir.

Kültürel Uyumsuzluk

Hizmet sisteminin kültürel olarak duyarsız olması, göçmenlerin algıladığı erişim önündeki önemli bir engeli oluşturmaktadır. Bireysel psikoterapi, ilaç tedavisi ve hastane yatışı gibi Batı psikiyatrisinin egemen tedavi biçimleri; topluluk temelli iyileşme anlayışlarına, manevî başa çıkma örüntülerine ya da ailenin tanı ve tedavi sürecine dahil edilmesine dayanan kültürel geleneklerle zaman zaman köklü çatışmalar yaratmaktadır (Kirmayer ve ark., 2011). Bu uyumsuzluk yalnızca bireysel bir mesele değil, sistemin yapısal tasarımından kaynaklanan kurumsal bir sorundur.

Kültürel kavramlaştırma görüşmesi (DSM-5 Cultural Formulation Interview) gibi araçlar, klinisyenlere hastanın semptomları nasıl anlamlandırdığını anlamak için yapılandırılmış bir çerçeve sunmaktadır. Bu tür araçların psikiyatri hemşireliği pratiğine entegrasyonu, değerlendirme sürecinin kültürel geçerliliğini önemli ölçüde artırabilmektedir.

Yapısal ve Sistemsel Engeller

Sağlık hizmetleri sigortasına ve finansmanına erişim güçlükleri, birçok ülkede göçmenlerin ruh sağlığı hizmetlerinden yararlanmasının önündeki en temel engellerden biri olmayı sürdürmektedir. Özellikle belgesiz göçmenler ile sığınmacılar, hukuki statülerinin belirsizliği ve sosyal haklar sistemine dahil olamamaları nedeniyle ciddi bir kırılganlık içindedir (WHO, 2018). Uzun hizmet bekleme süreleri, coğrafi erişim güçlükleri, ulaşım imkânlarının yetersizliği ve kültüre duyarlı sağlık profesyonellerinin azlığı da sistemsel engeller arasında sayılmakta olup her biri göçmenlerin tedaviye ulaşmasını ayrı ayrı zorlaştırmaktadır.

Göçmen bireylerin yoğun biçimde barındığı bölgelerdeki ruh sağlığı sistemleri de yeterli altyapı ve personelden yoksun olabilmekte; bu durum hem genel nüfus hem de özel ihtiyaçları olan göçmenler için hizmet kalitesini düşürmektedir.

Dijital Eşitsizlikler

COVID-19 pandemisi dijital ruh sağlığı hizmetlerine olan talebi ve sunumunu hızlandırırken, göçmenlerin önemli bir bölümünün dijital araçlara erişiminin kısıtlı kaldığını gözler önüne sermiştir. Dijital eşitsizlik; akıllı telefon ya da bilgisayar edinememe, internet bağlantısı yetersizliği, sayısal okuryazarlık eksikliği ve bu teknolojileri anadillerinde kullanamamak gibi birden fazla boyutu kapsamaktadır (Gilson ve ark., 2020). Göçmenler arasında bu eşitsizliklerin kesişimsel niteliği —yani cinsiyet, yaş ve eğitim durumu gibi etkenlerle iç içe geçmesi— söz konusu kırılganlıkları daha da derinleştirmektedir.

Tablo 2. Göçmenlerin Ruh Sağlığı Hizmetlerine Erişimindeki Temel Engeller ve Müdahale Önerileri

Engel Kategorisi	Somut Örnekler	Hemşirelik Müdahalesi
Dil	Tercüman eksikliği, kavramsal boşluklar	Profesyonel tercüman talebi, çok dilli materyaller
Stigma	Yardım arama isteksizliği, gizlilik kaygıları	Yargılamayan iletişim, gizlilik güvencesi
Kültürel uyumsuzluk	Batı merkezli tanı araçları, bireyci tedavi	Kültürel formülasyon, aile dahil etme
Yapısal	Sigorta eksikliği, ulaşım sorunu	Savunuculuk, toplum temelli hizmet
Dijital	İnternet erişim yokluğu, düşük sayısal okuryazarlık	Yüz yüze seçenek sunma, dijital destek

Not. Engel kategorileri birbirini dışlamamakta; çoğunlukla eş zamanlı ve etkileşimli biçimde işlemektedir.

4. Dijital Ruh Sağlığı ve Telepsikiyatri

Dijital teknolojilerin ruh sağlığı alanına entegrasyonu —telepsikiyatri, mobil sağlık (mHealth) uygulamaları ve çevrimiçi danışmanlık platformları dahil— özellikle COVID-19 sonrası dönemde hız kazanmış ve göçmen popülasyonlara erişimde alternatif bir yol olarak önemli bir ilgi odağı hâline gelmiştir.

4.1 e-Ruh Sağlığı Uygulamaları ve Telepsikiyatri

Telepsikiyatri, video konferans ya da telefon görüşmesi yoluyla gerçekleştirilen uzaktan psikiyatrik değerlendirme ve tedaviyi kapsamaktadır. Coğrafi erişim engellerinin aşılması, bekleme sürelerinin azaltılması ve gizlilik algısının güçlendirilmesi bu yöntemin en çarpıcı avantajları arasında yer almaktadır (Yellowlees ve ark., 2010). Özellikle kırsal bölgelerde ya da uzak kentsel alanlarda yaşayan göçmenler için ulaşım güçlükleri ortadan kalktığından, telepsikiyatri son derece değerli bir seçenek sunabilmektedir.

Mobil sağlık uygulamaları anksiyete, depresyon ve TSSB semptomlarının izlenmesi, bilişsel-davranışçı egzersizler, farkındalık pratikleri ve kriz kaynaklarına yönlendirme gibi işlevleri barındırabilmektedir. Andersson ve ark. (2019) tarafından gerçekleştirilen meta-analiz, internet tabanlı bilişsel-davranışçı terapinin (İBDT) geleneksel yüz yüze terapi ile karşılaştırılabilir etkinlik sergilediğini ortaya koymuştur. Bu bulgu, dijital ruh sağlığı müdahalelerinin klinik geçerliliğini destekler niteliktedir.

4.2 Avantajlar, Sınırlılıklar ve Etik Sorunlar

Dijital ruh sağlığı araçlarının sağladığı avantajlar arasında ölçeklenebilirlik, düşük maliyet, 7/24 erişim ve dil seçeneği sunabilme potansiyeli sayılabilmektedir. Ne var ki bu araçların sınırlılıkları ve etik sorunları da aynı ölçüde dikkate alınmalıdır. Veri gizliliği ve güvenliği göçmenler için özellikle hassas bir mesele oluşturmaktadır; zira kişisel bilgilerinin yetkili mercilerle paylaşılabileceğine ilişkin kaygılar son derece yaygındır. Bunun yanı sıra terapötik ilişkinin dijital ortamda sürdürülmesi, uygulamaların kültürel bağlama uyarlanması ve sürekli internet bağlantısı gerektirmesi başlıca sınırlılıklar olarak öne çıkmaktadır. Veri gizliliği ve etik yönetişim konularının özellikle kırılgan göçmen gruplarında dikkatle ele alınması gerektiği vurgulanmaktadır (WHO, 2021; Torous & Roberts, 2017).Göçmenlere yönelik dijital ruh sağlığı uygulamalarının kültürel uyarlaması, salt dil çevirisinin çok ötesine geçmektedir. Vakıa örneklerinin, benzetmelerin ve müdahale yaklaşımlarının hedef kültüre göre derinlemesine uyarlanması gerekmekte; bu süreç topluluk temsilcileri ile birlikte katılımcı bir tasarım anlayışıyla yürütülmelidir. Sağlık profesyonellerinin gözetimi olmaksızın sunulan uygulamaların etkinliği ve güvenliği konusundaki sorular ise hâlâ yanıt beklemektedir (Mohr ve ark., 2017).

5. Psikiyatri Hemşireliğinin Rolü

Psikiyatri hemşireleri, göçmenlere yönelik ruh sağlığı hizmetlerinin her kademesinde —birinci basamaktan uzman psikiyatri birimlerine, toplum temelli programlardan kriz müdahale hizmetlerine dek— kritik bir pozisyon işgal etmektedir. Bu bölüm, psikiyatri hemşireliğinin söz konusu alandaki çok boyutlu rollerini yapılandırılmış biçimde ele almaktadır.

5.1 Kültürel Yeterlilik

Kültürel yeterlilik; sağlık profesyonelinin farklı kültürel, dilsel ve sosyal geçmişlere sahip bireylerle etkili ve saygılı biçimde çalışabilmesi için gerekli bilgi, beceri, tutum ve farkındalığın bütününü ifade etmektedir (Campinha-Bacote, 2002). Psikiyatri hemşireliğinde kültürel yeterlilik, statik bir kazanım değil; klinik pratiğin her aşamasında yeniden inşa edilen dinamik bir süreç olarak kavranmalıdır.

Kültürel yeterliliğin ötesinde 'kültürel alçakgönüllülük' (cultural humility) kavramı son yıllarda giderek daha fazla benimsenmektedir. Bu yaklaşım, klinisyenin kendi kültürel konumlanmasını sorgulamasını ve hasta ile güç dengesizliğini fark etmesini ön plana çıkarmaktadır (Tervalon & Murray-García, 1998). Psikiyatri hemşireleri için bu, hastanın kültürel anlatısını bir bilgi kaynağı olarak ciddiye almayı gerektirmektedir.

5.2 Travma Bilgili Bakım

Travma bilgili bakım (trauma-informed care), göçmenlerin önemli bir bölümünün travma geçmişine sahip olduğunun tanınması ve klinik ortamın yeniden travmatize edici bir deneyime dönüşmesinin

önlenmesi ilkesine dayanmaktadır. Bu yaklaşımın temel bileşenleri güvenlik, güvenilirlik, seçim, işbirliği ve güçlendirme olarak sıralanmaktadır (SAMHSA, 2014).
Hemşirenin klinik ortamda güvenli bir atmosfer yaratması —beden diline dikkat etmek, sınırları müzakere etmek, öfke ya da aşırı uyarılmayı normalleştirmek— travmatize göçmenlerle kurulan terapötik ilişkinin temel zeminini oluşturmaktadır. Hemşirelik değerlendirmelerinde travma geçmişini rutin olarak sorgulayan standartlaştırılmış tarama araçlarının kullanılması da bu çerçevede değerlendirilebilir; ancak bu uygulamanın klinik açıdan uygun biçimde yürütülmesi büyük önem taşımaktadır.

5.3 Terapötik İletişim
Terapötik iletişim psikiyatri hemşireliğinin özsel bir becerisidir. Göçmen bireylerle çalışırken bu beceri; sözsüz iletişim örüntülerine duyarlılık, kültürel bağlama uygun dokunma sınırlarına saygı, doğrudan soru sormak yerine açık uçlu ve yansıtıcı sorulara başvurma gibi özel uyarlamalar gerektirmektedir. Bununla birlikte, dil bariyerlerini aşmak için yaratıcı iletişim stratejileri —görseller, semboller, sanat destekli teknikler— de etkin biçimde kullanılabilmektedir.

5.4 Toplum Temelli Ruh Sağlığı Hizmetleri
Toplum temelli ruh sağlığı yaklaşımları, hizmetin bireylerin yaşadıkları ortama taşınmasını öngörmektedir. Bu model; erişim engellerini azaltmak, kültürel güven oluşturmak ve hizmet kullanımını artırmak açısından göçmenler için özellikle etkili bir çerçeve sunmaktadır (WHO, 2022). Toplum ruh sağlığı hemşireleri, cemaat merkezleri, ibadet mekânları, mülteci kampları veya barınma evleri gibi bireyin gündelik yaşamının içindeki alanlara ulaşabilmektedir.
Topluluk sağlık işçileri (community health workers) ve kültürel aracılar (cultural brokers), hemşirelerin göçmen topluluklara ulaşmasını kolaylaştırabilmektedir. Bu işbirlikçi modellerin başarısı, hemşirenin toplulukla otantik bir güven ilişkisi kurmasına ve profesyonel sınırlılıklarını açıkça tanımasına bağlıdır.

5.5 Dijital Ruh Sağlığı Uygulamalarında Hemşirelik Rolü
Psikiyatri hemşireleri; telepsikiyatri görüşmelerinin koordinasyonunda, dijital ruh sağlığı uygulamalarının klinik değerlendirmesinde ve hastaların bu araçları güvenli ve etkili biçimde kullanmasının desteklenmesinde giderek daha fazla sorumluluk üstlenmektedir. Ayrıca göçmen bireylerin dijital okuryazarlığını geliştirmeye yönelik kısa eğitim modülleri de hemşirelik pratiğinin bir parçası hâline gelebilmektedir (Rutledge et al., 2021). Dijital ortamda kriz riski değerlendirmesi, güvenlik planlaması ve zorunlu müdahale protokolleri açısından özel etik ve hukuki yükümlülükler doğurmaktadır. Psikiyatri hemşireleri bu konularda güncel kalabilmek için sürekli mesleki gelişim faaliyetlerine katılmalıdır.

5.6 Savunuculuk Rolü
Psikiyatri hemşirelerinin göçmenlere yönelik savunuculuk işlevi hem bireysel hem de sistemik düzeyde işleyebilmektedir. Bireysel düzeyde hemşire; tercüman hizmetine erişim, uygun barınma, belgelere erişim ve diğer sosyal destek kaynaklarına ulaşım gibi konularda aktif bir arabulucu ve müdahil olmaktadır. Sistemik düzeyde ise hemşireler politika yapıcılarla, meslek kuruluşlarıyla ve sivil toplum örgütleriyle birlikte daha adil ve kapsayıcı ruh sağlığı politikalarının şekillenmesine katkıda bulunabilmektedir (Peplau, 1991).
Bu savunuculuk rolünün etkin biçimde yerine getirilmesi, hemşirenin asgari mevzuat bilgisini ve göçmenlerin hakları konusundaki farkındalığını gerektirmektedir. Hemşirelik lisans ve lisansüstü programlarına bu bilgilerin entegrasyonu, gelecekte daha kapasiteli bir hemşire nesli yetiştirmek açısından son derece önem taşımaktadır.

6. Tartışma
6.1 Literatürdeki Boşluklar
Göçmen ruh sağlığı alanındaki araştırmaların büyük çoğunluğu, düşük ve orta gelirli ülkelerin büyük mülteci nüfuslarına karşın ağırlıklı olarak Kuzey Amerika ve Batı Avrupa bağlamlarında yürütülmektedir.

Bu coğrafi önyargı, küresel ölçekte geçerli politika çıkarımlarını önemli ölçüde kısıtlamaktadır. Bunun yanı sıra pek çok çalışma, örneklem boyutlarının yetersizliği ve metodolojik homojenlik eksikliği nedeniyle karşılaştırmalı analize uygun değildir.
Psikiyatri hemşireliğine özgü müdahalelerin etkinliğini göçmen popülasyonlarda inceleyen randomize kontrollü çalışma sayısı son derece sınırlıdır. Mevcut kanıtların büyük bölümü gözlemsel çalışmalara ya da niteliksel verilere dayanmaktadır. Hemşire liderliğindeki kültüre özgü müdahale modellerinin güçlü metodoloji ile test edilmesi, alanın öncelikli araştırma gündemleri arasında yer almalıdır.

6.2 Dijital Ruh Sağlığı Alanındaki Sorunlar

Telepsikiyatri ve mobil sağlık uygulamalarının göçmenlerle kullanımına ilişkin kanıt tabanı hâlâ olgunlaşma sürecindedir. Mevcut çalışmaların önemli bir kısmı küçük örneklemlerle, kısa takip süreleriyle ve standartlaştırılmamış sonuç ölçütleriyle yürütülmüştür. Üstelik dijital müdahalelerin kültürel uyarlaması ve dil desteği genellikle yetersiz kalmaktadır; bu durum söz konusu araçların etkinliğini ve eşitlik boyutunu doğrudan etkilemektedir.
Gizlilik kaygıları göçmenler için özellikle kritik bir mesele oluşturmaktadır. Özellikle belgesiz bireylerin kişisel verilerinin nasıl işlendiğine dair endişeleri, dijital platformlara olan güveni ciddi ölçüde sarsmaktadır. Bu konuda net ve anlaşılır bilgilendirme politikalarının oluşturulması ve dijital platformların olası veri ihlallerine karşı güçlendirilmesi hem etik bir gereklilik hem de hukuki bir zorunluluktur.

6.3 Politika ve Uygulama Eksiklikleri

WHO'nun (2022) Kapsamlı Ruh Sağlığı Eylem Planı 2013–2030, kırılgan nüfuslar için ruh sağlığı hizmetlerine evrensel erişimi bir öncelik olarak tanımlamakta; ancak bu hedeflerin ulusal politikalara somut biçimde aktarılması ülkeler arasında büyük farklılıklar göstermektedir. Çok sayıda ülkede göçmenlerin hak ettiği ruh sağlığı bakımına yasal erişim hakkı mevcutken uygulamada ciddi boşluklar yaşanmaktadır.
Sağlık sistemlerinin göçmen nüfusların ihtiyaçlarına göre uyarlanması için kültüre duyarlı hizmet sunumu, iş gücünde çeşitlilik ve sistemik ırkçılığın giderilmesi gibi konularda politika düzeyinde kapsamlı dönüşümlere ihtiyaç duyulmaktadır. Hemşire dernekleri bu dönüşüm gündeminin aktif ve kararlı savunucuları olabilmektedir.

6.4 Türkiye Perspektifi

Türkiye, 2023 itibarıyla yaklaşık 3,6 milyon kayıtlı Suriyeli mülteci ile dünya genelinde en büyük mülteci nüfusuna ev sahipliği yapan ülke konumundadır (UNHCR, 2023). Bu demografik gerçek, Türk ruh sağlığı sistemi için hem büyük bir sorumluluk hem de önemli bir sınav niteliği taşımaktadır. Türkiye'de mülteci ruh sağlığı hizmetleri; Göçmen Sağlığı Merkezleri (GSM) ağı aracılığıyla sunulmakta ve bu hizmetlerin önemli bir bölümünü psikiyatri hemşireleri ve psikologlar üstlenmektedir. Ne var ki Türkiye'de göçmen ruh sağlığına ilişkin hakemli çalışmalar hâlâ oldukça sınırlıdır; bu durum hem ulusal literatürde hem de politika oluşturma sürecinde belirgin bir açık bırakmaktadır. Psikiyatri hemşireliği eğitim programlarında kültürel yeterlilik ve travma bilgili bakım içeriklerinin güçlendirilmesi Türkiye bağlamında öncelikli bir ihtiyaç olarak belirginleşmektedir. Göçmen sağlığı alanında eğitimli psikiyatri hemşiresi sayısının artırılması ve bu hemşirelerin Göçmen Sağlığı Merkezlerindeki rolünün genişletilmesi önemli bir politika fırsatı sunmaktadır (T.C. Sağlık Bakanlığı, 2023; WHO, 2022).

7. Sonuç ve Öneriler

Bu derleme, göçmen ve mülteci bireylerin ruh sağlığı hizmetlerine erişiminin önünde dil bariyerleri, stigma, kültürel uyumsuzluk, yapısal eşitsizlikler ve dijital uçurum gibi çok katmanlı engellerin varlığını ortaya koymaktadır. Psikiyatri hemşireleri bu karmaşık manzarada kritik bir köprü işlevi üstlenebilmektedir; ancak bu potansiyelin gerçeğe dönüşmesi için sistematik eğitim, politika desteği ve araştırma yatırımı gerekmektedir.

7.1 Klinik Öneriler

Klinik pratikte birincil öncelik, göçmen bireylerle çalışan tüm psikiyatri hemşirelerinin kültürel yeterlilik ve travma bilgili bakım ilkelerini klinik uygulamalarına entegre etmesidir. Travma taramasının rutin değerlendirme protokollerine dahil edilmesi, profesyonel tercüman hizmetlerinin standart bir uygulama hâline getirilmesi ve kültürel formülasyon görüşmelerinin kullanılması bu hedefe ulaşmada somut adımlar olarak önerilmektedir. Toplum temelli ruh sağlığı modellerinin genişletilmesi ve bu modellerde hemşirelerin daha aktif rol üstlenmesi de klinik düzeyde önceliklendirilmelidir.

7.2 Hemşirelik Eğitimi Önerileri

Lisans ve lisansüstü hemşirelik programları, müfredatlarına göçmen sağlığı, kültürel yeterlilik, mülteci hukuku ve dijital ruh sağlığı araçlarının eleştirel değerlendirmesini içeren modüller eklemelidir. Mülteci toplulukları ile gerçekleştirilen sahaya dayalı uygulamalar —klinik simülasyon ile desteklenerek— öğrencilerin kültürel duyarlılığını ve klinik karar verme becerilerini güçlendirecektir. Ayrıca Arapça, Farsça, Kürtçe gibi göçmen topluluklarında yaygın dillerde temel iletişim becerilerini kapsayan destekleyici dil eğitimi de program içerikleri arasına alınmalıdır.

7.3 Politika Önerileri

Politika düzeyinde en acil öneri, sağlık sistemlerinde kültüre duyarlı hizmet sunum modellerinin yasal ve kurumsal çerçevelerle güvence altına alınmasıdır. Bunun yanı sıra göçmenlere yönelik ruh sağlığı politikalarının hazırlanmasında psikiyatri hemşirelerinin danışma kurullarına ve politika yapım süreçlerine sistematik biçimde dahil edilmesi önerilmektedir. Telepsikiyatri hizmetlerinin göçmen popülasyonlara yasal ve finansal erişiminin sağlanması, dijital eşitsizliğin azaltılmasına yönelik altyapı yatırımları ve dijital ruh sağlığı platformları için etik ve gizlilik standartlarının geliştirilmesi de kritik politika adımları olarak öne çıkmaktadır.

7.4 Gelecek Araştırma Önerileri

Gelecek araştırmaların öncelikli gündemleri arasında şunlar yer almalıdır: psikiyatri hemşiresi liderliğindeki kültüre özgü müdahalelerin randomize kontrollü çalışmalarla test edilmesi; dijital ruh sağlığı araçlarının göçmenler üzerindeki uzun vadeli etkinliği ve güvenliğinin incelenmesi; Türkiye gibi orta gelirli göçmen alıcısı ülkelerde sisteme özgü araştırmaların yürütülmesi; ve göçmen ruh sağlığı politikalarının uygulamaya yansımasının izlenmesi. Bu araştırmaların tasarımında katılımcı yöntemler aracılığıyla göçmen topluluklarının aktif ortak konumuna getirilmesi hem etik bir gereklilik hem de metodolojik güçlendiricinin ta kendisidir.

KAYNAKÇA

Andersson, G., Titov, N., Dear, B. F., Rozental, A., & Carlbring, P. (2019). Internet-delivered psychological treatments: From innovation to implementation. World Psychiatry, 18(1), 20–28.

Bhugra, D. (2004). Migration and mental health. Acta Psychiatrica Scandinavica, 109(4), 243–258.

Bhui, K., Bhugra, D., & Goldberg, D. (2001). Cross-cultural validity of the Amritsar Depression Inventory and the General Health Questionnaire amongst English and Punjabi primary care attenders. Social Psychiatry and Psychiatric Epidemiology, 36(3), 142–148.

Bischoff, A., Bovier, P. A., Rrustemi, I., Gariazzo, F., Eytan, A., & Loutan, L. (2003). Language barriers between nurses and asylum seekers: Their impact on symptom reporting and referral. Social Science & Medicine, 57(3), 503–512.

Campinha-Bacote, J. (2002). The process of cultural competence in the delivery of healthcare services: A model of care. Journal of Transcultural Nursing, 13(3), 181–184.

Charlson, F., van Ommeren, M., Flaxman, A., Cornett, J., Whiteford, H., & Saxena, S. (2019). New WHO prevalence estimates of mental disorders in conflict settings: a systematic review and meta-analysis. Lancet (London, England), 394(10194), 240–248. https://doi.org/10.1016/S0140-6736(19)30934-1

Fazel, M., Wheeler, J., & Danesh, J. (2005). Prevalence of serious mental disorder in 7000 refugees resettled in western countries: A systematic review. The Lancet, 365(9467), 1309–1314.

Gee, G. C., Spencer, M., Chen, J., Yip, T., & Takeuchi, D. T. (2007). The association between self-reported racial discrimination and 12-month DSM-IV mental disorders among Asian Americans nationwide. Social Science & Medicine, 64(10), 1984–1996.

Gilson, S. F., Bhakta, N., & Bhakta, S. (2020). Digital mental health applications: A necessary but incomplete solution. World Psychiatry, 19(3), 367–368.

International Organization for Migration. (2019). Glossary on migration (3rd ed.). IOM.

Kirmayer, L. J., Narasiah, L., Munoz, M., Rashid, M., Ryder, A. G., Guzder, J., Hassan, G., Rousseau, C., & Pottie, K. (2011). Common mental health problems in immigrants and refugees: General approach in primary care. CMAJ: Canadian Medical Association Journal, 183(12), E959–E967.

Levesque, J. F., Harris, M. F., & Russell, G. (2013). Patient-centred access to health care: Conceptualising access at the interface of health systems and populations. International Journal for Equity in Health, 12(1), 18.

Lindert, J., Ehrenstein, O. S., Priebe, S., Mielck, A., & Brähler, E. (2009). Depression and anxiety in labor migrants and refugees—A systematic review and meta-analysis. Social Science & Medicine, 69(2), 246–257.

Mohr, D. C., Zhang, M., & Schueller, S. M. (2017). Personal sensing: Understanding mental health using ubiquitous sensors and machine learning. Annual Review of Clinical Psychology, 13, 23–47.

Peplau, H. E. (1991). Interpersonal relations in nursing: A conceptual frame of reference for psychodynamic nursing. Springer.

Primm, A. B., Vasquez, M. J., Mays, R. A., Sammons-Posey, D., McKnight-Eily, L. R., Presley-Cantrell, L. R., Chapman, D. P., Perry, G. S., & McKnight-Eily, L. (2010). The role of public health in addressing racial and ethnic disparities in mental health and mental illness. Preventing Chronic Disease, 7(1), A20.

Qualter, P., Vanhalst, J., Harris, R., Van Roekel, E., Lodder, G., Bangee, M., Maes, M., & Verhagen, M. (2015). Loneliness across the life span. Perspectives on Psychological Science, 10(2), 250–264.

Rutledge, C. M., Kott, K., Schweickert, P. A., Poston, R., Fowler, C., & Haney, T. S. (2017). Telehealth and eHealth in nurse practitioner training: current perspectives. Advances in medical education and practice, 8, 399–409. https://doi.org/10.2147/AMEP.S116071

Substance Abuse and Mental Health Services Administration. (2014). SAMHSA's concept of trauma and guidance for a trauma-informed approach. SAMHSA.

T.C. Sağlık Bakanlığı. (2023). *SIHHAT Projesi ve Göçmen Sağlığı Hizmetleri*. Ankara.

Torous, J., & Roberts, L. W. (2017). The ethical use of mobile health technology in clinical psychiatry. *Journal of Nervous and Mental Disease, 205*(1), 4–8.

United Nations High Commissioner for Refugees. (2011). Convention and protocol relating to the status of refugees. UNHCR.

United Nations High Commissioner for Refugees. (2023). Global trends: Forced displacement in 2022. UNHCR.

World Health Organization. (2018). Mental health of refugees and migrants: Risk and protective factors and access to care. WHO.

World Health Organization. (2021). *Ethics and governance of artificial intelligence for health*. WHO.

World Health Organization. (2022). Comprehensive mental health action plan 2013–2030. WHO.

Yellowlees, P., Odor, A., Patrice, K., Parish, M. B., Nafiz, N., Iosif, A. M., & Hilty, D. (2011). Disruptive innovation: the future of healthcare?. Telemedicine journal and e-health : the official journal of the American Telemedicine Association, 17(3), 231–234. https://doi.org/10.1089/tmj.2010.0130

THE FEAR OF CORONAVIRUS IN ADOLESCENTS AND ASSESSMENT OF THE VARIABLES AFFECTING SUCH FEAR

Merve AYDIN
Nurse, Near East University Hospital, Nicosia, Cyprus

Asst. Prof. Dr. Özdem NURLUÖZ
Faculty of Nursing, Near East University, Nicosia, Cyprus

ABSTRACT

The infection of COVID-19, which was first emerged in the later 2019 in China and spread all around the world evolving into a pandemic, still causes cases despite of losing its effect due to various studies by different countries and affects the health systems. The records show that millions of people were infected with COVID-19 during the pandemic where more than 2 million people died respectively (Mahase E., 2020). The pandemic led to adverse health problems in all age groups but particularly among the people that are under the risk of virus resistance (immune system disorders, chronic diseases, elderly people etc.) or children. The increase in the hospital application and hospitalization rates among the infected persons due to some complications or symptoms caused significant impacts on the health systems and economies of countries that were not ready for the pandemic (Siddiqi and Mehra, 2020).

The virus had a threatening effect on the elderly population; hence, the majority of studies were mainly conducted on the senior population. This period showed that not only the education but also acute psycho-social needs of children were ignored. Such ignorance in children and adolescence, which constitute 42% of world population, raised concerns for future psychosocial problems in the global extend (Dalton, Rapa and Stein, 2020).

Objective: This research aims to examine the fear levels of adolescents regarding the subject of COVID-19.

Materials and Methods: This study, which was carried out at the Near East College Secondary School and High School in the Turkish Republic of Northern Cyprus between November 2022 and December 2022, was designed as cross-sectional and descriptive study. The sample consists of 476 adolescents between the ages of 11-18 from Near East College, Middle School and High School. Personal information form and COVID-19 Fear Scale was used as data collection tool. Since the data are notnormally distributed (according to the Shaphiro Wilk test), non-parametric tests were used (Mann-Whitney U and Kruskal Wallis tests) in the comparison of research variables. Moreover, the reliability of the scale was evaluated with the Cronbach α coefficient. Explanatory Factor Analysis was applied to the scale and the results were interpreted accordingly. The research has 95% confidence interval and 0.05% margin of error.

Results: In this study, the mean COVID-19 fear levels of adolescents as 15.29±7.82 (min.7-max. 35) were found to be slightly below the moderate level. The reliability of the scale was found to be quite high (Cronbach α= 0.9356).

Conclusion: It has been determined that the fear of COVID-19 affects adolescent mental health. Other variables affecting adolescent mental health are the Covid 19 Fear Scale mean scores by class and whether the student is a primary or secondary school graduate ($p<0.001$). Especially the Covid 19 Fear Scale mean score is higher than primary school graduate students ($p<0.001$).This study analyzes the stress, fear, anxiety etc. of adolescents during Covid-19. The results indicate that the adolescents generally experience moderate level of fear with a mean value of 15.29±7.82. On the other hand, their fear, depression or stress levels are different.

Pursuant to the studies, female students have higher levels of fear or depression than male students, and adolescents become more hopeless, pessimist or stressful when they are in quarantine, closed spaces or at home while their fear levels tend to increase when they constantly watch Covid-19 related news and they experience interruptions in their education.

The study results reflect that other than the negative physical, health, economic and social effects of Covid-19 pandemic, this period had also negatively affected the mental health of individuals.

Keywords: Adolescent, Anxiety, Fear, COVID-19 infection, Pandemic

1. Introduction

Started as an infection from China in the late 2019 and became a worldwide pandemic, the COVID-19 still causes cases yet losing its effects due to many studies conducted around the world. According to the records, around 100 million people got transmitted with COVID-19 and more than 2 million people lost their lives (Mahase E., 2020). Due to its universal nature, the pandemic caused many health problems including mental or physical and led negative impact on individuals (Fu et.al,2020; Casagrande et.al,2020).

All age groups but particularly people at risk due to virus resistance (immune system problems, chronic diseases, elderly etc.) or children suffered severe health problems. The increase in the hospital application and hospitalization rates among the infected persons due to some complications or symptoms caused significant impacts on the health systems and economies of countries that were not ready for the pandemic (Siddiqi and Mehra, 2020).

The virus had a threatening effect on the elderly population; hence, the majority of studies were mainly conducted on the senior population. This period showed that not only the education but also acute psycho-social needs of children were ignored. Such ignorance in children and adolescence, which constitute 42% of world population, raised concerns for future psychosocial problems in the global extend (Dalton, Rapa and Stein, 2020).

Therefore, the mandatory isolation of children from their school environment and/or social interactions as a result of pandemic would have direct impact on physical, social and psychological status (Di Giorgio, Di Riso, Mioni and Cellini, 2020). The studies indicate that the long-term exposure to stress factors like infection fear, lack of information, no face-to-face contact with friends and teachers, unavailability of personal home space, disappointment and boredom, direct and indirect financial results of family income may have adverse and permanent psychosocial problems on children and adolescents (Wang, Zhang, Zhao, Zhang and Jiang, 2020).

Children are one of the first groups that are majorly affected by traumatic events like pandemic and natural disasters since they do not have the sufficient experience and skills to meet their very own developmental, social-emotional, mental and behavioral needs just like adults can (Schonfeld and Demaria, 2015). Pandemics, which are considered as biological disasters, negatively affect children like other disasters as they may lose their relatives while they become obliged to abandon their daily routines and social support mechanisms. Consequently, children feel more fragile and start feeling the need of certainty and predictability. Considering that the maintenance of routines comfort children, the researchers emphasize that such approach should be a priority to give a sense of security to the children (Olness, Mandalakas and Torjesen, 2015).

In terms of school children, the findings reflect that children may show a range of behaviors and attitudes such as fear and increased levels of anxiety, problems with siblings, disturbance, aggressiveness, psychosomatic complaints, avoiding from responsibilities, difficulty in concentration, sleep disorders and social withdrawal (Imran, Zeshan and Pervaiz, 2020; Olness, Mandalakas and Torjesen, 2015). In addition to the aforementioned reactions, adolescents may also present rebellious and risky behaviors while experiencing lack of concentration, blurry consciousness and confusion (Olness, Mandalakas and Torjesen, 2015).

The pandemic caused some global collective emotional and behavioral reactions in parallel with the nature of measures that were taken and daily life adjustments. On the other hand, it is obvious in the literature that the children's reactions towards many traumatic events and/or crises may vary based on different factors (Schonfeld, D. J. & Demaria, T. (2015).Providing psychosocial support to children and families in the aftermath of disasters and crises. *Pediatrics, 136*(4), e1120-e1130).

The social isolation, change in lifestyles and stress during COVID-19 caused negative effects on the mental wellbeing of adolescents (Duan et.al, 2020). Duan et.al emphasize that adolescents would have more concerns for maintaining their neglected mental health in the post-pandemic era.

When adolescents understand their awareness towards any event that they perceive as threat, they experience fear and at that moment they need to be motivated to take some measures in tackling with such fear. However, the risk to have negative effects on improving health and behaviors would increase since they would lose control due to their insufficiency in managing fear.

Therefore, the fear triggering situations among adolescents should be identified in the early phases so that necessary measures can be taken without experiencing any negative effects on health.

Although there are some studies on the effects of COVID-19 fear on anxiety, stress, mental health and loneliness, there are not any studies that analyze the effect of such fear on the health improving behaviors (Özendi and Büyük, 2022).

AIM: This study aims to analyze the fear of COVID-19 in adolescents and associated variables, identify pandemic resulted mental problems and propose measures.

As of 2023, COVID-19 still goes on through affecting not only adults but also causing significant fear, anxiety and stress in adolescents while they worry about becoming sick and that their education may be interrupted, and they may stop seeing their friends.

Psycho-social problems or conflicts are very common during adolescence. Moreover, adolescents may experience different psychological or sociological problems as they show tendencies towards independence or maturity rather than being dependent people (Yörükoğlu, 1993).Due to the nature of adolescents' mental status, they do not generally show normal profile; yet they present a range of mental states like sudden reactions, burst of rage, episodes, aggressiveness, introversion, sudden emotional changes, lack of trust, anxiety and inability to make any decisions.

Fear is a type of emotional reaction upon stimulating dangerous thought(Beck et.al,1987, Beck andClark 1988, Beck and Emery 1985,Harrell et.al., 1981, Vicklessand Kirsch, 1988). Although anxiety or fear may seem to have similar content, it is not very clear when it comes to feeling anxious.

2. Material and Method

This is a sectional and descriptive study that would aim to determine correlation within the subject matter.

Research Population and Sample

The research population is comprised of N=1127 students from Near East College Secondary and High School located in the Turkish Republic of Northern Cyprus. The study was conducted with the students that agreed to participate.

When power is 0.95 andα=0.05; (α= margin of error)

In the calculation of sample volume;

$$n = \frac{N * t^2 p * q}{(N-1)d^2 + t^2 * p * q}$$ would be used as the formulation;

N = number of population subjects = 1127

t-table value in $t^2 = t\alpha$; n-1degree of freedom = 1.96 (α=0.05)

p= prevalence = 0.50 (p=0.50 as there is no prevalence so students are either worried or not))

q= 1-p = 0.50

d= desired level of ± deviation (tolerance level). This value was taken as 0.05. The expected prevalence range is between0.50 ± 0.05; 0.45 and 0.55.

Consequently;

$$n = \frac{1127 * (1.96)^2 * 0.50 * 0.50}{(1126) * (0.05)^2 + (1.96)^2 * 0.50 * 0.50}$$

287 people would be selected fromn= 286.69. This value is the bottom threshold for sample based on sample volume formula. If desired, this may also be increased.

Table 1. Stratified Random Sampling Methodology

Grades	**Total number of students (ni)**	**ai (=Stratification Weight) ai= ni/N**	**nj = (ai*n) nj= Stratification Weight(ai) * sample number (n)**
6th grade	146	146/1127=0.13	0.13*287=37.17≅37 people
7th grade	157	157/1127=0.14	0.14*287=39.98≅40 people
8th grade	124	124/1127=0.11	0.11*287=32.34≅32 people
9th grade	190	190/1127=0.17	0.17*287=48.39≅49 people

10th grade	184	184/1127=0.16	0.16*287=46.84≅47 people
11th grade	175	175/1127=0.16	0.16*287=44.54≅ 44 people
12th grade	151	151/1127=0.13	0.13*287=38.43≅ 38 people
TOTAL (N)	1127		n= 287 people

The sample size is selected through "Simple Random Sampling" as equal to the students from different grades. In consideration with student distribution, an equal selection approach would be appropriate as there is not major difference.
The selection was planned to be the final step in the process however a total of 476 students participated to our study despite of the bottom threshold of 287 students.

Data Collection Tools
Socio-demographic Questionnaire
The socio-demographic questionnaire with 19questions determines several characteristics of students like age, gender, education level.

Covid-19 Fear Scale – Short Form
The scale which was developed by Ahorsu et al. (2020) is a 7-likert type scale with 7 items. The scale was adapted to Turkish by Satici, Gocet-Tekin, Deniz and Satıcı (2020) (Satıcı et.al, 2020). In terms of Turkish reliability, the Cronbach's alpha value was calculated as .82. The lowest and highest possible scores are 7 and 35. High scores indicate high level of fear. This study concluded high Cronbach Alpha value (.87).

The scale scores are based on "1" "Strongly disagree", "2" "Disagree", "3" "Neutral", "4" "Agree" and "5" "Strongly Agree".

Data Collection
The research data were collected at the Near East College Secondary and High School between September 2022 – January 2023 through face-to-face interview.

Data Evaluation
Research data were analyzed with SPSS 26.0 (demo version) software. Frequency and percentages were assigned for categorical variables, and mean, median and standard deviation values were defined for continuous variables. In the comparison of research variables, Mann-Whitney U and Kruskal Wallis tests as non-parametric tests were performed since data did not show normal distribution (based on Shaphiro Wilk test). Additionally, the reliability analysis of scale was assessed by Cronbach α coefficient. Exploratory factor analysis was applied on the scale and the related results were interpreted accordingly. The research was evaluated with 95% of confidence interval and 0.05% margin of error.

3. Findings
Pursuant to the findings, the rate to be infected with Covid in the whole family as parents, sibling and oneself is higher than other options, which reflect how it is easy to be infected when one of the family members has the virus. Despite of self-protection, the virus is highly contagious. On the other hand, it does not mean that everybody in the family would be infected when one of the family members has the infection.
9 people did not answer the questions.

Comparison of the Mean Scores from Covid-19 Fear Scale by Grades

Table 2. Descriptive Statistics

Grade	N	Median	25%	75%	Lowest	Highest	Median (Bottom)	Median (Top)	Average Order
6	73	24	17.5	26	9	30	20.5	24.00	345.77
7	67	23	17	26	9	30	20	23.50	339.18
8	68	21.5	15	26	9	29	19.5	21.9999	329.73
9	80	8	7	11	7	35	8	9.50	143.09
10	58	8	7	12	7	35	8	10.50	152.16
11	61	7	7	12	7	30	7.5	10.50	138.98
12	60	9	7	14	7	31	9	12.00	169.02

Variable	s.d.	Test stat.	p value
TOTAL SCALE	6	231.0784	<0.001

*Kruskal-Wallis test.

In terms of class categories, there is statistical difference for Total Scale Score distribution ($p<0.001$). Consequently, the grades will be compared with Conover test as two groups.

Comparison of the Mean Scores from Covid-19 Fear Scale by Education Level

Table 3. Descriptive Statistics

Education Level	N	Median	25%	75%	Lowest	Highest	Median (Bottom)	Median (Top)	Average Order
Primary School Graduate	210	22.5	15	26	7	30	20.5	22.00	335.75
Secondary school graduate	257	8.0	7	12	7	35	9.0	10.00	150.85

Variable	Test stat.	p value
TOTAL SCALE	14.868	<0.001

*Mann-Whitney U test

In terms of education level categories, there is statistically significant difference for Total Scale Score distribution. The total scale values are higher in primary school graduate category (22.5) than secondary school category (8.0) ($p=0.061$).

4. Discussion

The study focused on stress, fear, depression and anxiety levels of students during Covid-19. The study outcomes indicate that students experience an average level of anxiety. The levels of depression, stress and fear among adolescents may vary in different studies.

The study results showed that female students have higher levels of fear for Covid-19 than male students with significant difference. This corresponds that the negative impact of Covid-19 pandemic is higher for female students. Previous studies reflect higher fear levels for women feeling defenseless against Covid-19 (Yıldırım et al., 2020).

Furthermore, the study reiterated that exam anxiety shows significant difference by gender where female students have higher exam anxiety.

This study, which analyzes the fear levels, stress or anxiety of adolescents during the pandemic, was conducted with secondary or high school students.

The levels of fear, stress, depression or anxiety and their associated factors are the focal point of this study. Further studies regarding the approach of education and mental health professionals should be an urgent matter. The views of adolescents, who are the future adults of society, about COVID-19 and other infections should be identified and a road map on further actions and training should be developed and

implemented. Further studies that would focus on the lifelong journey of young people should be performed even when infections disappear. This study includes sectional and descriptive research.
Another study concluded that students that have experienced loss have higher levels of fear than the students who have not (Duman, 2020). A study by Didin et.al. reflected the anxiety of students that may occur due to quarantine during pandemic (Didin et.al., 2022). The fear to catch the infection or die increase their anxieties towards their health (Okuyan et.al., 2020).
Adolescents that live with their parents have higher anxiety levels than the ones not living with their families. Adolescents with weak social support mechanisms have higher risk to develop fear, depression or stress (Aylie et.al, 2020).
Other than physical wellbeing, adolescents have higher tendencies to protect their mental health and stay well in circumstances or life (Didin et.al., 2022).With regard to the individual mental health during Covid-19, people would experience positive influence of handling methods for pessimism on their well being in their own lives (Eryılmaz and Şiraz, 2020).

5. Conclusion and Proposals

This research assessed the stress, fear, anxiety and other related factors observed in adolescents during Covid-19. Adolescents showed an average level of fear respectively. The mean fear level of adolescents was calculated as 15.29±7.82 and their fear, depression or stress levels were identified as different.
Considering the answers of students for COVID-19 Fear Scale, students should be frequently informed about recommendations and ways to be protected from the disease. The research concluded that the fear, anxiety and concern levels of students have increased during the pandemic.
When compared with adults, children are much defenseless against environmental risks. Therefore, it is important to handle the problems that may arise during world-wide “emergencies” like pandemics and to put significant efforts to avoid long-term negative effects of such events on the psychosocial developments of children particularly the feelings of anxiety and fear (Wang, Zhang, Zhao, Zhang and Jiang, 2020).

PROPOSALS

There should be more information and support available for adolescents related with fear and anxiety as they did not manage to fully tackle such feelings during Covid-19 pandemic.
The emotional states that occur during adolescence yet have lifelong influence may be affected due to Covid-19. Hence, it is important to organize seminars and information sessions where a communication atmosphere would be available for them to minimize fear. In a nutshell, training and support is essential for adolescents.
Infectious diseases should be included within the scope of curriculum in order to build the capacities of students through formal education channels rather than learning from random, inappropriate ways.
Preventive measures should be taken with regard to be infected by the disease.
Adolescents should be provided with professional support in overcoming fear since it is always better for an individual to be able to say, “I can do this!” or “I can overcome this even though I am excited” that would complement one’s confidence when first faced with a new experience.

6. Contribution to Literature

As a result of this study, it is considered that awareness levels would increase while the fear levels of adolescents would diminish related with Covid-19. Interactive online programs may be used to analyze and follow up the fear levels of adolescents during and post-pandemic period.

Research Ethics

An ethical board approval with Meeting No: 2020/106, Project No: 1601was obtained from the Near East College and Near East University Scientific Research Ethical Board. Participants were asked whether they are voluntary, and their respective consents were taken.

Conflict of Interest

No financial/in-kind aid was taken for this article. There is no conflict of interest with any person and/or institution.

REFERENCES

Aylie NS, Mekonen MA, Mekuria RM. (2020). The psychological impacts of covid-19 pandemic among university students in Bench-Sheko Zone, South-west Ethiopia: a community-based cross-sectional study. Psychol Res Behav Manag, 13:813-821.

Baymur F., (1994).Genel Psikoloji, İn kıl ap Yayınevi, 1 1. Baskı, İst., sh.62.

Beck AT, Brown G, Steer RA ve ark (1987). Differentiating anxiety and depression: A test of the cognitive content-specificity hypothesis. Journal of Abnormal Psychology, 96:179-183.

Beck AT, Clark DA (1988) Anxiety and depression: An information processing perspective. Anxiety Research, 1:23-26.

Beck AT, Emery G (1985) Anxiety disorders and phobias: Clark DA, Beck TA, Brovvn G (1989) Cognitive mediation in general psychiatric outpatients: A test of the content specificity hypothesis. Journal of Personality and Social Pschology, 56: 958-964.

Casagrande M, Favieri F, Tambelli R, Forte G (2020). The Enemy Who Sealed the World: Effects Quarantine Due to The COVID-19 on Sleep Quality, Anxiety, and Psychological Distress in the Italian Population. Sleep Medicine, 75:12-20.

Conte C, Sogni F, Affanni P, Veronesi L, Argentiero A et al (2020). Vaccines against Coronaviruses: The State of the Art. Vaccines (Basel).8(2):309. doi: 10.3390/vaccines8020309

Coronavirüs Vaccine Tracker, (2020). (13/12/2020 tarinde https:// www.nytimes.com/interactive/2020/science/coronavirus- vaccine-tracker.html adresinden erişilmiştir.)

Dalton L., Rapa, E., & Stein, A. (2020). Protecting the psychological health of children through effective communication about COVID-19. The Lancet Child & Adolescent Health, 4(5), 346-347.

DİDİN M., YAVUZ B., YAZICI G.H. (2022). COVID-19'un Öğrencilerin Stres, Anksiyete, Depresyon ve Korku Düzeylerine Etkisi: Sistematik Derleme. Psikiyatride Güncel Yaklaşımlar, 14(1), 38-45.

Dhama K, Sharun K, Tiwari R, Dadar M, Malik YS, Singh KP, et al (2020). COVID-19, an Emerging Coronavirus Infection: Advances and Prospects in Designing and Developing Vaccines, İmmunotherapeutics, and Therapeutics. Human Vaccines & Immunotherapeutics, 16(6):1232-8.

Duan L, Shao X, Wang Y, Huang Y, Miao J, Yang X (2020). An Investigation of Mental Health Status of Children and Adolescents in China During the Outbreak of COVID-19. Journal of Affective Disorders;275:112-8.

DUMAN, N. (2020). Universite oğrencilerinde COVID-19 korkusu ve belirsizliğe tahammulsuzluk. The Journal of Social Science, *4*(8), 426-437.

Eryılmaz A, Şiraz M. (2020) Covid-19 bağlamında kötümserliği ortaya çıkaran olaylarla-durumlarla başa çıkma ve ergen öznel iyi oluşu ile ilişkisinin incelenmesi. İstanbul Ticaret Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi, 19:292-303.

Fu W, Wang C, Zou L, Guo Y, Lu Z, Yan S, et al (2020). Psychological Health, Sleep Quality, and Coping Styles to Stress Facing the COVID-19 in Wuhan, China. Translational Psychiatry, 10:1-9.

Harrell T, Chambless D, Calhoun J (1981) Correlational relationships betvveen self-statements and effective states. Cognivite Therapy and Research, 5:159-173.

Imran, N., Zeshan, M., & Pervaiz, Z. (2020). Mental health considerations for children & adolescents in COVID-19 Pandemic. Pakistan Journal of Medical Sciences, *36* (COVID19-S4). https://doi.org/10.12669/ pjms.36.COVID19-S4.2759.

Mahase E., (2020). Covid-19: Death Rate is 0.66% and Increases with Age, Study Estimates. British Medical Journal, 369: m1327.

Okuyan CB, Karasu F, Polat F. (2020) Covid 19'un hemşirelik öğrencilerinin sağlık kaygısı düzeyleri üzerine etkisi. Van Sağlık Bilimleri Dergisi, 13:45-52.

Olness, K., Mandalakas A. & Torjesen, K. (2015). How to Help the Children in Disasters. 4th ed. Health Frontiers, Kenyon, USA.

ÖZENDİ, Z., BÜYÜK, E.T. (2022), Covid-19 Döneminde Adölesanların Sağlıklı Yaşam Tarzı İnançlarının Belirlenmesi, 7(3), 701-712.

Schonfeld, D. J. & Demaria, T. (2015). Providing psychosocial support to children and families in the aftermath of disasters and crises. Pediatrics, *136*(4), 1120-1130.

Siddiqi, H. K., & Mehra, M. R. (2020). COVID-19 illness in native and immunosuppressed states: A clinical–therapeutic staging proposal. The Journal of Heart and Lung Transplantation, 39(5), 405.

Wang, G., Zhang, Y., Zhao, J., Zhang, J. & Jiang, F. (2020). Mitigate the effects of home confinement on children during the COVID-19 outbreak. The Lancet, *395*(10228), 945-947.

Wickless C, Kirsch I (1988) Cognitive correlates of anger, anxiety, and sadness. Cognitive Therapy and Research, 12: 367-377.

Yavuz E. (2020). COVID-19 Aşıları. Türk Aile Hekimliği Dergisi, 24(4), 227-234.

Yıldırım M., Gecer, E. ve Akgul, O. (2020). The impacts of vulnerability, perceived risk, and fear on preventive behaviours against COVID-19. Psychology, Health & Medicine,1-9. https://doi.org/10.1080/13548506.2020.1776891.

Yörükoğlu, Atalay, *Gençlik* Çağı, Özgür Yayınları, 8. Baskı, İst.-1993, sh.l25; Ayrıca konuyla ilgili ayrıntılı bilgi için bkz. Şemin, Uğurel, Refıa, Gençlik Psikolojisi,Remzi Kitabevi, 3. Baskı, İst.-1993, sh.l19-124.

HEMŞİRELİK BAKIMINDA BRADEN ÖLÇEĞİNİN KLİNİK KARAR VERME SÜRECİNE KATKISI VE YAYGIN KULLANIM HATALARI: BİR DERLEME"

THE CONTRIBUTION OF THE BRADEN SCALE TO CLINICAL DECISION-MAKING IN NURSING CARE AND COMMON MISUSES: A REVIEW

Mehtap TOPRAK, RN, MSc
Seyhan State Hospital, Adana, Turkey
ORCİD: ID/0000-0002-6231-8108

Assoc. Prof. Dr. Zehra ESKİMEZ,
Faculty of Health Sciences, Nursing Department, Çukurova University Adana, Adana, Seyhan, TR
ORCID:0000-0002-8268-835X

ABSTRACT

Pressure injuries are among the preventable health problems that have significant effects on patient safety and quality of care. The risk of developing pressure injuries increases particularly in individuals who are immobilized for prolonged periods, monitored in intensive care units, or have chronic diseases. Therefore, early identification of risk and planning appropriate preventive nursing interventions are of great importance. One of the most widely used instruments worldwide for assessing the risk of pressure ulcers is the Braden Scale.

This review was conducted to examine the clinical application areas of the Braden Scale, its role in nursing, its validity and reliability characteristics, and the common errors encountered during its use. In line with the literature, the scale was found to consist of six subdimensions, including sensory perception, moisture, activity, mobility, nutrition, friction, and shear, enabling a systematic evaluation of an individual's risk for pressure injury development. The scale is widely used particularly among intensive care, surgical, and geriatric patients and contributes to the early identification of at-risk individuals and the planning of preventive care interventions. However, incorrect scoring of the scale, failure to evaluate the patient holistically, and the lack of support of scale results with clinical observation are among the major problems encountered during its implementation.

In conclusion, the accurate and effective use of the Braden Scale provides significant contributions to the prevention of pressure injuries. In this regard, it is recommended that nurses be supported through regular training on scale utilization and that evidence-based nursing practices be strengthened.

Keywords: Pressure injury, Braden Scale, Nursing care, Risk assessment, Patient safety

ÖZET

Basınç yaralanmaları, hasta güvenliği ve bakım kalitesi üzerinde önemli etkileri bulunan, önlenebilir sağlık sorunları arasında yer almaktadır. Özellikle uzun süre immobil kalan, yoğun bakımda izlenen ve kronik hastalığa sahip bireylerde basınç yaralanması gelişme riski artmaktadır. Bu nedenle riskin erken dönemde belirlenmesi ve uygun önleyici bakım girişimlerinin planlanması büyük önem taşımaktadır. Dünyada basınç ülseri görülme riskini değerlendirmek için en yaygın kullanılan araçlardan biri Braden Ölçeğidir.

Bu derleme, Braden Ölçeğinin klinik kullanım alanlarını, hemşirelik bakımındaki yerini, geçerlilik ve güvenilirlik özellikleri ile kullanım sürecinde karşılaşılan yaygın hataları incelemek amacıyla hazırlanmıştır. Literatür doğrultusunda ölçeğin; duyu algısı, nem, aktivite, mobilite, beslenme ile sürtünme ve yırtılma olmak üzere altı alt boyuttan oluştuğu ve bireyin basınç yaralanması riskini sistematik biçimde değerlendirmeye olanak sağladığı belirlenmiştir. Ölçeğin özellikle yoğun bakım, cerrahi ve geriatri hastalarında yaygın olarak kullanıldığı; riskli bireylerin erken dönemde tanılanmasına ve koruyucu bakım girişimlerinin planlanmasına katkı sağladığı görülmektedir. Bununla birlikte ölçeğin yanlış puanlanması, hastanın bütüncül değerlendirilmemesi ve ölçek sonuçlarının klinik gözlemle desteklenmemesi uygulama sürecinde karşılaşılan temel sorunlar arasında yer almaktadır.

Sonuç olarak Braden Ölçeğinin doğru ve etkin kullanımı, basınç yaralanmalarının önlenmesinde önemli katkılar sağlamaktadır. Bu doğrultuda hemşirelerin ölçek kullanımı konusunda düzenli eğitimlerle desteklenmesi ve kanıta dayalı bakım uygulamalarının güçlendirilmesi önerilmektedir.

Anahtar kelimeler: Basınç yaralanması, Braden Ölçeği, Hemşirelik Bakımı, Risk değerlendirmesi, Hasta güvenliği

1. GİRİŞ

Ulusal Basınç Yarası Danışma Paneli (National Pressure Injury Advisory Panel-NPUAP) ve Avrupa Basınç Yarası Danışma Paneli (European Pressure Ulcer Advisory Panel-EPUAP) tarafından basınç yaraları, çoğunlukla kemik çıkıntıları üzerinde veya tıbbi cihazlara bağlı olarak gelişen; basınç, sürtünme ya da yırtılma kuvvetlerinin etkisiyle deri ve/veya deri altı yumuşak dokuda ortaya çıkan bölgesel doku hasarı şeklinde tanımlanmaktadır (Çor & Soysal, 2024; European Pressure Ulcer Advisory Panel, 2019; Kottner et al., 2019).

Literatürde bu durum uzun yıllar boyunca "dekübit ülseri", "yatak yarası", "basınç yarası" ve "basınç ülseri" gibi farklı terimlerle ifade edilmiş; ancak 2016 yılı itibarıyla NPUAP tarafından yapılan güncelleme ile "basınç yaralanması" teriminin kullanımı önerilmiştir (European Pressure Ulcer Advisory Panel, 2019; Rızalar, 2020). Bu yaklaşım, yalnızca ülserleşmiş doku kaybını değil, basınca bağlı tüm doku hasarlarını kapsayan daha bütüncül bir tanımlamayı amaçlamaktadır (Caner et al., 2022; Edsberg et al., 2016).

Basınç yaralanmaları, dünya genelinde olduğu gibi ülkemizde de sık karşılaşılan (Aydoğmuş Ünlü & Işık Andsoy, 2021); bireyin ağrı ve rahatsızlık yaşamasına neden olarak yaşam kalitesini olumsuz etkileyen, aynı zamanda sağlık bakım hizmetleri üzerinde ekonomik yük oluşturan önemli bir sağlık sorunudur (Aydoğmuş Ünlü & Işık Andsoy, 2021; Beeckman et al., 2019; Mehicic et al., 2024; Rızalar, 2020; Sezgünsay & Başak, 2019). Özellikle uzun süre yatağa bağımlı kalan, mobilitesi kısıtlanan, yoğun bakımda izlenen ve kronik hastalığı bulunan bireylerde basınç yaralanması gelişme riski artmakta (Beeckman et al., 2019); bu durum hasta güvenliği ve bakım kalitesi açısından önemli bir sorun olarak değerlendirilmektedir (Beeckman et al., 2019; Caner et al., 2022).

Basınç yaralanmalarının önlenmesinde riskin erken dönemde belirlenmesi kritik öneme sahiptir (Konateke, 2021; Rızalar, 2020). Bu süreçte hemşireler; bireyin risk düzeyinin erken dönemde saptanması, uygun önleyici bakım girişimlerinin planlanması ve bakımın sürekliliğinin sağlanmasında önemli sorumluluk üstlenmektedir (Bakanoğlu Kalkavan & Şendir, 2024; Sezgünsay & Başak, 2019). Risk faktörlerinin zamanında tanılanması, basınç yaralanması gelişme olasılığını azaltarak hasta güvenliğinin sağlanmasına ve bakım kalitesinin artırılmasına katkı sunmaktadır (Konateke, 2021; Kottner et al., 2019). Özellikle immobilite, beslenme yetersizliği, duyusal algı kaybı ve nem gibi risk etmenlerinin sistematik biçimde değerlendirilmesi, hemşirelik bakımının etkili ve bütüncül şekilde yürütülmesine olanak sağlamaktadır (Fırat Kılıç & Sucudağ, 2017; Karaca Sivrikaya & Sarıkaya, 2020). Risk değerlendirmesinin standart ve sistematik biçimde gerçekleştirilebilmesi amacıyla klinik uygulamalarda geçerliliği ve güvenirliliği kanıtlanmış çeşitli değerlendirme araçları kullanılmaktadır (Bakanoğlu Kalkavan & Şendir, 2024; Huang et al., 2021; Kottner et al., 2019; Yeşilyurt & Yüksel, 2020). Bu araçlar arasında en yaygın kullanılan ölçeklerden biri Braden Ölçeğidir (Bergstrom et al., 1987; Mehicic et al., 2024).

2. ARAŞTIRMA VE BULGULAR

Bu derlemenin amacı, Braden Ölçeğinin hemşirelik bakımındaki klinik kullanımını kapsamlı biçimde ele alarak ölçeğin klinik karar verme sürecine katkılarını, kullanım alanlarını ve uygulama sürecinde karşılaşılan yaygın hataları incelemektir. Ayrıca basınç yaralanmalarının önlenmesinde Braden Ölçeğinin hemşirelik bakımına sağladığı katkıların değerlendirilmesi ve konuya ilişkin güncel literatürün bütüncül bir bakış açısıyla sunulması amaçlanmaktadır.

Bu doğrultuda derleme aşağıdaki araştırma sorularına yanıt aramaktadır:

- Braden Ölçeğinin geliştirilme amacı, alt boyutları ve puanlama sistemi nelerdir?
- Braden Ölçeği klinik uygulamalarda hangi hasta gruplarında kullanılmakta ve hemşirelik bakımında klinik karar verme sürecine nasıl katkı sağlamaktadır?
- Braden Ölçeğinin kullanımında sık karşılaşılan uygulama hataları ve sınırlılıklar nelerdir?

Bu çalışma, Braden Ölçeğinin klinik kullanımına ilişkin literatürün derlenmesi amacıyla hazırlanmıştır. Konuya ilişkin ulusal ve uluslararası çalışmalar incelenmiş; "Braden Scale", "pressure injury", "pressure ulcer", "risk assessment", "nursing care" ve "patient safety" anahtar kelimeleri kullanılarak ilgili literatüre ulaşılmıştır. Elde edilen veriler, basınç yaralanmalarında risk değerlendirmesi ve hemşirelik bakımındaki klinik karar süreci doğrultusunda değerlendirilmiştir.

2.1. Braden Ölçeğinin geliştirilme amacı, alt boyutları ve puanlama sistemi nelerdir?

Barbara Braden ve Nancy Bergstrom (Bergstrom et al., 1987) tarafından geliştirilen Braden Ölçeğinin Türkiye'deki ilk geçerlilik ve güvenilirlik çalışması 1997 yılında Oğuz tarafından gerçekleştirilmiştir (Oğuz & Olgun, 1997). Daha sonra Pınar ve Oğuz tarafından yapılan çalışmada Norton ve Braden Risk Değerlendirme Ölçeklerinin geçerlilik ve güvenilirliği yeniden incelenmiş; her iki ölçeğin de yüksek düzeyde güvenilir ve geçerli olduğu bildirilmiştir (Fırat Kılıç & Sucudağ, 2017). Braden Ölçeği, basınç yaralanması gelişme riskini belirlemek amacıyla geliştirilen ve klinik uygulamalarda yaygın olarak kullanılan bir değerlendirme aracıdır (Bergstrom et al., 1987; Chung et al., 2023; Mehicic et al., 2024). Ölçek, Barbara Braden ve Nancy Bergstrom (Bergstrom et al., 1987) tarafından geliştirilmiş olup bireyin basınç yaralanmasına yatkınlığını etkileyen temel risk faktörlerini değerlendirmeyi amaçlamaktadır (Delmore & Ayello, 2023).

Braden Ölçeği; duyu algısı, nem, aktivite, mobilite, beslenme ile sürtünme ve yırtılma olmak üzere altı alt boyuttan oluşmaktadır (Chung et al., 2023; Delmore & Ayello, 2023). Duyu algısı bireyin basınca bağlı rahatsızlığı algılama kapasitesini, nem cildin neme maruz kalma düzeyini, aktivite fiziksel hareketliliği, mobilite bireyin pozisyon değiştirme yetisini, beslenme günlük beslenme durumunu, sürtünme ve yırtılma ise cilt bütünlüğünü etkileyen mekanik faktörleri değerlendirmektedir (Bergstrom et al., 1987; Delmore & Ayello, 2023; Kennerly et al., 2022). Braden Ölçeğinde duyu algısı, nem, aktivite, mobilite ve beslenme alt boyutları 1 ile 4 arasında; sürtünme ve yırtılma alt boyutu ise 1 ile 3 arasında puanlanmaktadır (Bergstrom et al., 1987). Ölçekten elde edilen toplam puan 6 ile 23 arasında değişmekte olup puanın azalması basınç yaralanması riskinin arttığını göstermektedir (Fırat Kılıç & Sucudağ, 2017; Veiga et al., 2022). Ölçek değerlendirmesinde 12 puan ve altı yüksek risk, 13–14 puan orta düzey risk, 15–16 puan ise düşük risk olarak değerlendirilmektedir (Chung et al., 2023; Mehicic et al., 2024). Yetmiş beş yaş üzerindeki bireylerde ise 15–18 puan aralığı düşük risk düzeyi kapsamında ele alınmaktadır (Mehicic et al., 2024; Zengin & Taşçı, 2023). Ölçekten elde edilen sonuçlar doğrultusunda bireyin risk düzeyi belirlenmekte ve uygun bakım girişimleri planlanmaktadır (Ahmed et al., 2025).

2.2. Braden Ölçeği klinik uygulamalarda hangi hasta gruplarında kullanılmakta ve hemşirelik bakımında klinik karar verme sürecine nasıl katkı sağlamaktadır?

Braden Ölçeği; yoğun bakım, cerrahi, nöroloji, geriatri ve palyatif bakım üniteleri başta olmak üzere, basınç yaralanması gelişme riski taşıyan birçok hasta grubunda kullanılmaktadır (Artico et al., 2020; Chung et al., 2023). Basınç yaralanması riskini değerlendirmeye yönelik birçok ölçek bulunmasına rağmen, Braden Ölçeği; kullanım kolaylığı, kısa sürede uygulanabilmesi, farklı hasta gruplarında kullanılabilmesi nedeniyle diğer risk değerlendirme araçlarına kıyasla klinik uygulamalarda daha yaygın tercih edilmektedir (Adıbelli & Korkmaz, 2018; Ahmed et al., 2025; Kennerly et al., 2022). Ölçek bireyin mevcut risk durumunun erken dönemde belirlenmesine katkı sağlayarak önleyici bakım girişimlerinin planlanmasına rehberlik etmektedir (Bergstrom et al., 1987; Fırat Kılıç & Sucudağ, 2017). Ölçekten elde edilen veriler doğrultusunda pozisyon değiştirme sıklığının düzenlenmesi, destek yüzeylerinin kullanımı, cilt bütünlüğünün izlenmesi ve beslenme desteğinin planlanması gibi koruyucu uygulamalar gerçekleştirilebilmektedir (Bakanoğlu Kalkavan & Şendir, 2024; Çor & Soysal, 2024). Bu yönüyle ölçek, yalnızca risk belirlemeye yönelik bir değerlendirme aracı olmanın ötesinde, hemşirelik bakımının sistematik ve kanıta dayalı biçimde yürütülmesine katkı sağlayan klinik bir rehber niteliği taşımaktadır (Adıbelli & Korkmaz, 2018; Zengin & Taşçı, 2023).

2.3. Braden Ölçeğinin kullanımında sık karşılaşılan uygulama hataları ve sınırlılıklar nelerdir?

Braden Ölçeği, basınç yaralanması riskinin değerlendirilmesinde klinik uygulamalarda en yaygın kullanılan araçlardan biri (Chung et al., 2023; Wei et al., 2020) olmasına rağmen, kullanım sürecinde çeşitli uygulama sorunları ve bazı sınırlılıklarla karşılaşılabilmektedir (Fırat Kılıç & Sucudağ, 2017). Başlangıçta uzun süreli bakım ortamlarında kullanılmak üzere geliştirilen ölçeğin, farklı klinik alanlarda ve çeşitli ülkelerde yapılan uygulamalarında geçerlilik ve güvenilirliğine ilişkin farklı sonuçlar bildirilmektedir (Burston et al., 2025; Chung et al., 2023; Huang et al., 2021). Ayrıca risk değerlendirmesinin yalnızca ölçek puanına dayandırılması, bireysel hasta özelliklerinin yeterince dikkate alınmaması ve sonuçların klinik gözlemle desteklenmemesi değerlendirme sürecinin etkinliğini azaltabilmektedir (Delmore & Ayello, 2023; Veiga et al., 2022).

2.3.1. Yanlış ve Eksik Değerlendirme Uygulamaları

Braden Ölçeğinin kullanımında karşılaşılan temel sorunlardan biri, bireyin risk düzeyinin doğru değerlendirilememesidir. Özellikle duyu algısı, mobilite ve beslenme gibi klinik yorum gerektiren alt boyutlarda yapılan değerlendirme farklılıkları, risk düzeyinin hatalı belirlenmesine neden olabilmektedir (Tao et al., 2024; Veiga et al., 2022). Bunun yanı sıra yalnızca ölçek puanına odaklanılması ve hastanın genel klinik durumunun yeterince dikkate alınmaması değerlendirme sürecinin etkinliğini azaltabilmektedir (Burston et al., 2025; Lim et al., 2019). Yaş, kronik hastalıklar, dolaşım durumu ve bilinç düzeyi gibi bireysel özelliklerin göz ardı edilmesi, uygun önleyici bakım girişimlerinin planlanmasını güçleştirebilmektedir (Huang et al., 2021; Tao et al., 2024).

2.3.2. Değerlendirme Sürecinde Sürekliliğin Sağlanamaması

Braden Ölçeği kullanımında karşılaşılan önemli sorunlardan biri, risk değerlendirmesinin yalnızca hastanın hastaneye kabulü sırasında yapılması ve bakım sürecinde düzenli olarak yinelenmemesidir (European Pressure Ulcer Advisory Panel, 2019; Fulbrook et al., 2024; Tezcan & Gülseven Karabacak, 2021). Oysa hastaların klinik durumları tedavi süreci boyunca değişkenlik gösterebilmekte ve bu durum basınç yaralanması risk düzeyinin zaman içerisinde farklılaşmasına neden olabilmektedir (Chung et al., 2023). Özellikle yoğun bakım, cerrahi ve nöroloji kliniklerinde izlenen hastalarda immobilite, hemodinamik değişiklikler ve bilinç düzeyindeki farklılıklar gibi yeni risk faktörleri kısa sürede ortaya çıkabilmektedir (Bakanoğlu Kalkavan & Şendir, 2024; Çor & Soysal, 2024; Deveci et al., 2025). Bu nedenle risk değerlendirmesinin düzenli aralıklarla tekrarlanması, basınç yaralanmalarının erken dönemde önlenmesi ve uygun koruyucu bakım girişimlerinin zamanında planlanması açısından önemli görülmektedir (Bakanoğlu Kalkavan & Şendir, 2024; European Pressure Ulcer Advisory Panel, 2019; Kennerly et al., 2022; Kökcü & Önen, 2020; Kottner et al., 2019).

2.3.3. Klinik Gözlem ile Ölçek Sonuçlarının Birlikte Değerlendirilmemesi

Braden Ölçeği, basınç yaralanması riskini öngörmede önemli bir rehber olsa da klinik karar verme sürecinde tek başına yeterli bir araç değildir (Tao et al., 2024; Wei et al., 2020). Hastanın kan dolaşımı özellikleri, cilt bütünlüğü ya da genel sağlık tablosunun getirdiği karmaşıklıklar, sadece ölçekten alınan sayısal bir puana indirgenemez (Tao et al., 2024; Tezcan & Gülseven Karabacak, 2021). Bu nedenle, ölçekten elde edilen skorların mutlaka hemşirenin doğrudan klinik gözlemleriyle birlikte harmanlanarak yorumlanması gerekir (Lim et al., 2019; Moore & Patton, 2019; Tao et al., 2024). Hemşirenin mesleki deneyimi, eleştirel düşünme becerisi ve yatak başı hasta takibi, risk değerlendirmesinin daha doğru yapılmasına ve hatalı puanlamaların önüne geçilmesine doğrudan katkı sağlamaktadır (Kıyanak & Erdoğan, 2024; Özyürek & Gürlek Kısacık, 2023).

2.3.4. Hemşireler Arası Değerlendirme Farklılıkları

Braden Ölçeğinin uygulanmasında hemşireler arasında puanlama farklılıkları görülebilmektedir (Veiga et al., 2022; Zengin & Taşçı, 2023). Klinik deneyim düzeyi, bilgi birikimi ve ölçeği kullanma becerisi bu farklılıkların temel nedenleri arasında yer almaktadır (Tao et al., 2024). Özellikle yoruma açık alt boyutlarda aynı hastaya farklı puanlar verilebilmektedir (Tao et al., 2024; Veiga et al., 2022). Bu durum bakım uygulamalarında standart yaklaşımın sürdürülmesini zorlaştırabilmektedir. Değerlendirme farklılıklarının azaltılması için hemşirelerin ölçek kullanımı konusunda düzenli eğitimlerle desteklenmesi önemlidir (Bakanoğlu Kalkavan & Şendir, 2024; Özyürek & Gürlek Kısacık, 2023).

2.3.5. Ölçeğin Klinik Kullanımına İlişkin Sınırlılıklar

Braden Ölçeği, klinik uygulamalarda yaygın olarak kullanılan bir risk değerlendirme aracı olmasına rağmen bazı sınırlılıklara sahiptir. Ölçeğin bazı alt boyutları, değerlendirmeyi yapan hemşirenin kişisel görüşüne ve yorumuna göre değişiklik gösterebilmektedir (Veiga et al., 2022; Zengin & Taşçı, 2023). Bunun yanı sıra yoğun bakım hastaları, çocuklar ve tıbbi cihaz kullanımının yoğun kullanıldığı hastalarda, risk düzeyini tek başına göstermede yetersiz kalabilmektedir (Gefen et al., 2022; Mehicic et al., 2024). Bu nedenle ölçeğin, hastanın genel klinik durumu ve hemşirenin profesyonel deneyimi ile birlikte kullanılması daha güvenilir sonuçlar elde edilmesine katkı sağlamaktadır (Burston et al., 2025).

3. SONUÇ

Literatürde, Braden Ölçeğinin düzenli kullanımının basınç yaralanmalarının görülme sıklığını azaltabildiği ve koruyucu bakım uygulamalarının etkinliğini artırabildiği bildirilmektedir. Bununla birlikte ölçeğin güvenilir sonuçlar verebilmesi için değerlendirmelerin düzenli aralıklarla yinelenmesi, hastanın klinik durumunun bütüncül biçimde ele alınması ve ölçek sonuçlarının klinik gözlemle birlikte yorumlanması gerektiği vurgulanmaktadır.

Ayrıca hemşirelerin ölçek kullanımı konusunda düzenli eğitimlerle desteklenmesi, değerlendirme sürecindeki uygulama farklılıklarının azaltılması ve bakım kalitesinin güçlendirilmesi açısından önem taşımaktadır.

KAYNAKLAR

Adıbelli, Ş., & Korkmaz, F. (2018). Yetişkin hastalarda basınç yarası gelişme riskini değerlendirmede kullanılan ölçekler. *Süleyman Demirel Üniversitesi Sağlık Bilimleri Dergisi*, *9*(2), 136–140. https://doi.org/10.22312/sdusbed.418289

Ahmed, S. R., Kotp, M. H., Hafez, A. A., Aly, M. A., Ismail, H. A., Bassiony, H. A., Attia, A. S., Mekdad, A. K., & Ahmed, R. K. (2025). Nurses' performance regarding use of Braden scale for predicting pressure ulcers among critically ill patients: self learning package. *BMC Nursing*, *24*, 940-. https://doi.org/10.1186/S12912-025-03511-0

Artico, M., Piredda, M., D'Angelo, D., Lusignani, M., Giannarelli, D., Marchetti, A., De Chirico, C., Mastroianni, C., & De Marinis, M. G. (2020). Prevalence, incidence and associated factors of pressure injuries in hospices: A multicentre prospective longitudinal study. *International Journal of Nursing Studies*, *111*, 103760. https://doi.org/10.1016/j.ijnurstu.2020.103760

Aydoğmuş Ünlü, A., & Işık Andsoy, I. (2021). Cerrahi Hemşirelerin Basınç Yaralanması, Risk Faktörleri ve Önlenmeye İlişkin Bilgilerin İncelenmesi. *Genel Tıp Dergisi*, *31*(2), 168–174.

Bakanoğlu Kalkavan, E., & Şendir, M. (2024). Braden Ölçeği İle Basınç Yarası Riski Belirlenen Hastalarda Risk Faktörleri İle Basınç Yarası Arasındaki İlişkinin İncelenmesi. *JHSS*, *7*(1), 28–54. https://doi.org/10.61150/jhss.2024070103

Beeckman, D., Serraes, B., Anrys, C., Van Tiggelen, H., Van Hecke, A., & Verhaeghe, S. (2019). A multicentre prospective randomised controlled clinical trial comparing the effectiveness and cost of a static air mattress and alternating air pressure mattress to prevent pressure ulcers in nursing home residents. *International Journal of Nursing Studies*, *97*, 105–113. https://doi.org/10.1016/J.IJNURSTU.2019.05.015

Bergstrom, N., Braden, B. J., Laguzza, A., & Holman, V. (1987). The Braden Scale for predicting pressure sore risk. *Nursing Research*, *36*(4), 205–210. https://journals.lww.com/nursingresearchonline/abstract/1987/07000/the_braden_scale_for_predicting_pressure_sore.2.aspx

Burston, A., Butterworth, J., Mehicic, A., & Fulbrook, P. (2025). The Psychometric Properties of the Braden Scale to Assess Pressure Injury Risk in Acute Care: A Systematic Review. *Journal of Clinical Nursing*, *34*(10), 4055–4073. https://doi.org/10.1111/jocn.17862

Caner, M., Karaci, Y., Karasakal, S., Türe Özdag, N., Erciyas Gökgöz, Z., & Meriç, G. (2022). *Yoğun bakım ünitelerinde basınç yaralanması oranlarının retrospektif incelenmesi*. *4*(1), 190–194. https://doi.org/10.33308/2687248X.202241234

Chung, M. L., Widdel, M., Kirchhoff, J., Sellin, J., Jelali, M., Geiser, F., Mücke, M., & Conrad, R. (2023). Risk factors for pressure ulcers in adult patients: A meta-analysis on sociodemographic factors and the Braden scale. *Journal of Clinical Nursing*, *32*, 1979–1992. https://doi.org/10.1111/JOCN.16260;CSUBTYPE:STRING:SPECIAL;PAGE:STRING:ARTICLE/CHAPTER

Çor, Z., & Soysal, G. E. (2024). Basınç Yarası Önleme Çalışmaları: Güncel Bakış. *Ahi Evran Medical Journal*, *8*(2), 242–250. https://doi.org/10.46332/aemj.1419517

Delmore, B. A., & Ayello, E. A. (2023). Braden Scales for Pressure Injury Risk Assessment. *Advances in Skin and Wound Care*, *36*(6), 332–335. https://doi.org/10.1097/01.ASW.0000931808.23779.44

Deveci, H., Göçmen Baykara, Z., & Kandemir Özsoy, Z. (2025). Bir Devlet Hastanesindeki Basınç Yaralanmaları Prevalansı ve Risk Faktörlerinin Belirlenmesi: Nokta Prevalans Çalışması. *Gazi Sağlık Bilimleri Dergisi*, *10*(3), 71–83. https://doi.org/10.52881/gsbdergi.1835835

Edsberg, L. E., Black, J. M., Goldberg, M., McNichol, L., Moore, L., & Sieggreen, M. (2016). Revised National Pressure Ulcer Advisory Panel Pressure Injury Staging System. *Journal of Wound, Ostomy & Continence Nursing*, *43*(6), 585–597. https://doi.org/10.1097/WON.0000000000000281

European Pressure Ulcer Advisory Panel, N. P. I. A. P. and P. P. P. I. A. (2019). *Prevention and treatment of pressure ulcers : quick reference guide 2019* (E. Haesler (ed.)). Cambridge Media, Published by European Pressure Ulcer Advisory Panel, National Pressure Injury Advisory Panel and Pan-Pacific Pressure Injury Alliance.

Fırat Kılıç, H., & Sucudağ, G. (2017). Basınç Yarası Değerlendirilmesinde Sık Kullanılan Ölçekler. *JAREN*, *3*(1), 49–54. https://doi.org/10.5222/jaren.2017.049

Fulbrook, P., Lovegrove, J., Ven, S., & Miles, S. J. (2024). Pressure injury risk assessment and prescription of preventative interventions using a structured tool versus clinical judgement: An interrater agreement study. *Wiley Online LibraryP Fulbrook, J Lovegrove, S Ven, SJ MilesJournal of Advanced Nursing, 2024•Wiley Online Library*, *80*(11), 4523–4536. https://doi.org/10.1111/JAN.16142

Gefen, A., Alves, P., Ciprandi, G., Coyer, F., Milne, C. T., Ousey, K., Ohura, N., Waters, N., Worsley, P., Black, J., Barakat-Johnson, M., Beeckman, D., Fletcher, J., Kirkland-Kyhn, H., Lahmann, N. A., Moore, Z., Payan, Y., & Schlüer, A.-B. (2022). Device-related pressure ulcers: SECURE prevention. Second edition. *Journal of Wound Care*, *31*(Sup3a), S1–S72. https://doi.org/10.12968/jowc.2022.31.Sup3a.S1

Huang, C., Ma, Y., Wang, C., Jiang, M., Yuet Foon, L., Lv, L., & Han, L. (2021). Predictive validity of the braden scale for pressure injury risk assessment in adults: A systematic review and meta-analysis. *Nursing Open*, *8*(5), 2194–2207. https://doi.org/10.1002/NOP2.792

Karaca Sivrikaya, S., & Sarıkaya, S. (2020). Yoğun Bakım Hastalarında Bası Ülseri, Önleme ve Hemşirelik Bakımı. *Yoğun Bakım Hemşireliği Dergisi*, *24*(2), 139–149.

Kennerly, S. M., Sharkey, P. D., Horn, S. D., Alderden, J., & Yap, T. L. (2022). Nursing Assessment of Pressure Injury Risk with the Braden Scale Validated against Sensor-Based Measurement of Movement. *Healthcare* , *10*(11), 2330. https://doi.org/10.3390/HEALTHCARE10112330

Kıyanak, E., & Erdoğan, H. (2024). Cerrahi hemşirelerin basınç yaralanmalarını önlemeye yönelik bilgi ve tutumlarının belirlenmesi. *Sağlık Akademisyenleri Dergisi*, *11*(1), 1–8. https://doi.org/10.52880/sagakaderg.1264541

Kökcü, Ö. D., & Önen, S. (2020). Basınç Yarası Takip ve Tedavisinde Kullanılan ölçekler. *Yoğun Bakım Hemşireliği Dergisi*, *24*(3), 199–208.

Konateke, S. (2021). Ameliyathanelerde Önemli Bir Risk: Basınç Yaralanması. *Anadolu Hemşirelik ve Sağlık Bilimleri Dergisi*, *24*(3), 365–372. https://doi.org/10.17049/ataunihem.902979

Kottner, J., Cuddigan, J., Carville, K., Balzer, K., Berlowitz, D., Law, S., Litchford, M., Mitchell, P., Moore, Z., Pittman, J., Sigaudo-Roussel, D., Yee, C. Y., & Haesler, E. (2019). Prevention and treatment of pressure ulcers/injuries: The protocol for the second update of the international Clinical Practice Guideline 2019. *Journal of Tissue Viability*, *28*(2), 51–58. https://doi.org/10.1016/j.jtv.2019.01.001

Lim, E., Mordiffi, Z., Chew, H. S. J., & Lopez, V. (2019). Using the Braden subscales to assess risk of pressure injuries in adult patients: A retrospective case-control study. *International Wound Journal*, *16*(3), 673. https://doi.org/10.1111/IWJ.13078

Mehicic, A., Burston, A., & Fulbrook, P. (2024). Psychometric properties of the Braden scale to assess pressure injury risk in intensive care: A systematic review. *Intensive and Critical Care Nursing*, *83*, 103686. https://doi.org/10.1016/J.ICCN.2024.103686

Moore, Z. E., & Patton, D. (2019). Risk assessment tools for the prevention of pressure ulcers. *Cochrane Database of Systematic Reviews*, *1*. https://doi.org/10.1002/14651858.CD006471.pub4

Oğuz, S., & Olgun, N. (1997). Braden Ölçeği İle Hastaların Risklerinin Belirlenmesi ve Planlı Hemşirelik Bakımının Bası Yaralarının Önlenmesindeki Etkisinin Saptanması. *Hemşirelik Forum Dergisi*, *1*(3), 131–135.

Özyürek, P., & Gürlek Kısacık, Ö. (2023). Hemşirelerin Basınç Yaralanmalarını Önlemeye Yönelik Bilgi ve Tutumlarının Değerlendirilmesi. *Ordu University Journal of Nursing Studies*, *6*(2), 340–353. https://doi.org/10.38108/OUHCD.1113243

Rızalar, S. (2020). Ameliyat Geçiren Hastalarda Basınç Yaralanmalarının Önlenmesi. *SAUHSD*, *3*(1), 88–97. https://orcid.org/0000-0002-1592-9926

Sezgünsay, E., & Başak, T. (2019). Yaşlılarda Basınç Yaralanması Risk Faktörleri. *Geriatrik Bilimler Dergisi*, *2*(2), 50–57.

Tao, H., Zhang, H., Ma, Y., Lv, L., Pei, J., Jiao, Y., & Han, L. (2024). Comparison of the predictive validity of the Braden and Waterlow scales in intensive care unit patients: A multicentre study. *Journal of Clinical Nursing*, *33*(5), 1809–1819. https://doi.org/10.1111/JOCN.16946

Tezcan, B., & Gülseven Karabacak, B. (2021). Basınç Yaralanmalarının Önlenmesinde Daha İyi Sonuçlara Doğru: Kanıta Dayalı Uygulamalar. *Balıkesir Sağlık Bilimleri Dergisi* , *10*(1), 49–54.

Veiga, T. P., Rêgo, A. S., Montenegro, W. S., Ferreira, P. R., Rocha, D. S., Felipe, I. M. A., Santos-de-Araújo, A. D., Mendes, R. G., Tavarez, R. R. de J., & Bassi-Dibai, D. (2022). Braden scale has low reliability in different patients under care in intensive care unit. *Revista Da Associação Médica Brasileira*, *68*(9), 1221–1227. https://doi.org/10.1590/1806-9282.20220249

Wei, M., Wu, L., Chen, Y., Fu, Q., Chen, W., & Yang, D. (2020). Predictive Validity of the Braden Scale for Pressure Ulcer Risk in Critical Care: A Meta-Analysis. *Nursing in Critical Care*, *25*(3), 165–170. https://doi.org/10.1111/nicc.12500

Yeşilyurt, M., & Yüksel, S. (2020). Basınç Yaralanmalı Hastaların Tedavisinde Beslenmenin Etkisi. *Genel Sağlık Bilimleri Dergisi*, *2*(3), 200–207. https://doi.org/10.51123/jgehes.2020.10

Zengin, H., & Taşçı, İ. (2023). Palyatif Bakım Kliniğine Kabulde Tespit Edilen Basınç Yarası ile Norton ve Braden Skalası Skorlarının Uyumu. *Turkish Journal of Intensive Care*, *21*(4), 306–312. https://doi.org/10.4274/TYBD.GALENOS.2023.10437

NATURE'S HEALING MATRIX: BIOLOGICAL ACTIVITY AND THERAPEUTIC POTENTIAL OF HONEY

DOĞANIN ŞİFALI MATRİSİ: BALIN BİYOLOJİK AKTİVİTESİ VE TERAPÖTİK POTANSİYELİ

Dr. Serdar COŞKUN
Etimesgut Şehit Sait Ertürk Devlet Hastanesi
ORCID ID:0000-0002-6401-7552

Özet
Bal, insanlık tarihi boyunca hem besin kaynağı hem de geleneksel tedavi aracı olarak kullanılan en eski doğal ürünlerden biridir. Arıların bitki nektarlarını enzimatik süreçlerle dönüştürmesi sonucu oluşan bu kompleks biyolojik ürün; karbonhidratlar, fenolik bileşikler, enzimler, vitaminler ve mineraller açısından zengin bir içeriğe sahiptir. Bu bileşenlerin sinerjik etkisi, balın yalnızca enerji verici bir gıda olmasının ötesinde, biyolojik ve farmakolojik açıdan önemli özellikler göstermesine neden olmaktadır. Son yıllarda yapılan bilimsel çalışmalar, balın antioksidan, antimikrobiyal, antiinflamatuvar ve antikanser gibi çok yönlü biyolojik aktiviteler sergilediğini ortaya koymuştur. Özellikle balın içerdiği fenolik bileşikler ve flavonoidler, oksidatif stresin azaltılmasında ve hücresel hasarın önlenmesinde kritik rol oynamaktadır. Ayrıca balın farklı patojen mikroorganizmalara karşı gösterdiği inhibitör etkiler, onu doğal bir antimikrobiyal ajan olarak öne çıkarmaktadır. Bununla birlikte, balın terapötik potansiyeli yalnızca enfeksiyon hastalıklarıyla sınırlı olmayıp, kardiyovasküler hastalıklar, diyabet, kanser ve nörodejeneratif hastalıklar gibi birçok kronik patolojide de araştırılmaktadır. Bu etkilerin altında yatan mekanizmaların aydınlatılması, balın gelecekte fonksiyonel gıda ve tamamlayıcı tıp alanlarında daha etkin bir şekilde kullanılmasına olanak sağlayacaktır. Bu çalışma, balın biyolojik aktivitelerini ve insan sağlığı üzerindeki potansiyel terapötik etkilerini literatür temelinde kapsamlı bir şekilde incelemeyi amaçlamaktadır.
Anahtar Kelimeler: Bal, antioksidan, antimikrobiyal, flavonoidler, oksidatif stres, fonksiyonel gıda.

Abstract
Honey is one of the oldest natural products used throughout human history as both a nutritional source and a traditional therapeutic agent. It is a complex biological substance produced by bees through the enzymatic transformation of floral nectar. Honey contains a rich composition of carbohydrates, phenolic compounds, enzymes, vitamins, and minerals. The synergistic interaction of these components contributes to its significant biological and pharmacological properties beyond its role as an energy-rich food. Recent scientific studies have demonstrated that honey exhibits a wide range of biological activities, including antioxidant, antimicrobial, anti-inflammatory, and anticancer effects. In particular, phenolic compounds and flavonoids present in honey play a crucial role in reducing oxidative stress and preventing cellular damage. Moreover, its inhibitory effects against various pathogenic microorganisms highlight honey as a promising natural antimicrobial agent. In addition, the therapeutic potential of honey is not limited to infectious diseases but also extends to chronic conditions such as cardiovascular diseases, diabetes, cancer, and neurodegenerative disorders. Elucidating the underlying mechanisms of these effects may enable the more effective use of honey in functional foods and complementary medicine in the future. This study aims to comprehensively review the biological activities of honey and its potential therapeutic effects on human health based on existing literature.
Keywords: Honey, antioxidant, antimicrobial, flavonoids, oxidative stress, functional food.

1. Introduction

Honey has been known and utilized by humans throughout history. For instance, paintings discovered during excavations at "Cuevas de la Araña" near Valencia, Spain, demonstrate that early humans collected and consumed honey obtained from bees. In a depiction estimated to date back to approximately 7000 BCE, a human figure is illustrated gathering honeycombs beside a beehive. Therefore, the Bicorp Man painting provides evidence that prehistoric humans incorporated honey into their diet despite the difficulties and risks associated with honey collection [1]. Similarly, in Anatolia, a painting discovered in a Neolithic temple at Çatalhöyük contained flower-like motifs, parallel wavy

lines, and winged insects. The winged insects were interpreted as bees, while the patterns were considered representations of the bees' life cycle within a honeycomb [2].
The utilization of this valuable food source by humans despite the risk of bee attacks highlights the significance attributed to honey throughout human history. Furthermore, the inclusion of bees in cave and rock paintings serves as evidence that both bees and honey were regarded as integral components of human life across civilizations and historical periods.

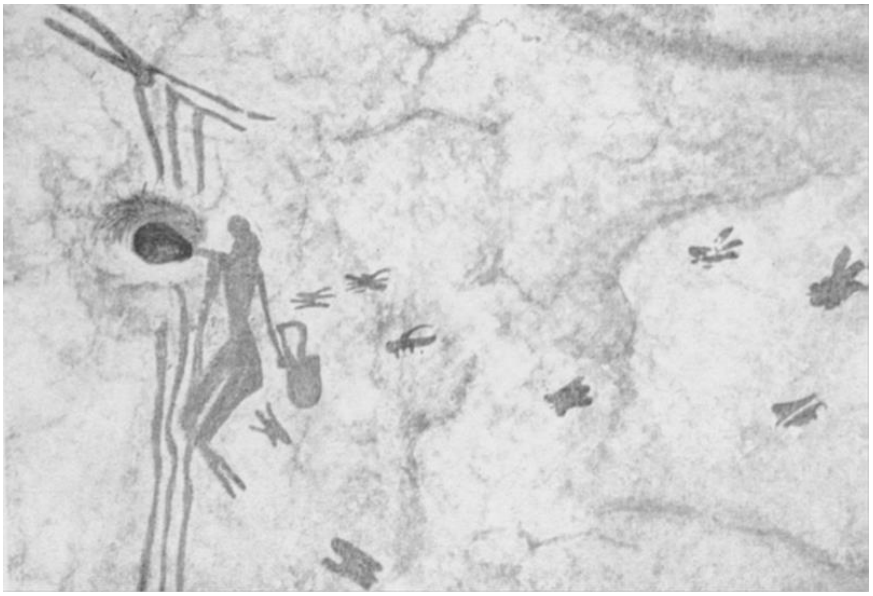


Figure 1. Human figure collecting honey discovered in Valencia, Spain [3].

Today, China produces approximately 28% of the world's honey, followed by Türkiye (5.9%), Iran (4.5%), the United States (4.1%), and India (3.5%). The leading honey-exporting countries are China, New Zealand, Argentina, Germany, Ukraine, India, and Spain, whereas the main importing countries include the United States, Germany, Japan, France, the United Kingdom, Italy, and China [4]. Honey is considered a nutritious, healthy, and natural food, and its composition varies considerably depending on the botanical origin of the plant extracts collected by bees and its geographical origin [5].
Honey is composed primarily of 80–85% various sugars, 15–17% water, and 0.1–0.4% proteins [6]. Among these sugars, fructose constitutes the highest proportion (~38%), followed by glucose (~31%) and sucrose (~1%). In addition, honey contains various vitamins, particularly riboflavin, niacin, pantothenic acid, pyridoxine, folate, and vitamin C, as well as minerals, proteins, enzymes (such as catalase and superoxide dismutase), flavonoids (including apigenin, pinocembrin, kaempferol, quercetin, galangin, chrysin, and hesperetin), and phenolic acids (such as ellagic, caffeic, p-coumaric, and ferulic acids) [7,8]. However, the physicochemical and functional properties of honey are largely influenced by minor constituents such as enzymes, organic acids, vitamins, minerals, and phenolic compounds.
Honey exhibits a broad range of colors, from white to dark brown. This variation is primarily associated with the presence of phenolic compounds and mineral content [6]. Based on its botanical origin, honey is classified as monofloral when derived predominantly from a single plant species, and multifloral when obtained from the nectar of multiple plant species [9].
Honey is the only natural product derived from insects and possesses high nutritional value. It has a wide range of applications extending from cosmetics to industrial products [10,11]. In addition, its use in the beverage industry has been increasingly expanding [12]. Honey is highly stable in storage; it does not require refrigeration, does not spoil, and can be preserved for long periods at room temperature under dry conditions. Its water activity ranges between 0.56 and 0.62, and its pH is approximately 3 [12,13]. Owing to its high fructose content, honey has been used as a natural sweetener since ancient times [12,14].
Scientific studies have demonstrated that honey exhibits antioxidant [15], anti-inflammatory [16], antibacterial [17], and antidiabetic properties [18]. Furthermore, it has been reported to exert protective

effects on the respiratory, gastrointestinal [19], cardiovascular, and nervous systems [20]. Numerous studies have been conducted on honey, and a comprehensive evaluation of existing literature on its effects on human health is considered to provide a valuable basis for future research.

2. Honey formation

Honey is defined as a complex food substance produced by bees from plant-derived materials such as nectar or honeydew [21]. According to Annex I of Council Directive 2001/110/EC, honey is characterized as a natural sweet substance produced by honey bees (Apis mellifera) from the nectar of plants or from secretions of plant-sucking insects present on living parts of plants [22].

Bees collect these substances and subsequently mix, transform, dehydrate, store, and allow them to mature within the honeycomb in their hive through the action of specific enzymes. Nectar present in flowers serves to attract pollinators and facilitate plant pollination. Bees are able to collect nectar from specific flowers known as melliferous plants, which are accessible in terms of floral morphology. A melliferous flower is defined as a plant that produces substances that can be collected by insects and transformed into honey.

The final stage of honey production involves the deposition of nectar in thin layers on the walls of the honeycomb cells, followed by active ventilation performed by bees to enhance airflow and promote further evaporation of moisture. This dehydration process carried out by bees is referred to as ventilation. Honey is generally considered mature after approximately thirty-six days; however, the maturation period may vary depending on environmental factors such as humidity, temperature, and the initial moisture content of the nectar. The composition of honey is influenced by several factors, including the proportion of nectar and honeydew, plant species, flowering period, the types of insects involved, and the timing of harvest by beekeepers [23].

2.1 Honey composition

Approximately 300 varieties of honey have been identified to date [24]. Honey types are closely associated with the diverse nectar sources collected by honey bees. Carbohydrates constitute the principal component of honey, accounting for approximately 95–97% of its dry weight. In addition, honey contains major bioactive constituents such as proteins, vitamins, amino acids, minerals, and organic acids [25,26].

Pure honey also comprises flavonoids, polyphenols, reducing compounds, alkaloids, glycosides, cardiac glycosides, anthraquinones, and volatile compounds [27,28,29]. Monosaccharides, particularly fructose and glucose, are recognized as the predominant sugars present in honey. These sugars contribute significantly to the nutritional and physicochemical properties of honey [30]. Furthermore, in addition to monosaccharides, honey contains smaller quantities of disaccharides, including sucrose, galactose, α- and β-trehalose, gentiobiose, and laminaribiose, as well as trisaccharides such as melezitose, maltotriose, 1-ketose, panose, isomaltose glucose, erlose, isomaltotriose, theanderose, sentose, isopanose, and maltopentaose, together with various oligosaccharides [31,32]. Most of these sugars are formed during the maturation and ripening processes of honey. Gluconic acid, a product of glucose oxidation, represents the principal organic acid in honey, while smaller amounts of acetic, formic, and citric acids are also present [33]. Due to the presence of inorganic ions and organic acids, honey exhibits an acidic pH ranging from 3.5 to 5.5. These acids further contribute to the stability of honey against bacterial agents [34].

Honey may be characterized as a highly complex mixture composed of numerous nutrients and bioactive compounds. The percentage concentrations of these constituents vary depending on multiple factors. Indeed, only approximately 80% of the physicochemical composition of many honey varieties can currently be identified. Variations in honey composition may arise from geographical and environmental conditions, the floral sources utilized by bees, the bee species responsible for honey production, and the extraction methods employed. Such variations can lead to differences in the color, viscosity, taste, and overall properties of honey [35].

3. Biological Activities of Honey

3.1 Antioxidant Activity

The oxidation of molecules that are vital for the healthy functioning of cells is prevented by antioxidants. Oxidation causes damage to cells, tissues, organs, and consequently to the physiological functioning of the organism. Antioxidants are maintained in balance within the body through a complex regulatory system. Foods containing antioxidants have been shown to support the regulation of this system and thereby promote health. Although not yet fully confirmed through clinical studies, scientific evidence suggests that honey reduces oxidative stress in various organ systems [36].

Additional scientific investigations have demonstrated that the antioxidant activity of honey is associated with the combined effects of various bioactive compounds present within it. Therefore, honey possesses the capacity to function as a natural antioxidant while also serving as a nutritional food source. According to the scientific literature, honey, either alone or in combination with conventional therapies, has the potential to act as a novel antioxidant agent in the management of conditions commonly associated with oxidative stress [37]. For instance, studies have associated the antioxidant activity of honey with the prevention of various diseases, including cardiovascular diseases [38], diabetes mellitus [39], and cancer [40]. Although the processing and storage conditions of honey may influence its antioxidant activity, the most significant factors affecting its antioxidant capacity are recognized as its geographical and botanical origins. This relationship is closely linked to the total phenolic content of honey, as honey varieties containing higher concentrations of phenolic acids exhibit greater antioxidant activity. Furthermore, darker-colored honeys generally contain higher levels of phenolic acids compared to lighter varieties, suggesting that honey color may also be associated with antioxidant activity [8].

3.2 Antimicrobial Activity

Antimicrobial agents play a crucial role in reducing the global burden of infectious diseases. However, the effectiveness of antibiotics has been progressively declining as resistant pathogens continue to emerge and spread. Such bacterial resistance to antimicrobial agents constitutes a major threat to public health, and resistance rates against nearly all classes of antibiotics, including frontline therapeutic drugs, are increasing worldwide [41,42]. Consequently, there is an urgent need for alternative antimicrobial strategies, leading to renewed interest in the therapeutic application of traditional remedies, including plants and plant-derived products such as honey [43,44].

The use of traditional medicine in the treatment of infections has been practiced since the earliest periods of human history, and honey produced by the honey bee *Apis mellifera* is considered one of the oldest traditional remedies of significant importance in the treatment of various human diseases. Numerous contemporary studies have reported the antibacterial activity of honey, demonstrating that natural, unprocessed honey exhibits broad-spectrum antibacterial effects when tested against pathogenic microorganisms [45,46].

Scientific investigations have shown that honey is effective against a wide range of pathogenic microorganisms, including bacteria, fungi, and viruses. For example, floral or pasture honeys have been reported to exhibit strong activity against Gram-positive microorganisms, particularly against 58 coagulase-positive *Staphylococcus aureus* strains isolated from infected wounds, all of which were found to be susceptible to both manuka honey and pasture honey [47]. In another study, *Staphylococcus epidermidis*, an opportunistic pathogen commonly associated with infections in immunocompromised patients using temporary or permanent invasive medical devices such as endotracheal tubes or intravenous catheters, was shown in *in vitro* experiments to be sensitive to both pasture and manuka honey treatments. These findings suggest that honey may possess prophylactic potential for limiting infections at sites where medical devices are inserted [48].

Furthermore, a study conducted by Irish et al. demonstrated that the mean inhibitory concentration of honey against *Candida* species ranged between 34.6% and 43.1% (w/v). The same study also reported that no *Candida* colonization or infection was observed in wounds treated with medical-grade honey at adequate concentrations [49].

3.3 Anticancer Activity

Cancer is a term used to describe uncontrolled cell proliferation with the potential to become malignant. It is recognized as one of the leading causes of mortality worldwide [50]. It is estimated that more than

35 million new cancer cases will occur by 2050, representing a 77% increase compared with the estimated 20 million cases reported in 2022 [51].

Numerous studies have been conducted to investigate the potential role of honey in inhibiting the growth and progression of cancer cells. While the majority of these studies have employed *in vitro* methods, only a limited number have utilized *in vivo* models. Globally, breast cancer is recognized as one of the primary causes of cancer-related mortality. Approximately 12% of women are expected to develop breast cancer at some point during their lifetime [51]. In addition to various contributing factors, circulating estrogen levels and dysregulation of estrogen signaling pathways are considered major determinants in the development and progression of breast cancer [52]. Consequently, the estrogen receptor (ER) signaling pathway has frequently been a central target in breast cancer therapy. The potential effects of honey on this critical pathway have therefore been investigated through various approaches [53].

Researchers have demonstrated that honey extracts exert concentration-dependent effects on the breast cancer cell line (MCF-7) following 48-hour exposure to concentrations ranging from 0.2 to 125 µg/mL. At higher concentrations, honey acted as an estrogenic agent, whereas at lower concentrations it exhibited antiestrogenic activity. Thyme and pine honey extracts were found to counteract estrogenic activity in the presence of estradiol, while fir honey extract increased estrogenic activity in MCF-7 cells. Furthermore, differences were observed among the three honey extracts regarding their effects on cell viability. Pine and thyme honey showed no significant effect on MCF-7 cell viability, whereas fir honey increased cell viability [54].

The dual effects of honey extracts are thought to be associated with their high phenolic content, particularly compounds such as kaempferol and quercetin. Phytoestrogens, which are classified as phenolic compounds, may exhibit both stimulatory and inhibitory biological effects [55]. Studies conducted on various human cancer cell lines, including breast, prostate, endometrial, cervical, lung, skin, kidney, bladder, liver carcinoma, and osteosarcoma cells, have demonstrated the potential anticancer activity of honeys derived from diverse floral sources such as *Abies cephalonica*, *Acacia*, *Citrus*, *Erica arborea*, rosemary, thyme, and tualang tree nectar [56,57]. Similarly, several *in vivo* analyses have indicated that honey may inhibit cancer progression under experimentally induced conditions [58,59,60].

3.4 Other Biological Activities

Honey demonstrates considerable versatility in traditional and complementary medicine through its analgesic effects, influencing both pain perception [61] and wound healing processes [62]. Furthermore, the hypoglycemic and hypolipidemic properties of honey may contribute to the management of diabetes mellitus and hyperlipidemia, thereby offering potential benefits for cardiovascular health [63,64]. The antioxidant properties of honey support a favorable lipid profile and may enhance the body's ability to regulate lipid levels by influencing genes associated with lipid metabolism [65,66]. The antihypertensive and immunomodulatory effects of honey further contribute to cardiovascular health by demonstrating the potential to regulate inflammatory processes associated with elevated lipid levels [67,68]. In addition, the neuroprotective effects of honey extend to the nervous system, providing potential benefits for brain health, including the regulation of neurotransmitter levels and the prevention of neurodegenerative diseases [69,70].

Scientific studies have also suggested that honey may possess nephroprotective properties, supporting proper renal function and potentially exhibiting diuretic effects [71,72,73]. Moreover, its estrogenic characteristics may contribute to hormonal modulation and offer potential therapeutic benefits for conditions associated with hormonal imbalance, including menopausal symptoms [74,75].

4. Future Perspectives

Compounds present in honey, such as flavonoids, organic acids, and phenolic acids, play an active role in its beneficial effects on human health. It is highly likely that future scientific studies will further uncover the potential health contributions of a wide range of bioactive constituents in honey. While supporting the immune system, honey can also be considered a natural source and functional food due to its composition, and it may be regarded as a "superfood." The bioavailability of honey is closely associated with its botanical origin as well as various environmental factors.

The antioxidant, antimicrobial, and anti-inflammatory properties of honey are largely attributed to its constituent compounds. In addition, various carbohydrates, vitamins, and minerals present in honey contribute not only to its therapeutic properties but also to the physiological functioning of human health. Consequently, honey has long been recognized as a substance of significant medicinal value throughout history. In contemporary practice, it continues to play an important role in complementary and alternative medicine. Therefore, with ongoing scientific research, honey may increasingly be utilized in supporting immune health and in the management of various immune-related disorders. Furthermore, apiculture should be encouraged alongside expanding its fields of application through scientific advancements. It is expected that research on the potential benefits of bees and bee products will continue to grow in the future.

References

1.Hajar, R. (2015). History of medicine timeline. *Heart views: the official journal of the Gulf Heart Association*, *16*(1), 43–45. https://doi.org/10.4103/1995-705x.153008.

2.Crane, E. (1999). The World History of Beekeeping and Honey Hunting (1st ed.). Routledge. https://doi.org/10.4324/9780203819937.

3.Bogdanov, S., Jurendic, T., Sieber, R., & Gallmann, P. (2008). Honey for nutrition and health: a review. *Journal of the American College of Nutrition*, *27*(6), 677–689. https://doi.org/10.1080/07315724.2008.10719745.

4.Jha, A. Natural Honey: At the Tip of the Beehive. Available online: https://www.tpci.in/indiabusinesstrade/blogs/naturalhoney-at-the-tip-of-the-beehive/ (accessed on 7 December 2022).

5.Ciulu, M., Spano, N., Pilo, M. I., & Sanna, G. (2016). Recent Advances in the Analysis of Phenolic Compounds in Unifloral Honeys. *Molecules (Basel, Switzerland)*, *21*(4), 451. https://doi.org/10.3390/molecules21040451.

6.Milica M. Živkov Baloš, Nenad S. Popov, Jasna Z. Prodanov Radulović, Igor M. Stojanov & Sandra M. Jakšić (2020): Sugar profile of different floral origin honeys from Serbia, Journal of Apicultural Research, DOI:10.1080/00218839.2020.1714193.

7.Zumla, A., & Lulat, A. (1989). Honey--a remedy rediscovered. *Journal of the Royal Society of Medicine*, *82*(7), 384–385. https://doi.org/10.1177/014107688908200704.

8.Eteraf-Oskouei, T., & Najafi, M. (2013). Traditional and modern uses of natural honey in human diseases: a review. *Iranian journal of basic medical sciences*, *16*(6), 731–742.

9.Jasicka-Misiak, I., Makowicz, E., & Stanek, N. (2018). Chromatographic fingerprint, antioxidant activity, and colour characteristic of polish goldenrod (Solidago virgaurea L.) honey and flower. *European Food Research and Technology*, *244*, Article 7. https://doi.org/10.1007/s00217-018-3034-3.

10.Samarghandian, S., Farkhondeh, T., & Samini, F. (2017). Honey and Health: A Review of Recent Clinical Research. *Pharmacognosy research*, *9*(2), 121–127. https://doi.org/10.4103/0974-8490.204647.

11.Bansal, V., Medhi, B., & Pandhi, P. (2005). Honey--a remedy rediscovered and its therapeutic utility. *Kathmandu University medical journal (KUMJ)*, *3*(3), 305–309.

12.Babacan, S., & Rand, A. G. (2007). Characterization of honey amylase. *Journal of food science*, *72*(1), C050–C55. https://doi.org/10.1111/j.1750-3841.2006.00215.x.

13.Hassapidou, M., Fotiadou, E., Maglara, E., & Papadopoulou, S. K. (2006). Energy intake, diet composition, energy expenditure, and body fatness of adolescents in northern Greece. *Obesity (Silver Spring, Md.)*, *14*(5), 855–862. https://doi.org/10.1038/oby.2006.99.

14.Pataca, L. C., Borges Neto, W., Marcucci, M. C., & Poppi, R. J. (2007). Determination of apparent reducing sugars, moisture and acidity in honey by attenuated total reflectance-Fourier transform infrared spectrometry. *Talanta*, *71*(5), 1926–1931. https://doi.org/10.1016/j.talanta.2006.08.028.

15.Ahmed, S., & Othman, N. H. (2013). Honey as a potential natural anticancer agent: a review of its mechanisms. *Evidence-based complementary and alternative medicine: eCAM*, *2013*, 829070. https://doi.org/10.1155/2013/829070.

16.Khalil, I., Moniruzzaman, M., Boukraâ, L., Benhanifia, M., Islam, A., Islam, N., Sulaiman, S. A., & Gan, S. H. (2012). Physicochemical and antioxidant properties of Algerian honey. *Molecules 17*(9), 11199–11215. https://doi.org/10.3390/molecules170911199.
17.Attia, W. Y., Gabry, M. S., El-Shaikh, K. A., & Othman, G. A. (2008). The anti-tumor effect of bee honey in Ehrlich ascite tumor model of mice is coincided with stimulation of the immune cells. *The Egyptian journal of immunology*, *15*(2), 169–183.
18.Estevinho, L., Pereira, A. P., Moreira, L., Dias, L. G., & Pereira, E. (2008). Antioxidant and antimicrobial effects of phenolic compounds extracts of Northeast Portugal honey. *Food and chemical toxicology: an international journal published for the British Industrial Biological 46*(12), 3774–3779. https://doi.org/10.1016/j.fct.2008.09.062.
19.Abdulrhman, M. M., El-Hefnawy, M. H., Aly, R. H., Shatla, R. H., Mamdouh, R. M., Mahmoud, D. M., & Mohamed, W. S. (2013). Metabolic effects of honey in type 1 diabetes mellitus: a randomized crossover pilot study. *Journal of medicinal food*, *16*(1), 66–72. https://doi.org/10.1089/jmf.2012.0108.
20.Ghosh, S., & Playford, R. J. (2003). Bioactive natural compounds for the treatment of gastrointestinal disorders. *Clinical science (London, England: 1979)*, *104*(6), 547–556. https://doi.org/10.1042/CS20030067.
21.Squadrone, S., Brizio, P., Stella, C., Mantia, M., Pederiva, S., Brusa, F., Mogliotti, P., Garrone, A., & Abete, M. C. (2020). Trace elements and rare earth elements in honeys from the Balkans, Kazakhstan, Italy, South America, and Tanzania. *Environmental science and pollution research international*, *27*(11), 12646–12657. https://doi.org/10.1007/s11356-020-07792-7.
22.Mostoles, D., de Krijger, F., Mara, A., Sanna, G., Saurina, J., Sentellas, S., & Núñez, O. (2025). Honey Geographical Origin Characterization and Authentication Based on Spectrophotometric Assays, Physicochemical Parameters, and LC-MS/MS Polyphenolic Profiling. *Foods (Basel, Switzerland)*, *14*(22), 3828. https://doi.org/10.3390/foods14223828.
23.Seeley T. D. (1997). Honey bee colonies are group-level adaptive units. *The American naturalist*, *150 Suppl 1*, S22–S41. https://doi.org/10.1086/286048
24.Lay-flurrie K. (2008). Honey in wound care: effects, clinical application and patient benefit. British journal of nursing (Mark Allen Publishing), 17(11), S30–S36. https://doi.org/10.12968/bjon.2008.17.Sup5.29649.
25.Betts, J. (2008). The clinical application of honey in wound care. *Nursing times*, *104*(14), 43–44.
26.El-Soud, NHA. (2012). Honey between Traditional Uses and Recent Medicine. Maced J Med Sci. Jul 31; 5(2):205-214. http://dx.doi.org/10.3889/MJMS.1957-5773.2012.0213.
27.White, JW. Composition of American Honeys. Washington, DC, USA: Agricultural Research Service, USDA; 1962.
28.White, JW. Detection of honey adulteration by carbohydrage analysis. J Assoc Off Anal Chem 1980;63:11-8.
29.Islam, A., Khalil, I., Islam, N., Moniruzzaman, M., Mottalib, A., Sulaiman, S. A., & Gan, S. H. (2012). Physicochemical and antioxidant properties of Bangladeshi honeys stored for more than one year. *BMC complementary and alternative medicine*, *12*, 177. https://doi.org/10.1186/1472-6882-12-177.
30.Manyi-Loh CE, Clarke AM, Ndip RN. Identification of volatile compounds in solvent extracts of honeys produced in South Africa. Afr J Agric Res 2011;6:4327-34.
31.Sato, T., & Miyata, G. (2000). The nutraceutical benefit, part iii: honey. *Nutrition (Burbank, Los Angeles County, Calif.)*, *16*(6), 468–469. https://doi.org/10.1016/s0899-9007(00)00271-9.
32.Siddiqui, I. R., & Furgala, B. (1967). Isolation and characterization of oligosaccharides from honey. Part I. Disaccharides. *Journal of Apicultural Research*, *6*(3), 139-145.
33.Siddiqui, I. R., & Furgala, B. (1968). Isolation and characterization of oligosaccharides (Trisacharides) from honey. *J Apic Res*, *7*, 51-59.
34.Cavia, M. M., Fernández-Muino, M. A., Alonso-Torre, S. R., Huidobro, J. F., & Sancho, M. T. (2007). Evolution of acidity of honeys from continental climates: Influence of induced granulation. *Food chemistry*, *100*(4), 1728-1733.

35.Ranneh, Y., Akim, A. M., Hamid, H. A., Khazaai, H., Fadel, A., Zakaria, Z. A., Albujja, M., & Bakar, M. F. A. (2021). Honey and its nutritional and anti-inflammatory value. *BMC complementary medicine and therapies*, *21*(1), 30. https://doi.org/10.1186/s12906-020-03170-5
36.Meo, S. A., Al-Asiri, S. A., Mahesar, A. L., & Ansari, M. J. (2017). Role of honey in modern medicine. *Saudi journal of biological sciences*, *24*(5), 975–978. https://doi.org/10.1016/j.sjbs.2016.12.010.
37.Gheldof, N., Wang, X. H., & Engeseth, N. J. (2003). Buckwheat honey increases serum antioxidant capacity in humans. *Journal of agricultural and food chemistry*, *51*(5), 1500–1505. https://doi.org/10.1021/jf025897t.
38.Rakha, M. K., Nabil, Z. I., & Hussein, A. A. (2008). Cardioactive and vasoactive effects of natural wild honey against cardiac malperformance induced by hyperadrenergic activity. *Journal of medicinal food*, *11*(1), 91–98. https://doi.org/10.1089/jmf.2006.172.
39.Erejuwa, O. O., Sulaiman, S. A., Wahab, M. S., Sirajudeen, K. N., Salleh, M. S., & Gurtu, S. (2010). Antioxidant protection of Malaysian tualang honey in pancreas of normal and streptozotocin-induced diabetic rats. *Annales d'endocrinologie*, *71*(4), 291–296. https://doi.org/10.1016/j.ando.2010.03.003.
40.Hassan, M. I., Mabrouk, G. M., Shehata, H. H., & Aboelhussein, M. M. (2012). Antineoplastic effects of bee honey and Nigella sativa on hepatocellular carcinoma cells. *Integrative cancer therapies*, *11*(4), 354–363. https://doi.org/10.1177/1534735410387422.
42.Levy, S. B., & Marshall, B. (2004). Antibacterial resistance worldwide: causes, challenges and responses. *Nature medicine*, *10*(12 Suppl), S122–S129. https://doi.org/10.1038/nm1145.
43.Mandal, S., Pal, N. K., Chowdhury, I. H., & Debmandal, M. (2009). Antibacterial activity of ciprofloxacin and trimethoprim, alone and in combinittion, against Vibrio cholerae O1 biotype El Tor serotype Ogawa isolates. *Polish journal of microbiology*, *58*(1), 57–60.
44.Mandal, S., DebMandal, M., Pal, N. K., & Saha, K. (2010). Synergistic anti–Staphylococcus aureus activity of amoxicillin in combination with Emblica officinalis and Nymphae odorata extracts. *Asian Pacific Journal of Tropical Medicine*, *3*(9), 711-714.
45.Mandal, S., DebMandal, M., Pal, N. K., & Saha, K. (2010). Antibacterial activity of honey against clinical isolates of Escherichia coli, Pseudomonas aeruginosa and Salmonella enterica serovar Typhi. *Asian Pacific Journal of Tropical Medicine*, *3*(12), 961-964.
46.Lusby, P. E., Coombes, A. L., & Wilkinson, J. M. (2005). Bactericidal activity of different honeys against pathogenic bacteria. *Archives of medical research*, *36*(5), 464–467. https://doi.org/10.1016/j.arcmed.2005.03.038.
47.Mundo, M. A., Padilla-Zakour, O. I., & Worobo, R. W. (2004). Growth inhibition of foodborne pathogens and food spoilage organisms by select raw honeys. *International journal of food microbiology*, *97*(1), 1–8. https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2004.03.025.
48.Cooper, R. A., Molan, P. C., & Harding, K. G. (1999). Antibacterial activity of honey against strains of Staphylococcus aureus from infected wounds. *Journal of the Royal Society of Medicine*, *92*(6), 283–285. https://doi.org/10.1177/014107689909200604.
49.Johnson, D. W., van Eps, C., Mudge, D. W., Wiggins, K. J., Armstrong, K., Hawley, C. M., Campbell, S. B., Isbel, N. M., Nimmo, G. R., & Gibbs, H. (2005). Randomized, controlled trial of topical exit-site application of honey (Medihoney) versus mupirocin for the prevention of catheter-associated infections in hemodialysis patients. *Journal of the American Society of Nephrology: JASN*, *16*(5), 1456–1462. https://doi.org/10.1681/ASN.2004110997.
50.Irish, J., Carter, D. A., Shokohi, T., & Blair, S. E. (2006). Honey has an antifungal effect against Candida species. *Medical mycology*, *44*(3), 289–291. https://doi.org/10.1080/13693780500417037.
51.Jemal, A., Bray, F., Center, M. M., Ferlay, J., Ward, E., & Forman, D. (2011). Global cancer statistics. *CA: a cancer journal for clinicians*, *61*(2), 69–90. https://doi.org/10.3322/caac.20107.
52.Bray, F., Laversanne, M., Sung, H., Ferlay, J., Siegel, R. L., Soerjomataram, I., & Jemal, A. (2024). Global cancer statistics 2022: GLOBOCAN estimates of incidence and mortality worldwide for 36 cancers in 185 countries. *CA: a cancer journal for clinicians*, *74*(3), 229–263. https://doi.org/10.3322/caac.21834.

53.Germain D. (2011). Estrogen carcinogenesis in breast cancer. *Endocrinology and metabolism clinics of North America*, *40*(3), 473–vii. https://doi.org/10.1016/j.ecl.2011.05.009.
54.Martinotti, S., Bonsignore, G., & Ranzato, E. (2024). Understanding the Anticancer Properties of Honey. *International journal of molecular sciences*, *25*(21), 11724. https://doi.org/10.3390/ijms252111724.
55.Tsiapara, A.V.; Jaakkola, M.; Chinou, I.; Graikou, K.; Tolonen, T.; Virtanen, V.; Moutsatsou, P. (2009).Bioactivity of Greek honey extracts on breast cancer (MCF-7), prostate cancer (PC-3) and endometrial cancer (Ishikawa) cells: Profile analysis of extracts. Food Chem,116, 702–708.
56.Patisaul, H. B., & Jefferson, W. (2010). The pros and cons of phytoestrogens. *Frontiers in neuroendocrinology*, *31*(4), 400–419. https://doi.org/10.1016/j.yfrne.2010.03.003.
57.Fernandez-Cabezudo, M. J., El-Kharrag, R., Torab, F., Bashir, G., George, J. A., El-Taji, H., & al-Ramadi, B. K. (2013). Intravenous administration of manuka honey inhibits tumor growth and improves host survival when used in combination with chemotherapy in a melanoma mouse model. *PloS one*, *8*(2), e55993. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0055993.
58.Kadir, E. A., Sulaiman, S. A., Yahya, N. K., & Othman, N. H. (2013). Inhibitory effects of Tualang Honey on experimental breast cancer in rats: a preliminary study. *Asian Pacific journal of cancer prevention: APJCP*, *14*(4), 2249–2254. https://doi.org/10.7314/apjcp.2013.14.4.2249.
59 Mabrouk, G. M., Moselhy, S. S., Zohny, S. F., Ali, E. M., Helal, T. E., Amin, A. A., & Khalifa, A. A. (2002). Inhibition of methylnitrosourea (MNU) induced oxidative stress and carcinogenesis by orally administered bee honey and Nigella grains in Sprague Dawely rats. *Journal of experimental & clinical cancer research: CR*, *21*(3), 341–346.
60.Swellam, T., Miyanaga, N., Onozawa, M., Hattori, K., Kawai, K., Shimazui, T., & Akaza, H. (2003). Antineoplastic activity of honey in an experimental bladder cancer implantation model: in vivo and in vitro studies. *International journal of urology: official journal of the Japanese Urological Association*, *10*(4), 213–219. https://doi.org/10.1046/j.0919-8172.2003.00602.x.
61.Oršolić N, Terzić S, Šver L, Bašić I. (2005). Honey-bee products in prevention and/ or therapy of murine transplantable tumours. *J Sci Food Agric*. 85:363–370.
62.Zamri, N. A., Ghani, N., Ismail, C. A. N., Zakaria, R., & Shafin, N. (2023). Honey on brain health: A promising brain booster. *Frontiers in aging neuroscience*, *14*, 1092596. https://doi.org/10.3389/fnagi.2022.1092596.
63.Al-Waili, N., Salom, K., & Al-Ghamdi, A. A. (2011). Honey for wound healing, ulcers, and burns; data supporting its use in clinical practice. *TheScientificWorldJournal*, *11*, 766–787. https://doi.org/10.1100/tsw.2011.78.
64.Erejuwa, O. O., Sulaiman, S. A., & Wahab, M. S. (2014). Effects of honey and its mechanisms of action on the development and progression of cancer. *Molecules (Basel, Switzerland)*, *19*(2), 2497–2522. https://doi.org/10.3390/molecules19022497.
65.Alkhalifah, M. K., Alabduljabbar, K. A., & Alkhenizan, A. H. (2021). Effect of natural honey on lowering lipid profile. *Saudi Medical Journal*, *42*(5), 473–480. https://doi.org/10.15537/smj.2021.42.5.20200664.
66.Wheeler, M. M., & Robinson, G. E. (2014). Diet-dependent gene expression in honey bees: honey vs. sucrose or high fructose corn syrup. *Scientific reports*, *4*, 5726. https://doi.org/10.1038/srep05726.
67.Bt Hj Idrus, R., Sainik, N. Q. A. V., Nordin, A., Saim, A. B., & Sulaiman, N. (2020). Cardioprotective Effects of Honey and Its Constituent: An Evidence-Based Review of Laboratory Studies and Clinical Trials. *International journal of environmental research and public health*, *17*(10), 3613. https://doi.org/10.3390/ijerph17103613.
68.Mesaik, M. A., Azim, M. K., & Mohiuddin, S. (2008). Honey modulates oxidative burst of professional phagocytes. *Phytotherapy research: PTR*, *22*(10), 1404–1408. https://doi.org/10.1002/ptr.2509.
69.Fadzil, M. A. M., Mustar, S., & Rashed, A. A. (2023). The Potential Use of Honey as a Neuroprotective Agent for the Management of Neurodegenerative Diseases. *Nutrients*, *15*(7), 1558. https://doi.org/10.3390/nu15071558.
70.Kim, T. K., Atigadda, V. R., Brzeminski, P., Fabisiak, A., Tang, E. K. Y., Tuckey, R. C., Reiter, R. J., & Slominski, A. T. (2021). Detection of Serotonin, Melatonin, and Their Metabolites in

Honey. *ACS food science & technology*, *1*(7), 1228–1235. https://doi.org/10.1021/acsfoodscitech.1c00119.

71. Hamad, R., Jayakumar, C., Ranganathan, P., Mohamed, R., El-Hamamy, M. M., Dessouki, A. A., Ibrahim, A., & Ramesh, G. (2015). Honey feeding protects kidney against cisplatin nephrotoxicity through suppression of inflammation. *Clinical and experimental pharmacology & physiology*, *42*(8), 843–848. https://doi.org/10.1111/1440-1681.12433.
72. Shoaib, A., Alqahtani, S. S., Azmi, L., Anwer, T., Khan, A., Al Shahrani, S., ... & Rehman, M. U. (2020). An Assay on Mechanisms of the Anti-Fibrotic Effects of Honey. In *Therapeutic Applications of Honey and its Phytochemicals: Volume II* (pp. 85-112). Singapore: Springer Singapore.
73. Imtara, H., Al-Waili, N., Bakour, M., Al-Waili, W., & Lyoussi, B. (2018). Evaluation of antioxidant, diuretic, and wound healing effect of Tulkarm honey and its effect on kidney function in rats. *Veterinary world*, *11*(10), 1491–1499. https://doi.org/10.14202/vetworld.2018.1491-1499.
74. Banihani S. A. (2019). Mechanisms of honey on testosterone levels. *Heliyon*, *5*(7), e02029. https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2019.e02029.
75. Münstedt, K., Voss, B., Kullmer, U., Schneider, U., & Hübner, J. (2015). Bee pollen and honey for the alleviation of hot flushes and other menopausal symptoms in breast cancer patients. *Molecular and clinical oncology*, *3*(4), 869–874. https://doi.org/10.3892/mco.2015.559.

PERİAPİKAL LEZYONLARDA KOMBİNE ENDODONTİK-CERRAHİ TEDAVİ PLANLAMASI: OLGU TEMELLİ BİR DEĞERLENDİRME

COMBINED ENDODONTIC-SURGICAL TREATMENT PLANNING IN PERIAPICAL LESIONS: A CASE-BASED EVALUATION

Arş. Gör. Şeyma Eda AKIN
Erzincan Binali Yıldırım Üniversitesi, Diş Hekimliği Fakültesi, Endodonti Anabilim Dalı
ORCID ID: 0009-0005-9280-2434

Arş. Gör. Muhammet AKIN
Erzincan Binali Yıldırım Üniversitesi, Diş Hekimliği Fakültesi, Ağız Diş Ve Çene Cerrahisi Anabilim Dalı
ORCID ID: 0009-0005-4225-3414

ABSTRACT

Periapical lesions are inflammatory pathologies that commonly develop secondary to pulpal infections. Treatment planning should not be based solely on radiographic appearance, but should also consider the pulpal status of the involved tooth, clinical symptoms, anatomical localization of the lesion, and the need for histopathological evaluation. The primary approach in the management of these lesions is the elimination of the endodontic source of infection. However, in selected cases, surgical intervention may be incorporated into the treatment plan for lesion elimination, histopathological confirmation of the diagnosis, and support of the healing process. The aim of this report is to evaluate the role of a combined endodontic-surgical approach in the clinical decision-making process for periapical lesions and to illustrate this approach through a representative case.

A 30-year-old systemically healthy female patient presented to the clinic with a complaint of sensitivity in her anterior teeth. Although no spontaneous pain, swelling, or additional symptoms were present in the relevant region, sensitivity to vertical percussion and palpation was detected in the central incisor. Clinical examination revealed that the involved tooth had not previously undergone root canal treatment. Periapical radiographic examination showed a radiolucent area associated with the root apex in the anterior region, and the lesion was considered under the preliminary diagnosis of a periapical cyst/granuloma. To eliminate the endodontic source of infection, root canal treatment was first completed. Subsequently, during the surgical phase, the lesion was removed by enucleation and submitted for histopathological examination. Pathological evaluation reported findings consistent with a periapical granuloma.

At approximately three months of follow-up, the patient was observed to be asymptomatic, and a one-year follow-up was recommended to monitor clinical and radiographic healing. This case demonstrates that endodontic treatment and surgical intervention may be planned as complementary approaches in selected cases of periapical lesions and highlights the importance of histopathological evaluation for definitive diagnosis.

Keywords: Periapical lesion; periapical granuloma; endodontic treatment; surgical enucleation; multidisciplinary approach.

ÖZET

Periapikal lezyonlar çoğunlukla pulpal enfeksiyonlara bağlı gelişen inflamatuvar patolojiler olup, tedavi planlamasında lezyonun radyografik özellikleri, ilgili dişin pulpal durumu, klinik semptomlar, anatomik lokalizasyon ve histopatolojik değerlendirme gerekliliği birlikte ele alınmalıdır. Bu lezyonların yönetiminde temel yaklaşım endodontik enfeksiyon odağının ortadan kaldırılmasıdır. Bununla birlikte, seçilmiş olgularda cerrahi müdahale; lezyonun eliminasyonu, tanının histopatolojik olarak doğrulanması ve iyileşme sürecinin desteklenmesi açısından tedavi planına dahil edilebilir. Bu bildirinin amacı, periapikal lezyonlarda kombine endodontik-cerrahi yaklaşımın klinik karar sürecindeki yerini değerlendirmek ve bu yaklaşımı bir olgu üzerinden örneklendirmektir.

Otuz yaşında, sistemik rahatsızlığı bulunmayan kadın hasta, anterior dişlerinde hassasiyet şikâyetiyle kliniğe başvurmuştur. İlgili bölgede spontan ağrı, şişlik veya ek semptom bulunmamakla birlikte, santral dişte dikey perküsyon ve palpasyonda hassasiyet saptanmıştır.

Klinik değerlendirmede ilgili dişe daha önce kök kanal tedavisi uygulanmadığı belirlenmiştir. Periapikal radyografik incelemede anterior bölgede kök apeksi ile ilişkili radyolüsent alan izlenmiş ve lezyon periapikal kist/granülom ön tanısıyla değerlendirilmiştir. Endodontik enfeksiyon odağının ortadan kaldırılması amacıyla öncelikle kök kanal tedavisi tamamlanmış, ardından cerrahi aşamada lezyon enükleasyonla çıkarılarak histopatolojik incelemeye gönderilmiştir. Patolojik değerlendirme sonucunda lezyonun periapikal granülom ile uyumlu olduğu bildirilmiştir.
Yaklaşık üç aylık takipte hastanın asemptomatik olduğu gözlenmiş ve klinik-radyografik iyileşmenin izlenebilmesi amacıyla bir yıllık takip önerilmiştir. Bu olgu, periapikal lezyonların yönetiminde endodontik tedavi ile cerrahi yaklaşımın seçilmiş durumlarda tamamlayıcı olarak planlanabileceğini ve kesin tanı için histopatolojik değerlendirmenin önemini göstermektedir.
Anahtar Kelimeler: Periapikal lezyon; periapikal granülom; endodontik tedavi; cerrahi enükleasyon; multidisipliner yaklaşım.

GİRİŞ

Periapikal lezyonlar, çoğunlukla pulpa dokusunun nekrozu ve kök kanal sistemi içerisindeki mikrobiyal enfeksiyonlara bağlı olarak gelişen inflamatuvar patolojilerdir. Endodontik kaynaklı irritanların apikal foramenden periradiküler dokulara ulaşması, konak savunma yanıtını aktive ederek periodontal ligament aralığında genişleme, alveolar kemikte rezorpsiyon ve radyografik olarak izlenebilen periapikal radyolüsensilerin oluşumuna yol açabilir. Bu patolojik süreç klinik olarak asemptomatik seyredebildiği gibi, perküsyon ve palpasyonda hassasiyet, spontan ağrı, fistül oluşumu veya şişlik gibi bulgularla da ortaya çıkabilir. Bu nedenle periapikal lezyonların değerlendirilmesinde yalnızca radyografik görüntüleme değil, pulpal durum, klinik semptomlar, periodontal bulgular ve ilgili dişin tedavi geçmişi birlikte ele alınmalıdır (Duncan vd., 2023; Nair, 2006). Avrupa Endodonti Derneği'nin güncel klinik uygulama rehberi de pulpal ve apikal hastalıkların tedavi planlamasında ayrıntılı anamnez, klinik değerlendirme, aseptik yaklaşım ve tedavi sonrası yeniden değerlendirme basamaklarının önemini vurgulamaktadır (Duncan vd., 2023) .
Periapikal granülom, kronik inflamatuvar hücre infiltrasyonu ve granülasyon dokusu ile karakterize iken; radiküler kist, genellikle Malassez epitel artıklarının inflamatuvar uyarı sonucunda proliferasyonu ile gelişen, epitel ile döşeli patolojik kavite olarak tanımlanır. Bununla birlikte, klinik ve radyografik bulgular bu lezyonların kesin ayrımında çoğu zaman yetersizdir. Nair ve arkadaşlarının histopatolojik incelemeye dayalı klasik çalışmasında, 256 periapikal lezyonun %50'sinin granülom, %35'inin apse ve %15'inin kist olduğu bildirilmiş; ayrıca radiküler kistlerin "true cyst" ve "pocket cyst" olarak iki farklı morfolojik grupta değerlendirilebileceği belirtilmiştir (Nair vd., 1996). Bu bulgular, periapikal bölgede izlenen radyolüsent alanların her zaman kistik lezyon olarak yorumlanmaması gerektiğini göstermektedir. Periapikal granülom ile radiküler kist arasındaki ayrım, yalnızca terminolojik bir farklılık değil, aynı zamanda lezyonun biyolojik davranışı ve tedavi planlaması açısından da önem taşır. Periapikal granülom, enfekte kök kanal sisteminden kaynaklanan irritanlara karşı gelişen kronik inflamatuvar yanıtın bir sonucu olarak ortaya çıkar ve granülasyon dokusu içerisinde lenfositler, plazma hücreleri, makrofajlar ve fibroblastlar gibi inflamatuvar hücre elemanlarını içerebilir. Radiküler kist ise inflamatuvar uyaranların etkisiyle Malassez epitel artıklarının proliferasyonu sonucunda gelişir ve histopatolojik olarak epitel ile döşeli kistik kavite varlığı ile karakterizedir. Bu iki lezyon tipi radyografik olarak benzer şekilde iyi sınırlı ya da sınırları değişken radyolüsent alanlar şeklinde izlenebildiğinden, görüntüleme bulguları çoğu zaman kesin ayrım için yeterli değildir. Ayrıca lezyon boyutunun artması, sınırlarının belirginleşmesi veya kortikal kemikle ilişkili değişikliklerin bulunması kistik yapı lehine düşündürücü olsa da, bu bulgular tek başına tanısal kesinlik sağlamaz. Bu nedenle periapikal radyolüsensilerin değerlendirilmesinde klinik bulgular, pulpal durum, tedavi öyküsü ve gerektiğinde histopatolojik inceleme birlikte ele alınmalıdır (Nair, 2006; Nair vd., 1996).
Periapikal lezyonların tanısında periapikal radyografi ve gerektiğinde konik ışınlı bilgisayarlı tomografi önemli görüntüleme yöntemleri olmakla birlikte, radyografik görünüm tek başına histopatolojik tanının yerini tutmaz. Lezyonun boyutu, sınırlarının belirginliği, kortikal kemikle ilişkisi ve anatomik yapılara yakınlığı tedavi planlaması açısından değerli bilgiler sağlayabilir; ancak periapikal granülom ile radiküler kist ayrımı yalnızca görüntüleme bulgularına dayanarak güvenilir biçimde yapılamayabilir. Bu nedenle özellikle büyük, persiste eden, sınırları belirgin veya cerrahi olarak çıkarılması planlanan lezyonlarda histopatolojik değerlendirme kesin tanı açısından önem taşır.

Literatürde CBCT görüntüleri üzerinden doku analizi gibi yöntemlerin ayırıcı tanıya katkı sağlayabileceği bildirilse de, bu yaklaşımlar histopatolojik incelemenin yerine geçmekten çok tanısal süreci destekleyici niteliktedir (De Rosa vd., 2020). Endodontik kaynaklı periapikal lezyonların yönetiminde temel tedavi prensibi, kök kanal sistemi içerisindeki enfeksiyonun ortadan kaldırılması ve yeniden enfeksiyonun önlenmesidir. Bu amaçla uygun kemomekanik preparasyon, etkin irrigasyon, intrakanal dezenfeksiyon ve sızdırmaz kök kanal dolgusu, periapikal dokuların iyileşmesi için biyolojik zemini oluşturur. Birçok periapikal lezyon, enfeksiyon odağının ortadan kaldırılmasını takiben cerrahi müdahaleye gerek kalmadan iyileşme potansiyeline sahiptir. Bununla birlikte, lezyonun boyutu, klinik semptomların varlığı, anatomik komşuluklar, histopatolojik tanı gereksinimi, endodontik tedaviye yanıt alınamaması veya cerrahi erişimin tanısal ve terapötik avantaj sağlayacağı durumlarda cerrahi yaklaşım tedavi planına dahil edilebilir (Duncan vd., 2023; Lin vd., 2009).

Güncel rehberler, apikal periodontitis yönetiminde non-cerrahi ve cerrahi endodontik tedavi seçeneklerinin olguya özgü klinik karar süreci içinde değerlendirilmesi gerektiğini belirtmektedir. Kombine endodontik-cerrahi yaklaşım, özellikle endodontik enfeksiyon odağının ortadan kaldırılması ile lezyonun cerrahi eliminasyonunun birlikte planlandığı seçilmiş olgularda önem kazanmaktadır. Bu yaklaşımda endodontik tedavi, primer etiyolojik faktör olan intraradiküler enfeksiyonun kontrol altına alınmasını hedeflerken; cerrahi enükleasyon, lezyon dokusunun uzaklaştırılması, iyileşme sürecinin desteklenmesi ve histopatolojik tanının doğrulanması açısından katkı sağlar. Böylece tedavi planı yalnızca radyografik ön tanıya değil, klinik, endodontik, cerrahi ve patolojik verilerin bütüncül değerlendirilmesine dayandırılmış olur.

Bu olguda, sistemik olarak sağlıklı 30 yaşındaki kadın hastada anterior bölgede kök apeksi ile ilişkili radyolüsent lezyon saptanmış; klinik ve radyografik bulgular doğrultusunda lezyon periapikal kist/granülom ön tanısıyla değerlendirilmiştir. İlgili dişte daha önce kök kanal tedavisi bulunmaması nedeniyle öncelikle endodontik enfeksiyon odağının ortadan kaldırılması amaçlanmış, ardından cerrahi enükleasyon ile lezyon dokusu çıkarılarak histopatolojik incelemeye gönderilmiştir. Patolojik değerlendirme sonucunda lezyonun periapikal granülom ile uyumlu olduğu bildirilmiştir. Bu bağlamda çalışmanın amacı, periapikal lezyonlarda kombine endodontik-cerrahi tedavi planlamasının klinik karar sürecindeki yerini olgu temelli olarak değerlendirmek ve histopatolojik tanının tedavi yaklaşımındaki önemini vurgulamaktır.

ARAŞTIRMA VE BULGULAR

Olgu Sunumu

Otuz yaşında, sistemik rahatsızlığı bulunmayan kadın hasta, anterior dişlerinde hassasiyet şikâyetiyle kliniğe başvurmuştur. Hastadan alınan anamnezde ilgili bölgede spontan ağrı, şişlik veya fistül oluşumu bildirilmemiştir. Termal testlerde dişte negatif yanıt alınmıştır.

Klinik ve Radyografik Bulgular

Klinik muayenede anterior bölgede yer alan santral dişte dikey perküsyon ve palpasyonda hassasiyet saptanmıştır. İlgili dişin daha önce kök kanal tedavisi görmediği belirlenmiş ve mevcut klinik bulgular endodontik kaynaklı periapikal patoloji olasılığı açısından değerlendirilmiştir. Periapikal radyografik incelemede anterior bölgede kök apeksi ile ilişkili radyolüsent alan izlenmiştir. Lezyonun radyografik görünümü, lokalizasyonu ve ilgili dişle ilişkisi dikkate alınarak periapikal kist/periapikal granülom ön tanısı üzerinde durulmuştur.

Tedavi Planlaması ve Uygulanan Yaklaşım

Klinik ve radyografik bulgular birlikte değerlendirildiğinde, tedavi planlamasının ilk basamağında endodontik enfeksiyon odağının ortadan kaldırılması hedeflenmiştir. Bu kararın verilmesinde ilgili dişin daha önce kök kanal tedavisi görmemiş olması, termal testlere negatif yanıt vermesi ve periapikal radyolüsent alanın kök apeksi ile ilişkili olarak izlenmesi belirleyici olmuştur. Mevcut bulgular, lezyonun primer olarak endodontik kaynaklı bir periapikal patoloji olabileceğini düşündürmüş ve bu nedenle tedavinin ilk aşamasında etiyolojik faktörün kontrol altına alınması amaçlanmıştır.

Bu doğrultuda ilgili dişe kök kanal tedavisi uygulanmıştır. Endodontik tedavi ile kök kanal sistemi içerisindeki mikrobiyal yükün azaltılması, apikal dokulara ulaşan irritanların elimine edilmesi ve cerrahi sonrası iyileşme için daha uygun bir biyolojik ortam oluşturulması hedeflenmiştir.

Bununla birlikte, lezyonun radyografik görünümü ve kist/granülom ön tanısı nedeniyle yalnızca endodontik tedaviyle yetinilmemiş; tanısal doğrulama ve lezyonun tamamen uzaklaştırılması amacıyla cerrahi enükleasyon tedavi planına dahil edilmiştir.
Endodontik tedavinin tamamlanmasının ardından cerrahi aşamaya geçilmiştir. Cerrahi işlemde periapikal bölgede yer alan lezyon enükleasyon yöntemiyle çıkarılmış ve elde edilen doku materyali histopatolojik incelemeye gönderilmiştir. Cerrahi enükleasyonun bu olgudaki temel amacı, radyografik olarak izlenen periapikal lezyonun eliminasyonunu sağlamak, iyileşme sürecini desteklemek ve lezyonun kesin tanısını histopatolojik olarak doğrulamaktır. Özellikle kist/granülom ayrımının klinik ve radyografik olarak kesin yapılamadığı olgularda, cerrahi olarak çıkarılan dokunun patolojik incelemeye gönderilmesi tanısal açıdan önem taşımaktadır.

Histopatolojik Değerlendirme ve Takip Bulguları
Histopatolojik değerlendirme sonucunda lezyonun periapikal granülom ile uyumlu olduğu bildirilmiştir. Bu bulgu, başlangıçta radyografik olarak periapikal kist/granülom ön tanısıyla değerlendirilen lezyonun kesin tanısının ancak histopatolojik inceleme ile doğrulanabildiğini göstermektedir. Böylece olguda uygulanan kombine endodontik-cerrahi yaklaşım hem etiyolojik enfeksiyon kaynağının kontrol altına alınmasına hem de lezyonun tanısal ve terapötik olarak yönetilmesine katkı sağlamıştır.
Yaklaşık üç aylık takipte hastanın asemptomatik olduğu gözlenmiştir. Klinik değerlendirmede spontan ağrı, şişlik veya fonksiyonel şikâyet bildirilmemiştir. Bununla birlikte, periapikal lezyonların iyileşme süreci zamana bağlı olarak geliştiğinden, yalnızca kısa dönem semptom takibi yeterli değildir. Bu nedenle hastaya klinik ve radyografik iyileşmenin izlenebilmesi amacıyla uzun dönem takip önerilmiştir. Mevcut olguda bir yıllık takip planlanması, periapikal kemik iyileşmesinin değerlendirilmesi ve tedavi başarısının objektif olarak izlenmesi açısından uygun bir yaklaşım olarak değerlendirilmiştir.
Bu olgudan elde edilen temel bulgu, periapikal lezyonların yönetiminde endodontik ve cerrahi yaklaşımların birbirinin alternatifi olmaktan çok, uygun vakalarda birbirini tamamlayıcı tedavi basamakları olarak planlanabileceğidir. İlgili dişte daha önce kök kanal tedavisi bulunmaması nedeniyle primer yaklaşım endodontik enfeksiyon odağının ortadan kaldırılması olmuştur. Cerrahi enükleasyon ise lezyonun uzaklaştırılması ve histopatolojik tanının doğrulanması açısından tedavi planına eklenmiştir. Bu yönüyle olgu, periapikal lezyonlarda multidisipliner karar verme sürecinin ve histopatolojik değerlendirmenin klinik önemini göstermektedir. Bu olgunun klinik önemi, periapikal lezyonların yönetiminde tanı ve tedavi sürecinin tek basamaklı bir yaklaşım olarak ele alınmaması gerektiğini göstermesidir. Radyografik olarak kist veya granülom ön tanısı düşünülen lezyonlarda, tedavi planı yalnızca görüntüleme bulgularına dayandırıldığında eksik veya hatalı klinik kararlar verilebilir. Bu nedenle endodontik enfeksiyon odağının varlığı, ilgili dişin vitalite durumu, semptomların niteliği ve lezyonun cerrahi olarak değerlendirilebilirliği birlikte analiz edilmelidir. Sunulan olguda endodontik tedavi ile primer enfeksiyon kaynağı kontrol altına alınmış, cerrahi enükleasyon ile lezyon dokusu uzaklaştırılmış ve histopatolojik değerlendirme ile kesin tanıya ulaşılmıştır. Bu bütüncül yaklaşım, benzer olgularda hem tedavi başarısının artırılması hem de tanısal belirsizliğin azaltılması açısından klinik olarak değer taşımaktadır.

SONUÇ
Periapikal lezyonların yönetiminde başarılı bir tedavi yaklaşımı, tek bir tanısal bulguya veya tek bir tedavi modalitesine indirgenmemelidir. Klinik semptomlar, pulpal durum, radyografik görünüm, lezyonun anatomik ilişkileri ve olası histopatolojik tanı birlikte değerlendirilerek olguya özgü bir tedavi planı oluşturulmalıdır. Bu bağlamda endodontik tedavi, primer enfeksiyon kaynağının kontrol altına alınması açısından temel basamağı oluştururken; cerrahi yaklaşım seçilmiş olgularda tanısal ve terapötik süreci destekleyen tamamlayıcı bir seçenek olarak değerlendirilebilir.
Radyografik olarak benzer görünüme sahip periapikal lezyonların histopatolojik açıdan farklı özellikler gösterebilmesi, kesin tanı için patolojik incelemenin önemini ortaya koymaktadır. Bu nedenle özellikle kist/granülom ayrımının klinik ve radyografik olarak net yapılamadığı, cerrahi olarak çıkarılan veya tanısal doğrulama gerektiren lezyonlarda histopatolojik değerlendirme tedavi sürecinin ayrılmaz bir parçası olmalıdır.

Bu olgu, periapikal lezyonlarda multidisipliner yaklaşımın klinik karar verme sürecindeki değerini göstermektedir. Endodontik ve cerrahi tedavi seçeneklerinin uygun sırayla ve birbirini tamamlayacak şekilde planlanması, hem enfeksiyon kontrolünü hem de lezyonun güvenilir biçimde değerlendirilmesini mümkün kılar. Bununla birlikte, kısa dönem klinik iyileşme tedavi başarısını tek başına göstermek için yeterli değildir; periapikal kemik iyileşmesinin değerlendirilebilmesi için uzun dönem klinik ve radyografik takip gereklidir.

KAYNAKÇA

De Rosa, C. S., Bergamini, M. L., Palmieri, M., Sarmento, D. J. de S., de Carvalho, M. O., Ricardo, A. L. F., Hasseus, B., Jonasson, P., Braz-Silva, P. H., & Ferreira Costa, A. L. (2020). *Differentiation of periapical granuloma from radicular cyst using cone beam computed tomography images texture analysis. Heliyon, 6*(10), e05194. https://doi.org/10.1016/J.HELIYON.2020.E05194

Duncan, H. F., Kirkevang, L. L., Peters, O. A., El-Karim, I., Krastl, G., Del Fabbro, M., Chong, B. S., Galler, K. M., Segura-Egea, J. J., & Kebschull, M. (2023). *Treatment of pulpal and apical disease: The European Society of Endodontology (ESE) S3-level clinical practice guideline. International Endodontic Journal, 56*(S3), 238-295. https://doi.org/10.1111/IEJ.13974

Lin, L. M., Ricucci, D., Lin, J., & Rosenberg, P. A. (2009). *Nonsurgical root canal therapy of large cyst-like inflammatory periapical lesions and inflammatory apical cysts. Journal of endodontics, 35*(5), 607-615. https://doi.org/10.1016/J.JOEN.2009.02.012

Nair, P. N. R. (2006). *On the causes of persistent apical periodontitis: a review. International Endodontic Journal, 39*(4), 249-281. https://doi.org/10.1111/J.1365-2591.2006.01099.X

Nair, P. N. R., Pajarola, G., & Schroeder, H. E. (1996). *Types and incidence of human periapical lesions obtained with extracted teeth. Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontology, 81*(1), 93-102. https://doi.org/10.1016/S1079-2104(96)80156-9

MANDİBULAR KANİN VE PREMOLAR DİŞLERDE ÇOKLU KANAL ANATOMİSİ: VAKA SERİSİ

MULTIPLE-CANAL ANATOMY IN MANDIBULAR CANINES AND PREMOLARS: A CASE SERIES

Arş. Gör. Şeyma Eda AKIN
Erzincan Binali Yıldırım Üniversitesi, Diş Hekimliği Fakültesi Endodonti Anabilim Dalı
ORCID ID: 0009-0005-9280-2434

Dr. Öğr. Üyesi Merve KÖSETÜRK
Erzincan Binali Yıldırım Üniversitesi, Diş Hekimliği Fakültesi Endodonti Anabilim Dalı
ORCID ID: 0000-0001-8401-5098

ABSTRACT

Mandibular canines and premolars are conventionally described as single-rooted teeth with a single canal; however, clinically relevant anatomical variations, including multiple canal configurations, may be encountered. Failure to recognize these variations may compromise debridement and canal shaping, thereby increasing the risk of endodontic treatment failure. This case series aimed to present the diagnostic findings and endodontic management of multiple-canal anatomy identified in mandibular canines and premolars.

In this case series, a total of six cases, including three mandibular premolars and three mandibular canines with multiple-canal anatomy, were evaluated. Preoperative radiographs, working-length radiographs, and available final obturation images were examined. In one case, cone-beam computed tomography imaging was used for detailed assessment of the canal anatomy, and the canal orifices were visualized under a dental operating microscope. Canal configurations were evaluated according to Vertucci's classification based on the available radiographic and/or cone-beam computed tomography findings. The presence of multiple canals was determined by radiographic signs such as sudden disappearance of the canal path, widening of the root morphology, divergence of the canal trajectory, visualization of two separate canal paths on working-length radiographs, and cone-beam computed tomography/microscopic findings in the relevant case.

Multiple-canal anatomy in mandibular canines and premolars represents a clinically significant anatomical variation that requires systematic evaluation during endodontic treatment. Comprehensive assessment of periapical radiographic findings, interpretation of canal configurations according to Vertucci's classification, and the adjunctive use of cone-beam computed tomography and dental operating microscopy, when necessary, may enhance the accurate identification and clinical management of these complex canal anatomies.

Keywords: Mandibular canine, mandibular premolar, multiple-canal anatomy, Vertucci classification, endodontic treatment.

ÖZET

Mandibular kanin ve premolar dişler genellikle tek kök ve tek kanal anatomisiyle ilişkilendirilse de, bu dişlerde çoklu kanal konfigürasyonları görülebilmektedir. Bu anatomik varyasyonların gözden kaçırılması, endodontik tedavide yetersiz debridman, eksik şekillendirme ve tedavi başarısızlığı riskini artırabilir. Bu vaka serisinin amacı, mandibular kanin ve premolar dişlerde saptanan çoklu kanal anatomisinin tanısal bulgularını ve endodontik yönetimini sunmaktır.

Bu vaka serisinde, çoklu kanal anatomisi saptanan üç mandibular premolar ve üç mandibular kanin olmak üzere toplam altı olgu değerlendirildi. Olguların preoperatif radyografileri, çalışma boyu radyografileri ve mevcut final obturasyon görüntüleri incelendi. Bir olguda kanal anatomisinin ayrıntılı değerlendirilmesi amacıyla konik ışınlı bilgisayarlı tomografi görüntülemesinden yararlanıldı ve dental operasyon mikroskobu altında kanal girişleri görüntülendi. Kanal konfigürasyonları, mevcut radyografik ve/veya CBCT bulguları doğrultusunda Vertucci sınıflamasına göre değerlendirildi. Çoklu kanal varlığı; radyografide kanal izinin ani kaybolması, kök morfolojisindeki genişleme, kanal seyrindeki ayrılma, çalışma boyu radyografilerinde iki ayrı kanal yolunun izlenmesi ve ilgili olguda CBCT/mikroskop bulguları ile belirlendi.

Mandibular kanin ve premolar dişlerde çoklu kanal anatomisi, endodontik tedavi sırasında dikkatle araştırılması gereken önemli bir varyasyondur. Periapikal radyografilerin dikkatli değerlendirilmesi, kanal konfigürasyonlarının Vertucci sınıflamasına göre yorumlanması ve gerekli olgularda CBCT ile mikroskop desteğinden yararlanılması, bu varyasyonların tanınmasına katkı sağlayabilir.
Anahtar Kelimeler: Mandibular kanin, mandibular premolar, çoklu kanal anatomisi, Vertucci sınıflaması, endodontik tedavi.

GİRİŞ

Endodontik tedavinin başarısı, kök kanal sisteminin tüm anatomik bileşenlerinin doğru şekilde saptanmasına, kemomekanik olarak temizlenmesine, şekillendirilmesine ve üç boyutlu olarak obture edilmesine bağlıdır. Kök kanal anatomisi çoğu zaman belirli morfolojik kalıplar üzerinden değerlendirilse de,klinik uygulamada kanal ayrılmaları, kanal birleşmeleri, aksesuar kanallar ve çoklu kanal konfigürasyonları gibi çeşitli anatomik varyasyonlarla karşılaşılabilmektedir. Bu varyasyonların tedavi sırasında gözden kaçırılması, kanal sisteminin yetersiz debridmanına, enfekte doku artıklarının uzaklaştırılamamasına ve sonuç olarak endodontik tedavi başarısızlığına yol açabilir (Cantatore vd., 2006).

Mandibular kanin ve premolar dişler genellikle tek kök ve tek kanal anatomisi ile ilişkilendirilmekle birlikte, bu dişlerde iki kanal, kanal bifurkasyonu, kanalın apikal bölgede ayrılması veya yeniden birleşmesi gibi farklı kanal konfigürasyonları görülebilmektedir. Vertucci tarafından tanımlanan kök kanal sınıflaması, kanal sistemlerinin morfolojik olarak değerlendirilmesinde yaygın biçimde kullanılan temel sınıflamalardan biridir (Vertucci, 1984). Özellikle mandibular premolar dişler, kök ve kanal anatomisindeki değişkenlik nedeniyle endodontik tedavi sırasında dikkatli değerlendirilmesi gereken dişler arasında yer almaktadır (Cleghorn vd., 2007). Türk popülasyonunda yapılan çalışmalar da mandibular premolar ve kanin dişlerde kök kanal anatomisinin bireyler arasında değişkenlik gösterebildiğini ortaya koymaktadır. Sert ve Bayırlı (2004), Türk popülasyonunda daimi dişlerin kök kanal konfigürasyonlarında farklı morfolojik paternler bulunabileceğini bildirmiştir (Sert & Bayırlı, 2004). Ok vd.(2014) CBCT ile yaptıkları çalışmada mandibular premolarların çoğunlukla tek kanallı olduğunu, ancak iki veya daha fazla kanal içeren varyasyonların da görülebildiğini rapor etmiştir (Ok vd., 2014). Benzer şekilde, Sağlam ve Girayhan Başeski (2025), mandibular birinci premolarlarda en sık Vertucci Tip I morfolojinin izlendiğini, ancak Tip V başta olmak üzere farklı kanal konfigürasyonlarının da saptanabildiğini belirtmiştir (Sağlam & Girayhan Başeski, 2025). Mandibular kaninler için yapılan güncel bir CBCT çalışmasında ise Tip I konfigürasyonun en sık morfoloji olduğu, bununla birlikte Tip III başta olmak üzere farklı kanal varyasyonlarının da izlenebildiği bildirilmiştir (Magat & Uzun, 2024).

Bu nedenle mandibular kanin ve premolar dişlerde endodontik tedavi planlanırken tek kanal varsayımıyla hareket edilmemeli; preoperatif radyografiler dikkatle değerlendirilmeli, kanal izinin ani kaybolması, kök formunda genişleme veya çalışma boyu radyografilerinde ayrı kanal yollarının izlenmesi gibi bulgular ek kanal varlığı açısından uyarıcı kabul edilmelidir. Bu vaka serisinin amacı, mandibular kanin ve premolar dişlerde saptanan çoklu kanal anatomisinin radyografik tanı bulgularını, Vertucci sınıflamasına göre morfolojik değerlendirmesini ve endodontik yönetimini sunmaktır.

ARAŞTIRMA VE BULGULAR

Olgu Serisi

Bu vaka serisinde, endodontik tedavi sürecinde çoklu kanal anatomisi saptanan üç mandibular premolar ve üç mandibular kanin olmak üzere toplam altı olgu değerlendirildi. Olguların preoperatif periapikal radyografileri, çalışma boyu radyografileri ve mevcut final obturasyon görüntüleri incelendi. Çoklu kanal varlığı; preoperatif radyografide kanal izinin kök boyunca devamlılığını kaybetmesi, kanal lümeninin orta veya apikal üçlüde ani olarak kaybolması, kök morfolojisinde bukkolingual genişleme izlenimi, çalışma boyu radyografilerinde iki ayrı kanal yolunun takip edilmesi ve final obturasyon görüntülerinde birden fazla kanal dolgusunun izlenmesiyle değerlendirildi. Radyografik olarak şüpheli bulunan olgularda farklı açılı periapikal radyografiler tanısal sürece katkı sağladı.

Bir olguda kanal anatomisinin iki boyutlu radyografilerle yeterli düzeyde değerlendirilememesi nedeniyle konik ışınlı bilgisayarlı tomografi görüntülemesinden yararlanıldı. CBCT kesitlerinde kanalın kök içindeki seyri aksiyal, sagittal ve koronal düzlemlerde incelendi.

Aynı olguda dental operasyon mikroskobu altında pulpa odası tabanı değerlendirilerek ek kanal girişinin lokalizasyonu doğrulandı. Kanal konfigürasyonları, mevcut radyografik ve/veya CBCT bulguları doğrultusunda Vertucci sınıflamasına göre yorumlandı.

Klinik ve Radyografik Değerlendirme

Olguların radyografik değerlendirmesinde kök morfolojisi, kanal lümeninin seyri, kanal izinin sürekliliği, kanalın kök içinde ani daralma veya kaybolma göstermesi ve final obturasyon görüntülerinde birden fazla kanal dolgusunun izlenmesi dikkate alındı. Mandibular premolar olgularında, özellikle final obturasyon radyografilerinde tek kök içerisinde iki ayrı kanal dolgusunun izlenmesi çoklu kanal anatomisini destekleyen temel bulgu olarak değerlendirildi. Bu olgularda kanal ayrımının kökün orta veya apikal üçlü bölgesinde belirginleştiği gözlendi.

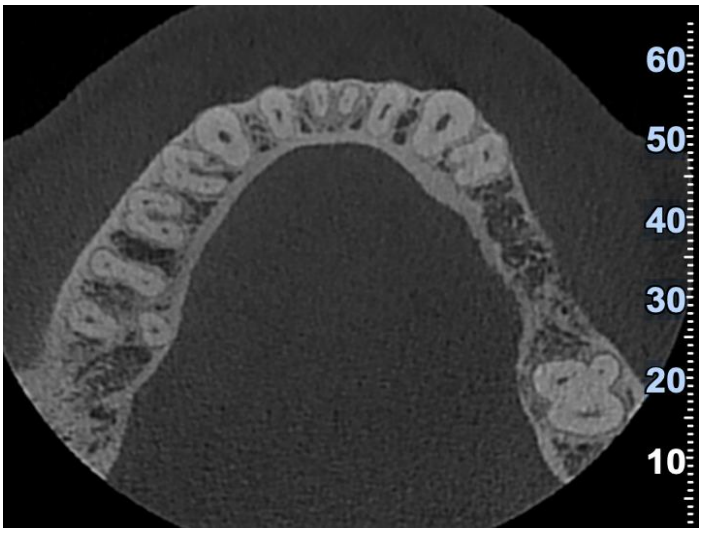
Mandibular kanin olgularında ise klasik tek kanal anatomisinden farklı olarak iki kanal varlığını düşündüren radyografik bulgular izlendi. Kanal izinin kök boyunca devamlılığını kaybetmesi, kanal seyrinin eksantrik görünüm göstermesi ve final obturasyon görüntülerinde birden fazla kanal yolunun takip edilebilmesi, çoklu kanal anatomisinin belirlenmesinde önemli kriterler olarak değerlendirildi.

Kanal Konfigürasyonlarının Değerlendirilmesi

Kanal konfigürasyonları mevcut radyografik bulgular ve gerekli olguda CBCT görüntüleri doğrultusunda Vertucci sınıflaması temel alınarak değerlendirildi. Değerlendirmede kanalın pulpa odasından çıkış şekli, kök boyunca izlediği seyir, ayrılma veya birleşme paterni ve apikal sonlanım biçimi dikkate alındı.

Final obturasyon radyografilerinde bazı olgularda iki ayrı kanal dolgusunun kök boyunca bağımsız şekilde takip edilebildiği, bazı olgularda ise kanal ayrımının kökün orta veya apikal üçlü bölgesinde belirginleştiği izlendi. Bu bulgular doğrultusunda söz konusu olgular Vertucci sınıflamasına göre değerlendirildi.

Kompleks kanal anatomisi saptanan olguda ise iki boyutlu periapikal radyografik değerlendirmeye ek olarak CBCT görüntülemesinden yararlanıldı. Aksiyal kesitlerde ilgili mandibular dişte çoklu kanal morfolojisi izlendi. Dental operasyon mikroskobu altında dört ayrı kanal girişi saptanan olguda, kanal sisteminin kökün devamında birleşme göstererek iki ana kanal yoluna dönüştüğü belirlendi. Bu morfoloji, klasik Vertucci sınıflamasına doğrudan uymayan kompleks kanal konfigürasyonu olarak değerlendirildi (Şekil 1).



Şekil 1. Kompleks kanal anatomisi gösteren olguya ait CBCT aksiyal kesit görüntüsü. İlgili mandibular dişte çoklu kanal morfolojisi izlenmektedir. Kanal sistemi, klasik Vertucci sınıflamasına doğrudan uymayan kompleks konfigürasyon olarak değerlendirilmiştir.

Tablo 1. Mandibular kanin ve premolar dişlerde saptanan çoklu kanal anatomisine ait olguların klinik ve radyografik özellikleri

Olgu No	Diş No	Radyografik/Klinik Bulgu	Kanal Paterni	Vertucci Tipi
1	33	Tek kök içerisinde kanal dallanması izlenmektedir.	Tek kanal başlar, apikalde iki ayrı kanala ayrılır.	Tip V
2	34	Kök içerisinde iki ayrı kanal seyri izlenmektedir.	İki ayrı kanal başlar ve iki ayrı kanal olarak sonlanır.	Tip IV
3	43	Kanal seyrinde ayrılma ve çift kanal varlığını düşündüren radyografik görünüm izlenmektedir.	İki kanal başlar, apikalde birleşerek tek foramenle sonlanır.	Tip II
4	43	Kanal seyrinde ayrılma ve çift kanal varlığını düşündüren radyografik görünüm izlenmektedir.	İki kanal başlar, apikalde birleşerek tek foramenle sonlanır.	Tip II
5	44	Radyografide tek kanal olarak başlayan ve apikal bölgede iki ayrı kanala ayrılan kanal anatomisi izlenmektedir.	Tek kanal başlar, apikalde iki ayrı kanala ayrılır.	Tip V
6	45	Mikroskop altında dört ayrı kanal girişi saptanmış; CBCT değerlendirmesinde kanal sisteminin kökün devamında iki ana kanal yoluna dönüştüğü izlenmiştir.	Dört kanal girişiyle başlayıp kökün devamında iki ana kanal yoluna dönüşen kompleks kanal konfigürasyonu izlenmektedir.	Vertucci sınıflamasına doğrudan uymayan kompleks konfigürasyon

Tablo 1 Olguların diş numarası, temel radyografik bulguları ve kanal konfigürasyonlarına ilişkin değerlendirmeler Tablo 1'de özetlenmiştir. Radyografilerde çift kanal anatomisi izlenen olgularda Vertucci sınıflaması temel alınmış; CBCT ve dental operasyon mikroskobu ile değerlendirilen kompleks olgu ise Vertucci sınıflamasına doğrudan uymayan kompleks bir kanal konfigürasyonu olarak ele alınmıştır.

TARTIŞMA

Kök kanal morfolojisinin doğru şekilde belirlenmesi, endodontik tedavinin başarısını doğrudan etkileyen temel faktörlerden biridir. Ek kanal veya kompleks kanal konfigürasyonlarının gözden kaçırılması; yetersiz kemomekanik preparasyon, eksik irrigasyon, persistan enfeksiyon ve buna bağlı tedavi başarısızlığı ile sonuçlanabilir. Bu nedenle kök kanal anatomisinin yalnızca klasik morfolojik beklentiler doğrultusunda değil, olguya özgü anatomik varyasyonlar dikkate alınarak değerlendirilmesi gerekmektedir (Ok vd., 2014).

Vertucci sınıflaması, kök kanal sistemlerinin morfolojik değerlendirilmesinde yaygın olarak kullanılan temel sınıflamalardan biridir. Bu sınıflama sekiz farklı kanal konfigürasyonunu tanımlar: Tip I, tek kanalın tek apikal foramenle sonlanması; Tip II, iki kanalın birleşerek tek foramenle sonlanması; Tip III, tek kanalın ikiye ayrılıp tekrar birleşmesi; Tip IV, iki ayrı kanalın kök boyunca bağımsız seyretmesi; Tip V, tek kanalın apikal bölgede iki ayrı kanala ayrılması; Tip VI, iki kanalın birleşip tekrar ayrılması; Tip VII, tek kanalın ayrılıp birleşerek yeniden ayrılması; Tip VIII ise üç ayrı kanalın kök boyunca bağımsız seyretmesi şeklinde tanımlanır (Vertucci, 1984).Bununla birlikte, özellikle çoklu kanal girişleri, birleşme-ayrılma paternleri ve aksesuar kanal yapıları bulunan kompleks olgularda Vertucci sınıflaması her zaman kanal anatomisini tamamen açıklamakta yeterli olmayabilir. Nitekim güncel kanin CBCT çalışmasında, değerlendirilen kaninlerin %10'dan fazlasında Vertucci sınıflamasına tam olarak uymayan morfolojiler saptanmıştır (Magat & Uzun, 2024).

Mandibular premolar dişler çoğunlukla tek kök ve tek kanal anatomisiyle ilişkilendirilmesine rağmen, literatür bu dişlerin kanal morfolojisinin oldukça değişken olabileceğini göstermektedir.

Cleghorn ve arkadaşlarının literatür derlemesinde mandibular birinci premolarlarda iki veya daha fazla kanal görülme oranı %24,2 olarak bildirilmiştir.
Mandibular ikinci premolarlarda ise tek kanal morfolojisi daha baskın olup, iki veya daha fazla kanal görülme oranı yaklaşık %9 olarak rapor edilmiştir (Cleghorn vd., 2007).Bu veriler, özellikle mandibular birinci premolarların çoklu kanal anatomisi açısından dikkatle değerlendirilmesi gerektiğini göstermektedir.
Türk popülasyonunda CBCT ile yapılan geniş örneklemli bir çalışmada, mandibular birinci premolarlarda tek kanal oranı %93,5, iki kanal oranı %6,5 ve üç kanal oranı %0,06 olarak bildirilmiştir. Aynı çalışmada mandibular birinci premolarlarda en sık Vertucci Tip I konfigürasyonun izlendiği (%92,8), bunu Tip V, Tip IV, Tip III, Tip II ve Tip VIII konfigürasyonlarının izlediği belirtilmiştir. Mandibular ikinci premolarlarda ise tek kanal oranı %98,5, iki kanal oranı %1,3 ve üç kanal oranı %0,2 olarak rapor edilmiştir. Bu oranlar, çoklu kanal konfigürasyonlarının görece düşük sıklıkta görülmesine karşın, tedavi başarısını doğrudan etkileyebilecek klinik öneme sahip olduğunu göstermektedir (Ok vd., 2014).
Mevcut vaka serisinde mandibular premolar olgularında saptanan çift kanal anatomisi, literatürde daha düşük oranlarda bildirilen ancak klinik açıdan kritik öneme sahip varyasyonlarla uyumludur. Özellikle Vertucci Tip III, Tip IV ve Tip V konfigürasyonları, iki boyutlu periapikal radyografilerde kolaylıkla gözden kaçabilir. Tip V konfigürasyonda kanalın tek kanal şeklinde başlayıp apikal bölgede ikiye ayrılması, Tip III konfigürasyonda kanalın ayrılıp tekrar birleşmesi ve Tip IV konfigürasyonda kanalların bukkolingual yönde süperpoze olabilmesi, bu varyasyonların radyografik olarak fark edilmesini güçleştirebilir. Bu nedenle mandibular premolarlarda kanal izinin ani kaybolması, kanal lümeninin kökün orta veya apikal üçlüsünde daralması, kök formunun alışılmıştan geniş görünmesi ve çalışma boyu radyografilerinde eğelerin farklı doğrultularda seyretmesi ek kanal varlığı açısından uyarıcı bulgular olarak değerlendirilmelidir.
Mandibular kanin dişler de sıklıkla tek kök ve tek kanal morfolojisiyle tanımlanmakla birlikte, bu dişlerde iki kanal veya daha kompleks kanal konfigürasyonları görülebilmektedir. Türk alt popülasyonunda yapılan güncel bir CBCT çalışmasında mandibular kaninlerde en sık Vertucci Tip I konfigürasyonun izlendiği; sağ mandibular kaninde Tip I oranının %82,0, sol mandibular kaninde ise %81,6 olduğu bildirilmiştir. Aynı çalışmada mandibular kaninlerde Tip III ve Tip V konfigürasyonların Tip I'den sonra en sık görülen morfolojiler arasında yer aldığı, iki köklü kaninlerin ise mandibulada maksillaya kıyasla daha sık görüldüğü belirtilmiştir. Bu bulgular, mandibular kaninlerde çoklu kanal anatomisinin nadir olmakla birlikte klinik olarak göz ardı edilmemesi gereken bir varyasyon olduğunu desteklemektedir (Magat & Uzun, 2024).
Bu vaka serisinde mandibular kanin ve premolar olgularında saptanan çift kanal anatomisi, kanin ve premolar dişlerde klasik tek kanal varsayımının her zaman güvenilir olmadığını göstermektedir. Özellikle radyografide kanal izinin kökün orta veya apikal üçlüsünde ani olarak kaybolması, kanalın kök içerisinde eksantrik konumlanması veya radyografik görüntülerinde birden fazla kanal yolunun izlenmesi, ek kanal varlığını düşündüren önemli bulgulardır. Bu nedenle mandibular kanin ve premolar dişlerde de kanal anatomisinin tedavi öncesinde ve tedavi sırasında sistematik olarak değerlendirilmesi gerekmektedir.
Bu vaka serisinin dikkat çekici bulgularından biri, CBCT ve dental operasyon mikroskobu ile değerlendirilen kompleks olguda dört ayrı kanal girişinin saptanması ve kanal sisteminin kökün devamında iki ana kanal yoluna dönüşmesidir. Bu morfoloji, klasik Vertucci sınıflamasına doğrudan uymayan kompleks bir kanal anatomisi olarak değerlendirilmiştir. Bu bulgu, Vertucci sınıflamasının klinik değerlendirmede önemli bir rehber olduğunu; ancak her kompleks kanal paternini açıklamakta yeterli olmayabileceğini göstermektedir. Dolayısıyla kanal konfigürasyonları değerlendirilirken sınıflama sistemleri yol gösterici olarak kullanılmalı, ancak her olgunun kendi anatomik özellikleri ayrıca dikkate alınmalıdır.
Periapikal radyografiler endodontik tanı ve tedavi planlamasında temel görüntüleme yöntemlerinden biri olmakla birlikte, iki boyutlu görüntüleme nedeniyle bukkolingual yönde konumlanan kanalların süperpoze olması çoklu kanal anatomisinin saptanmasını güçleştirebilir. Bu nedenle şüpheli olgularda farklı horizontal açılarla alınan periapikal radyografiler, kanal sayısı ve kanal ayrılma paterninin değerlendirilmesine katkı sağlayabilir.

Bununla birlikte, iki boyutlu radyografilerle kanal morfolojisinin yeterli düzeyde açıklanamadığı veya kompleks anatomi şüphesinin devam ettiği olgularda CBCT, kök kanal sisteminin aksiyal, sagittal ve koronal düzlemlerde üç boyutlu olarak değerlendirilmesine olanak tanır. Güncel AAE/AAOMR pozisyon bildirisi de CBCT'nin endodontide klinik endikasyon doğrultusunda ve seçici biçimde kullanılmasını vurgulamaktadır (Sousa Melo vd., 2026).

Dental operasyon mikroskobu ve diğer büyütme sistemleri de ek kanal girişlerinin belirlenmesinde önemli yardımcı yöntemlerdir. Artırılmış büyütme ve aydınlatma, pulpa odası tabanındaki renk, doku ve anatomik farklılıkların daha net değerlendirilmesini sağlayarak gizli, dar veya eksantrik yerleşimli kanal girişlerinin saptanmasına katkıda bulunabilir. Bu vaka serisindeki kompleks olguda mikroskop altında dört ayrı kanal girişinin belirlenmesi, magnifikasyon desteğinin özellikle alışılmışın dışında kanal morfolojilerinde klinik karar sürecine katkı sağlayabileceğini göstermektedir. Literatürde magnifikasyon kullanımının ek kanal tespit oranını artırabileceği bildirilmiş; AAE de mikroskobun modern endodontik uygulamalarda önemli bir araç olduğunu vurgulamıştır (AAE Position Statement: Use of Microscopes and Other Magnification Techniques, 2012; Buhrley vd., 2002).

Bu vaka serisinin temel klinik mesajı, mandibular kanin ve premolar dişlerde tek kanal anatomisinin yaygın olmakla birlikte mutlak kabul edilmemesi gerektiğidir. Özellikle mandibular premolarlarda Tip III, Tip IV ve Tip V gibi daha az görülen ancak radyografik olarak gözden kaçma riski taşıyan kanal konfigürasyonları; mandibular kaninlerde ise çift kanal veya kompleks kanal anatomileri tedavi başarısı açısından dikkatle araştırılmalıdır. Preoperatif radyografilerin dikkatli değerlendirilmesi, farklı açılı radyografilerden yararlanılması, gerekli olgularda CBCT kullanımı ve dental operasyon mikroskobu ile magnifikasyon desteği, bu varyasyonların tanınmasına ve tüm kanal sisteminin tedaviye dahil edilmesine katkı sağlayabilir.

SONUÇ

Mandibular kanin ve premolar dişlerde çoklu kanal anatomisi, endodontik tedavi sırasında dikkatle araştırılması gereken önemli bir anatomik varyasyondur. Kanal izinin radyografide ani kaybolması, kök morfolojisinde genişleme, çalışma boyu görüntülerinde farklı kanal yollarının izlenmesi ve final obturasyonda birden fazla kanal dolgusunun saptanması ek kanal varlığı açısından uyarıcı bulgular olarak değerlendirilmelidir. Vertucci sınıflaması kanal konfigürasyonlarının sistematik yorumlanmasına katkı sağlasa da, kompleks olgularda CBCT, açılı periapikal radyografiler ve dental operasyon mikroskobu gibi yardımcı yöntemlerden yararlanılması tedavi başarısı açısından önemlidir.

KAYNAKÇA

AAE Position Statement: Use of Microscopes and Other Magnification Techniques. (2012). https://doi.org/10.1016/S0099-2399(12)00624-3

Buhrley, L. J., Barrows, M. J., BeGole, E. A., & Wenckus, C. S. (2002). *Effect of Magnification on Locating the MB2 Canal in Maxillary Molars. Journal of Endodontics, 28*(4), 324-327. https://doi.org/10.1097/00004770-200204000-00016

Cantatore, G., Beruttı, E., & Castellucci, A. (2006). *Missed anatomy: frequency and clinical impact. Endodontic Topics, 15*(1), 3-31. https://doi.org/10.1111/J.1601-1546.2009.00240.X

Cleghorn, B. M., Christie, W. H., & Dong, C. C. S. (2007). *The root and root canal morphology of the human mandibular second premolar: a literature review. Journal of endodontics, 33*(9), 1031-1037. https://doi.org/10.1016/J.JOEN.2007.03.020

Cleghorn, B. M., Christie, W. H., & Dong, C. C. S. (2007). *The root and root canal morphology of the human mandibular first premolar: A literature review.* Journal of Endodon*tics, 33*(5), 509–516. https://doi.org/10.1016/j.joen.2006.11.004

Magat, G., & Uzun, S. (2024). *Evaluation of root and root canal morphology of mandibular and maxillary canine teeth in Turkish subpopulation by cone beam computed tomography with using two classification systems. BMC Oral Health, 24*(1), 1499-. https://doi.org/10.1186/S12903-024-05252-Z/TABLES/6

Ok, E., Altunsoy, M., Nur, B. G. ülsüm, Aglarci, O. S. ami, Çolak, M., & Güngör, E. (2014). *A cone-beam computed tomography study of root canal morphology of maxillary and mandibular premolars in a Turkish population. Acta odontologica Scandinavica, 72*(8), 701-706. https://doi.org/10.3109/00016357.2014.898091

Sağlam, H., & Girayhan Başeski, E. (2025). *Anatomy and Morphology of Lower First Premolar Teeth in a Turkish Subpopulation: Cone Beam Computed Tomography Study*. *Clin Exp Health Sci*. https://doi.org/10.33808/clinexphealthsci.1602573

Sert, S., & Bayirli, G. S. (2004). *Evaluation of the root canal configurations of the mandibular and maxillary permanent teeth by gender in the Turkish population. Journal of endodontics, 30*(6), 391-398. https://doi.org/10.1097/00004770-200406000-00004

Sousa Melo, S. L., Fayad, M. I., Gohel, A., Johnson, B. R., Kalathingal, S., Mahdian, M., Nair, M., Setzer, F. C., & Makins, S. R. (2026). *AAE and AAOMR Joint Position Statement: Use of Cone-Beam Computed Tomography in Endodontics* 2025 Update. *Oral surgery, oral medicine, oral pathology and oral radiology, 141*(1), 126-135. https://doi.org/10.1016/J.OOOO.2025.09.013

Vertucci, F. J. (1984). *Root canal anatomy of the human permanent teeth. Oral surgery, oral medicine, and oral pathology, 58*(5), 589-599. https://doi.org/10.1016/0030-4220(84)90085-9

İSKEMİ-REPERFÜZYON HASARININ BAZI DENEYSEL MODELLERLE İNCELENMESİ: ORGAN VE DOKU DÜZEYİNDE SPESİFİK UYGULAMA PROSEDÜRLERİ

INVESTIGATION OF ISCHEMIA-REPERFUSION INJURY USING SOME EXPERIMENTAL MODELS: ORGAN AND TISSUE-SPECIFIC APPLICATION PROCEDURES

Assos. Prof. Dr. Şaban Cem SEZEN
Kırıkkale University Faculty of Medicine, Department of Histology & Embryology, Kırıkkale TÜRKİYE
ORCID: 0000-0003-3996-7692

Abstract
This study aims to systematically compile experimental ischemia/reperfusion (IR) models across different organs and tissues, thereby elucidating inter-organ variations in injury and providing a methodological reference for translational research. Understanding the cellular and molecular mechanisms underlying IR injury is crucial for the development of effective pharmacological and surgical strategies. Through animal models, we sought to contribute to the comprehension of IR-related damage observed in clinical contexts such as sepsis, inflammation, surgical interventions, organ transplantation, tumor progression, and shock. Standardized IR protocols were applied to the brain, kidney, liver, lower extremity, ovary, small intestine, testis, heart, lung, spinal cord, and sciatic nerve in rats. Ischemia and reperfusion durations were defined, clamp points were anatomically determined, and post-reperfusion tissue samples were analyzed using histopathological, biochemical, and immuno histochemical methods. Histopathological examinations revealed marked increases in edema, necrosis, and inflammation following reperfusion. Biochemical analyses demonstrated elevated malondialdehyde (MDA) levels, accompanied by decreased superoxide dismutase (SOD), catalase (CAT), and glutathione (GSH) levels. Immunohistochemical findings indicated significant upregulation of TNF-α, IL-6, and NF-κB expression after reperfusion. Statistical analyses confirmed significant differences among groups across all parameters ($p<0.05$). By presenting standardized IR models for multiple organs and tissues with visual and tabular support, this study provides a robust methodological reference with high clinical relevance for experimental research. The findings highlight that reperfusion triggers oxidative stress and inflammatory processes, with distinct inter-organ variations. This work establishes a practical foundation for the development of future pharmacological and surgical interventions.
Keywords: İschemia, Reperfusion, Rat, Experimental Model, Oxidative Stress, Histopathology

Özet
Bu çalışma, farklı organ ve dokulara ait deneysel iskemi/reperfüzyon (IR) modellerini sistematik biçimde derleyerek, organlar arası hasar farklılıklarını ortaya koymayı ve deneysel araştırmalara metodolojik bir referans sağlamayı hedeflemektedir. İskemi-reperfüzyonun neden olduğu hücresel ve moleküler mekanizmaların anlaşılması, farmakolojik ve cerrahi tedavi stratejilerinin geliştirilmesinde kritik bir rol oynamaktadır. Deneysel hayvan modelleri aracılığıyla sepsis, inflamasyon, cerrahi girişimler ve şok gibi durumlarda ortaya çıkan IR hasarının daha iyi kavranması amaçlanmıştır. Çalışmada sıçanlarda beyin, böbrek, karaciğer, alt ekstremite, yumurtalık, ince bağırsak, testis, kalp, akciğer, spinal kord ve siyatik sinir üzerinde standartlaştırılmış IR protokolleri uygulanmıştır. İskemi ve reperfüzyon süreleri belirlenmiş, klemp noktaları anatomik olarak tanımlanmış ve reperfüzyon sonrası elde edilen doku örnekleri histopatolojik, biyokimyasal ve immün histokimyasal yöntemlerle analiz edilmiştir. Histopatolojik incelemeler reperfüzyon sonrası ödem, nekroz ve inflamasyonun belirgin şekilde arttığını göstermiştir. Biyokimyasal analizlerde malondialdehit (MDA) düzeylerinde anlamlı artış, süperoksit dismutaz (SOD), katalaz (CAT) ve glutatyon (GSH) düzeylerinde ise azalma saptanmıştır. İmmünohistokimyasal bulgular reperfüzyon sonrası TNF-α, IL-6 ve NF-κB ekspresyonunun anlamlı düzeyde yükseldiğini ortaya koymuştur. İstatistiksel analizler tüm parametrelerde gruplar arasında anlamlı farklar olduğunu doğrulamıştır ($p<0.05$). Bu çalışma, farklı organ ve dokular için standartlaştırılmış IR modellerini görsel ve tablo destekli biçimde sunarak deneysel araştırmalara yüksek klinik geçerliliğe sahip güçlü bir referans sağlamaktadır.

Bulgular, reperfüzyonun oksidatif stres ve inflamatuvar süreçleri tetiklediğini ve organlar arası farklılıklar gösterdiğini ortaya koymaktadır. Çalışma, gelecekte geliştirilecek farmakolojik ve cerrahi stratejiler için uygulama odaklı bir temel oluşturmaktadır.
Anahtar Kelimeler: İskemi, Reperfüzyon, Sıçan, Deneysel Model, Oksidatif Stres, Histopatoloji

GİRİŞ

İskemi, dokulara kan akışının geçici veya kalıcı olarak kesilmesi sonucunda gelişen hipoksi ve metabolik bozukluklarla karakterize edilen bir süreçtir. (Soares, 2019) Bu durum, hücrelerin enerji metabolizmasında ciddi aksamalara yol açarak iyon dengesi, membran bütünlüğü ve hücresel homeostazın bozulmasına neden olur. Reperfüzyon ise iskemi sonrası kan akışının yeniden sağlanmasıdır. Ancak reperfüzyon, paradoksal biçimde, dokularda ek hasar meydana getirebilir. Bu olgu iskemi/reperfüzyon (IR) hasarı olarak tanımlanmakta olup oksidatif stres, inflamatuvar yanıt, hücresel nekroz ve apoptoz gibi çok yönlü mekanizmalarla ilişkilidir. (Gelen, 2023).

IR hasarı, klinik pratikte en sık karşılaşılan hücresel hasar türlerinden biri olarak karşımıza çıkmaktadır. Kardiyovasküler cerrahi, organ nakli, travmatik yaralanmalar, sepsis ve vasküler girişimler sırasında IR hasarı kritik bir sorun olarak ortaya çıkmakta ve çoklu organ yetmezliğine kadar ilerleyebilmektedir. (Eltzschig, 2011). İskemik dokunun reperfüzyonla yeniden oksijenlenmesi, iyileşme için gerekli olsa da serbest oksijen radikallerinin aşırı üretimi, lipid peroksidasyonu, mitokondriyal disfonksiyon ve inflamatuvar mediatörlerin salınımı ile ek hasara yol açmaktadır. Bu nedenle IR hasarı, yalnızca lokal doku düzeyinde değil, sistemik düzeyde de klinik sonuçlar doğurabilmektedir (Carden 2011).

Deneysel IR modelleri, bu karmaşık patofizyolojik sürecin anlaşılmasında kritik bir araştırma zemini sunmaktadır. Bugüne kadar kardiyak, serebral, renal, hepatik, intestinal ve testiküler IR modelleri literatürde geniş yer bulmuş; reperfüzyon hasarının farklı organlarda nasıl seyrettiği ayrıntılı biçimde incelenmiştir (Küçük, 2021). Bununla birlikte, spinal kord ve periferik sinir IR modelleri gibi daha az çalışılmış alanlar da deneysel ve klinik araştırmalar açısından büyük önem taşımaktadır. Bu modeller, klinik uygulamalara uyarlanabilirlikleri sayesinde farmakolojik ajanların etkinliğinin değerlendirilmesi ve yeni tedavi stratejilerinin geliştirilmesi için güvenilir bir platform sağlamaktadır (Jaeschke, 2012).

Dolayısıyla, IR hasarının moleküler düzeyde anlaşılması ve sıçanlarda oluşturulan deneysel modellerin doğru uygulanması, hem koruyucu hem de tedavi edici yaklaşımların geliştirilmesine katkı sağlayacaktır. Bu çalışmada, sıçanlarda farklı organ ve dokulara ait on ayrı IR modeli sistematik olarak tanımlanmış, tablo ve görseller halinde sunulmuştur. Amaç, reperfüzyon hasarının organlar arası farklılıklarını ortaya koymak, histopatolojik ve biyokimyasal bulguları karşılaştırmak ve translasyonel araştırmalara metodolojik bir referans sağlamaktır (Küçük, 2021).

İSKEMİ-REPERFÜZYON SONUCU HÜCRESEL HASARIN MOLEKÜLER MEKANİZMASI

Hipoksi ve Enerji Metabolizması: Hipoksi, mitokondride oksidatif fosforilasyonun baskılanmasına yol açarak hücreyi anaerobik metabolizmaya yönlendirir. ATP üretiminin azalması, iyon pompalarının işlevini yitirmesine ve hücre içi iyon dengesizliğine neden olur. Bu süreç hücresel ödem, asidoz ve membran bütünlüğünün bozulmasıyla sonuçlanır (Küçük, 2021; Chazelas, 2021).

İskemi Sürecinde Hücresel Değişiklikler: İskemi, dokulara kan akışının kesilmesiyle ortaya çıkan hipoksi ve metabolik bozuklukların temelini oluşturur. Hipoksik ortamda mitokondride oksidatif fosforilasyon baskılanır ve hücre enerji üretimini anaerobik glikoliz yoluyla sürdürmeye çalışır. Bu adaptif yanıt başlangıçta hücreyi korumaya yönelik olsa da, ATP üretiminde ciddi azalma meydana gelir. ATP yetersizliği, özellikle hücre zarındaki sodyum-potasyum pompasının işlevini bozarak iyon dengesizliğine yol açar. Hücre içine sodyum ve kalsiyum girişi artarken potasyum kaybı gerçekleşir; bu durum hücre içi suyun artmasına ve ödem gelişmesine neden olur. (Carden, 2000).

Enerji açığına yanıt olarak glikoliz hızlanır, ancak bu süreç laktat ve fosfat türevlerinin birikimine yol açarak hücre içi pH'ı düşürür ve asidoz oluşturur. Asidik ortam, enzim fonksiyonlarını bozarak protein denatürasyonuna ve organel fonksiyonlarının aksamasına neden olur. (Dorweiler 2007). Endoplazmik retikulumda ribozomların ayrılması, membran geçirgenliğinin artması ve hücre yüzeyinde tomurcuklanmalar gözlenir. Uzamış iskemi durumunda bu değişiklikler geri dönüşümsüz hale gelir ve nekrotik hücre ölümü başlar (Küçük, 2021).

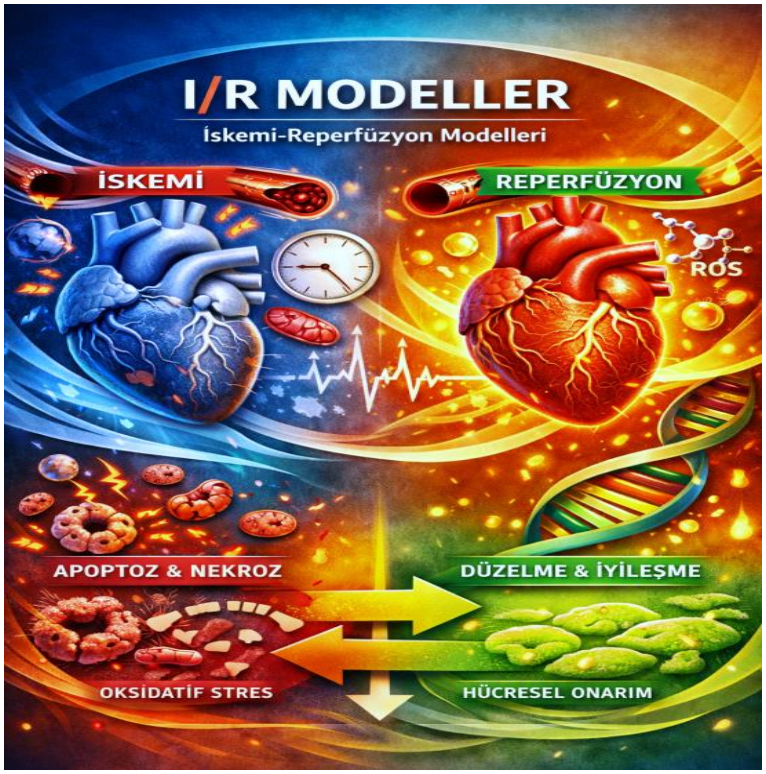
Reperfüzyon Dönemi: Reperfüzyon döneminde ise ek bir hasar mekanizması devreye girer. İskemi sırasında biriken hipoksantin, reperfüzyonla birlikte ksantin oksidaz aracılığıyla ksantine ve ürik aside

oksitlenir. Bu süreç, ani oksijen girişiyle birlikte süperoksit radikallerinin aşırı üretimine yol açar. Serbest oksijen radikalleri (ROS), lipid peroksidasyonu, DNA hasarı ve protein oksidasyonu gibi çok yönlü hücresel hasar mekanizmalarını tetikler. Ayrıca endotel hücrelerinde nötrofil adezyonunu artırarak inflamatuvar yanıtı güçlendirir. Kalsiyum taşınmasının bozulması mitokondriyal disfonksiyonu derinleştirir ve apoptoz ile nekroz süreçlerini hızlandırır. Sonuç olarak reperfüzyon, dokunun oksijenlenmesini sağlasa da paradoksal biçimde oksidatif stres ve inflamatuvar yanıt nedeniyle hasarı ağırlaştırır. (Carden, 2000).
Klinik Önemi: Bu mekanizmalar, miyokard enfarktüsü, serebral iskemi, renal hipoperfüzyon ve transplantasyon gibi klinik durumlarda gözlenen IR hasarının temelini oluşturur. (Eltzschig, 2011).

Tablo1: İskemi ve reperfüzyon döneminde hücresel-moleküler değişiklikler

Süreç/Dönem	Hücresel-Moleküler Değişiklikler	Sonuçlar
İskemi (Hipoksi)	ATP üretiminde azalma- Na^+/K^+ pompası işlev kaybı- Hücre içi Na^+ Ca^{2+} artışı- Hücresel ödem ve asidoz	Hücresel şişme, Geri dönüşümlü hücresel hasar
Uzamış iskemi	Membran bütünlüğünün bozulması- Ribozom ayrılması- Endoplazmik retikulum genişlemesi- Organellerde lamellar yapılar	Nekroz, geri dönüşümsüz hücre ölümü
Reperfüzyon	Ksantin oksidaz aktivasyonu- ROS üretimi artışı- Lipid peroksidasyonu-Nötrofil adezyonu- Kalsiyum taşınma bozukluğu	Oksidatif stres, inflamasyon, apoptoz/ nekroz
Klinik Sonuçlar	Miyokard enfarktüsü- İnme- Renal ve hepatik hasar- Transplantasyon sonrası doku hasarı	Çoklu organ yetmezliği riski

Oksidatif stres, hücresel fonksiyonların kapanmasına yol açan iskemi-reperfüzyon hasarının temel bileşenlerinden biridir. (Chazelas, 2021).Reaktif oksijen ve azot türlerinin kontrolsüz üretimi ile antioksidan savunma sistemleri arasındaki dengesizlik, hem fizyolojik sinyal iletimini hem de hücresel bileşenlerde hasarı tetikler (Dorweiler 2007). Bu çift yönlü etki, DNA hasarı gibi geri dönüşümsüz sonuçlara yol açabilir. Dolayısıyla oksidatif stres, hem adaptif hem de patolojik süreçleri içeren çok boyutlu bir olgudur. (Konishi, 2017). İskemi–Reperfüzyon sürecinde oksidatif stres ve hücresel onarım arasındaki dinamik denge şekil 1'de verilmiş olup, sol panel iskemi, sağ panel reperfüzyon fazını göstermektedir.



Şekil 1. Deneysel ischemia/reperfusion sürecinde oksidatif stres

Antioksidan Faktörler: Reaktif türlerin hücre içi ve hücre dışı üretimi, farklı antioksidan faktör (AO) türlerini içeren yoğun bir "antioksidan/redoks savunma ağı" tarafından sürekli olarak kontrol edilir. Mekanistik olarak, bunların çoğu aşağıdaki antioksidan mekanizmalarından biri aracılığıyla etki eder: (i) geçiş metal iyonlarının tutulması, (ii) reaktif türlerin temizlenmesi ve söndürülmesi, (iii) serbest radikaller tarafından sürdürülen zincir reaksiyonlarının sonlandırılması ve (iv) radikal hasarının moleküler onarımı. Genel olarak, antioksidan savunmada yüzlerce bileşik yer almaktadır (Küçük, 2021).
Enzimatik sistem :Enzimatik antioksidan sistem hücre içi redoks dengesinin korunmasında kritik rol oynar, yüksek özgüllükle belirli radikalleri hedefler (ör.SOD→O_2, GPx/CAT→ H_2O_2). SOD süperoksit radikallerini ortadan kaldırırken, GPx ve CAT H_2O_2'nin temizlenmesinde görev yapar. enzimatik antioksidanlar (EnAO) genellikle daha etkilidir. (Konishi, 2017).
Enzimatik olmayan sistem**:** Enzimatik olmayan antioksidanlar daha geniş spektrumlu ama özgüllüğü düşük etkilere sahiptir; vitaminler, glutatyon ve melatonin gibi faktörler hücresel savunmayı destekler. hücresel savunmada kritik tamamlayıcı rol oynarlar. İki sistem birlikte çalışarak hücre içi redoks dengesini korur. Hem enzimatik hem de enzimatik olmayan antioksidan faktörler karşılaştırmalı olarak Tablo 2 de verilmiştir. (Eltzschig, 2011).

Tablo 2: Antioksidan sistem – enzimatik ve enzimatik olmayan faktörler

Kategori	Faktör / Enzim	Görev / Reaksiyon	Hücre İçi / Dışı Lokalizasyon	Özgüllük / Özellik
Enzimatik	SOD (Süperoksit Dismutaz)	$O_2^- \rightarrow H_2O_2 + O_2$	SOD1: Sitoplazma, mitokondriyal ara zar SOD2: Mitokondri matriksi- SOD3: Hücre dışı matriks	Süperoksit radikaline yüksek özgüllük; H_2O_2 üretir, GPx ve CAT ile tamamlanır
	GPx (Glutatyon Peroksidaz)	$H_2O_2 \rightarrow H_2O$ (GSH → GSSG) Lipid	Sitoplazma ve mitokondri (özellikle GPx1)	Düşük H_2O_2 düzeylerinde baskın; 5 izoformu vardır

Kategori	Faktör / Enzim	Görev / Reaksiyon	Hücre İçi / Dışı Lokalizasyon	Özgüllük / Özellik
		hidroperoksit indirgeme		
	CAT (Katalaz)	$H_2O_2 \rightarrow H_2O + O_2$ (dismutasyon)	Peroksizom	Km değeri yüksek; yüksek H_2O_2 konsantrasyonlarında baskın; GPx ile tamamlayıcı rol
Enzimatik Olmayan	Vitamin C (Askorbik Asit)	Serbest radikalleri nötralize eder; E vitaminini yeniden aktive eder	Sitoplazma, hücre dışı sıvılar	Suda çözünen güçlü AO; immün destek
	Vitamin E (α-Tokoferol)	Lipid peroksidasyonunu önler	Hücre membranı	Yağda çözünen AO; membran stabilitesi
	Glutatyon (GSH)	Redoks tamponu; GPx ile birlikte H_2O_2 indirger	Sitoplazma, mitokondri	Hücre içi en bol AO; GSSG ↔ GSH döngüsü
	Karotenoidler (β-Karoten, Likopen)	Singlet oksijen ve radikal süpürme	Hücre membranı, lipofilik bölgeler	Fotooksidatif strese karşı koruyucu
	Flavonoidler / Polifenoller	Metal şelasyonu, radikal süpürme, enzim modülasyonu	Sitoplazma, hücre dışı	Bitkisel kaynaklı; geniş spektrumlu AO
	Ürik Asit	Peroksinitrit ve radikal nötralizasyonu	Plazma	Plazmada güçlü AO; aşırı düzeyde pro-oksidan olabilir
	Melatonin	Radikal süpürme, AO enzimlerini uyarma	Sitoplazma, mitokondri	Hem doğrudan hem dolaylı AO; nöroprotektif

SIÇAN mı FARE mi (Tavşan, köpek, domuz)?

Literatürde iskemi-reperfüzyon modellerinde en sık kullanılan deney hayvanı sıçandır (rat), çünkü organ boyutlarının cerrahi manipülasyona uygunluğu, patofizyolojik uyum ve standartlaştırılmış protokoller sayesinde güvenilir ve yaygın olarak tercih edilmektedir. Tavşan, köpek ve domuz gibi büyük hayvan modelleri deneysel araştırmalarda sınırlı, fakat klinik uyarlanabilirlik açısından değerli katkılar sağlar. Dolayısıyla tür seçimi, araştırmanın amacına ve uygulama odaklı hedeflerine göre belirlenmelidir. (Soares, 2019)

Tablo 3: Türlere göre deney hayvanlarının karşılaştırmalı avantaj ve dezavantajları

Tür	Kullanım Sıklığı	Avantajlar	Dezavantajlar
Sıçan	Çok yüksek	En sık: Kolay erişim, hızlı üreme, I/R için standart modelleme	İnsan fizyolojisine sınırlı uyum
Fare	Orta	Genetik /moleküler imkânı (knock-out/-in).	Cerrahi zorluk, küçük damar yapısı, zor modelleme
Tavşan	Düşük-Orta	Vasküler I/R de değerli, anatomi insana yakın	Daha az yaygın, maliyetli
Domuz	Düşük-Orta	Kardiyak I/R de değerli İnsan fizyolojisine yakın	Yüksek bakım zorluğu /maliyeti
Köpek	Düşük	Kardiyak/serebral I/R de değerli	Etik sorunlar, yüksek maliyet

Rat (sıçan): Rat organları fareye göre daha büyük olduğu için cerrahi manipülasyon (damar klempi, reperfüzyon süresi ayarlama, doku örnekleme) daha kolay ve daha güvenilir. Rat fizyolojisi insanla daha uyumlu olduğundan klinik uyarlanabilirliği yüksek. Bu yüzden beyin, kalp, böbrek, karaciğer, bağırsak gibi organ İ/R modellerinde standart olarak rat kullanılıyor.
Mouse (fare): Daha çok genetik manipülasyon ve moleküler mekanizma çalışmaları için tercih edilir. Küçük organ boyutu cerrahi zorluk yaratıyor ama genetik avantajları sayesinde inflamasyon, sinyal yolakları ve hücresel mekanizmaların incelenmesinde güçlü bir model.
Fareler genetik manipülasyon avantajı sağlarken, sıçanlar cerrahi prosedürlerin uygulanabilirliği ve klinik uyarlanabilirliği açısından öne çıkar. Eğer amaç deneysel değer ve cerrahi kolaylık ise rat; genetik/moleküler mekanizma çalışmaları için ise mouse tercih edilir.

Tablo 4: İskemi-Reperfüzyonda en sık kullanılan deney hayvanlarının özellikleri ve tercih sebepleri

Özellik	**Rat (Sıçan)**	**Mouse (Fare)**
Literatürde kullanım	En yaygın, İ/R modelleri-standart model	Yaygın ama daha çok genetik/moleküler
Cerrahi kolaylık	Organ büyük, damar klempi, cerrahi kolay	Organ küçük, cerrahi zor
Klinik uyarlanabilirlik	Yüksek, prosedürlerde daha güvenilir	İnsanla prosedürel uyum daha sınırlı
Genetik avantaj	Daha az genetik manipülasyon imkânı	Çok (transgenik hatlar)
Kullanım alanı	Beyin, kalp, böbrek, karaciğer, bağırsak İ/R	Mekanizma, inflamasyon, genetik faktörler
Organ/Doku	**Rat (Sıçan) Kullanımı**	**Fare (Mouse) Kullanımı**
Beyin (Serebral İ/R)	Çok yaygın; MCAO modeli standart (middle cerebral artery occlusion)	Kullanılıyor ama cerrahi zorluk yüksek; genetik knockout hatlarıyla mekanizma çalışmaları
Kalp (Miyokard İ/R)	En sık kullanılan; LAD ligasyonu ile reperfüzyon	kalp küçük cerrahi zor; genetik hatlarda mekanizma çalışmaları
Böbrek	Standart bilateral/unilateral renal pedikül klempi	Kullanılıyor ama cerrahi zorluk fazla
Karaciğer	Ratlarda parsiyel/total hepatik İ/R modeli yaygın	Farelerde küçük boyut nedeniyle teknik zorluk
Bağırsak	Ratlarda sup. mesenteric artery klempi ile yaygın	Farelerde daha az; genetik mekanizma çalışmaları için
Testis/Yumurtalık	Ratlarda sık; torsiyon–detorsiyon modeli	Farelerde nadir
Alt ekstremite	Ratlarda femoral arter klempi ile yaygın	Farelerde nadir

SIÇANLARDA OLUŞTURULAN İSKEMİ-REPERFÜZYON MODELLERİ

Deneysel araştırmalarda kullanılacak modelin seçimi, elde edilecek verilerin klinik uygulamalara uyarlanabilirliği açısından kritik öneme sahiptir. (Kaya, 2011). Bu nedenle, çalışmada kullanılacak türün anatomik ve fizyolojik özelliklerinin iyi bilinmesi gereklidir. (Soares, 2019) Sıçanlar, kısa üreme döngüleri, yüksek yavru sayısı ve kolay temin edilebilmeleri nedeniyle en sık tercih edilen deney hayvanlarıdır. Ayrıca, farklı organ ve dokularda iskemi-reperfüzyon modellerinin uygulanabilirliği açısından da oldukça uygun bir türdür (Gelen, 2023; Jaeschke, 2012).

1. Serebral İskemi/Reperfüzyon Modeli
Sıçanlar ketamin ve ksilazin kombinasyonu ile anesteziye alınır. Boyun bölgesi cerrahi olarak hazırlanır ve karotis arterine ulaşılır. Proksimal ve distal kontrol sağlamak amacıyla arter üzerine anevrizma klipsleri yerleştirilir (sağ ana karotis arterine /karotis bifurkasyonunun 1-3 cm proksimali). Yaklaşık on dakika süren geçici oklüzyonun ardından reperfüzyon başlatılır. Bu yöntem, serebral dolaşımda geçici iskemi ve reperfüzyonun etkilerini incelemek için kullanılmaktadır. (Aktepe, 2025).

2. Renal İskemi/Reperfüzyon Modeli
Anestezi sonrası sağ nefrektomi uygulanır. Ardından sol böbrek pedikülü 60 dakika süreyle klemplenerek iskemi oluşturulur ve 24 saatlik reperfüzyon süreci başlatılır. Bu model, akut böbrek hasarının patofizyolojisini ve olası koruyucu ajanların etkilerini değerlendirmede kullanılmaktadır. (Küçük, 2021).

3. Hepatik İskemi/Reperfüzyon Modeli
Pringle manevrası uygulanarak hepatik portal ven ve arter geçici olarak klemplenmektedir. Altmış dakika süren iskemi sonrası aynı süreyle reperfüzyon sağlanır. Bu model, karaciğer cerrahisi ve transplantasyon sırasında görülen IR hasarının mekanizmalarını araştırmada kullanılmaktadır. (Jaeschke, 2012). (Konishi, 2017).

4. Alt Ekstremite İskemi/Reperfüzyon Modeli
Turnike yöntemiyle alt ekstremiteye üç saat süreyle iskemi uygulanır. Sonrasında 24 saatlik reperfüzyon sağlanır. Bu model, periferik dolaşım bozukluklarının ve kas dokusunda gelişen IR hasarının incelenmesine olanak tanır.(Sezen, 2025) (Aydın, 2021).

5. Ovarian İskemi/Reperfüzyon Modeli
Cerrahi girişimle yumurtalık damarları geçici olarak vasküler klipslerle sıkıştırılır. İki saatlik iskemi sonrası reperfüzyon başlatılır ve organın yeniden kanlanması gözlenir. Bu yöntem, jinekolojik cerrahi sırasında gelişebilecek IR hasarının mekanizmalarını araştırmak için kullanılmaktadır(Gelen, 2023).

6. İnce Bağırsak İskemi/Reperfüzyon Modeli
Laparotomi sonrası üst mezenterik arter (SMA) geçici olarak klemplenerek bir saat iskemi oluşturulur. Ardından kelepçe açılarak iki saat reperfüzyon sağlanır. Bu model, intestinal dolaşım bozukluklarının ve mukozal hasarın incelenmesinde kullanılmaktadır. (Bostancı, 2024)

7. Testis İskemi/Reperfüzyon Modeli
Sol testis720° döndürülüp torsiyona uğratılarak bir saat süreyle iskemi oluşturulur. Daha sonra torsiyon düzeltilir ve dört saatlik reperfüzyon süreci başlatılır. Bu model, testis torsiyonu sonrası gelişen hücresel hasarı ve olası tedavi stratejilerini değerlendirmek için kullanılmaktadır. (Dorweiler 2007).

8. Kardiyak İskemi/Reperfüzyon Modeli
Sol koroner arter (LAD) geçici olarak klemplenerek 30 dakika iskemi oluşturulur, ardından 120 dakika reperfüzyon sağlanır. Bu model, miyokard dokusunda gelişen IR hasarının patofizyolojisini incelemek için kullanılır. (Aktepe, 2025).

9. Pulmoner İskemi/Reperfüzyon Modeli
Sol pulmoner hilus (arter + ven) bulldog klempi ile 60 dakika süreyle oklüde edilir, ardından 120 dakika reperfüzyon başlatılır. Akciğer dokusunda IR hasarının histopatolojik ve biyokimyasal etkilerini değerlendirmede kullanılır. (Konishi, 2017).

10. Spinal Kord İskemi/Reperfüzyon Modeli
Abdominal aort distal segmenti bulldog klempi ile 30 dakika süreyle kapatılır, ardından 60 dakika reperfüzyon sağlanır. Bu model, spinal kord dokusunda gelişen IR hasarının mekanizmalarını araştırmak için uygulanır (Aydın, 2021).

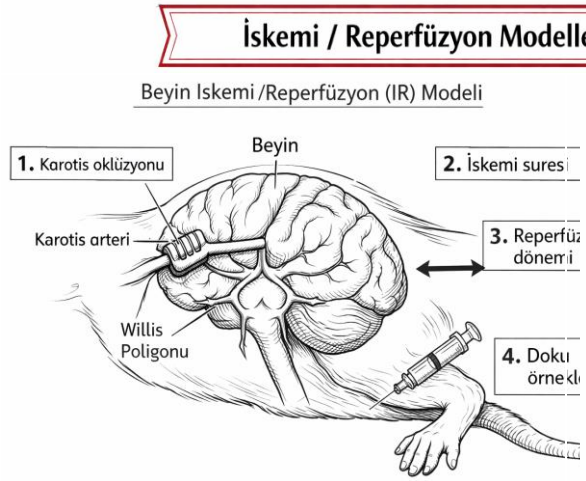
11. Siyatik Sinir İskemi/Reperfüzyon Modeli
Siyatik sinir üzerine atraumatik mikroklamp yerleştirilerek 3 saat iskemi oluşturulur, ardından 24 saat reperfüzyon sağlanır. Sinir dokusunda ultrastrüktürel ve histopatolojik değişiklikleri incelemek için kullanılır. (Aydın, 2021).

Tablo 5: Sıçanlarda oluşturulan iskemi-reperfüzyon modellerinin özet uygulama prosedürleri

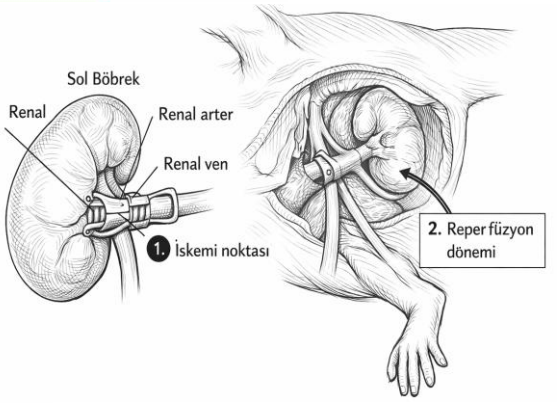
I/R Deney Hayvan Organ/Doku Modelleri		Klemp/Oklüzyon Bölgesi	Uygulama Yöntemi	Araştırma Amacı
1	Serebral İ/R (Karotis arter)	Karotis bifurkasyonunun 1–3 cm proksimali	Karotis arter üzerine anevrizma klipsleri ile geçici (10 dk) oklüzyon, ardından reperfüzyon	Serebral dolaşımda geçici iskemi ve reperfüzyon etkilerini incelemek
2	Renal İ/R (Renal: arter+ven)	Sol böbrek pedikülü	Sağ nefrektomi sonrası sol pedikül 60 dk klemplenmesi, 24 saat reperfüzyon	Akut böbrek hasarı ve koruyucu ajanların etkilerini değerlendirmek
3	Hepatik İ/R (Hepatik hilus)	Portal ven + hepatik arter	Pringle manevrası ile hepatik portal ven ve arterin 60 dk oklüzyon, 60 dk reper.	Karaciğer cerrahisi ve transplantasyonda IR hasar mekanizmalarını araştırmak
4	Alt Ekstremite İ/R (Abdominal aort)	Abdominal aort	Aort dşstaline turnike ile 3 saat iskemi, ardından 24 saat reperfüzyon	Periferik dolaşım bozuklukları ve kas dokusu IR hasarını incelemek
5	Ovarian İ/R (Ovarian arter.ven)	Adneksiyal damarlar	Yumurtalık damarlarının 2 saat vasküler klips ile oklüzyonu, ardından reperfüzyon	Jinekolojik cerrahi sırasında gelişebilecek IR hasarını araştırmak
6	İnce Bağırsak İ/R (Superior MA)	Üst mezenterik arter	Üst mezenterik arterin 1 saat klemp, ardından 2 saat reperfüzyon	İntestinal dolaşım bozuklukları ve mukozal hasarı değerlendirmek
7	Testis İ/R (Spermatik kord)	Spermatik kord	Sol testisin 720° torsiyonu ile 1 saat iskemi, ardından 4 saat reperfüzyon	Testis torsiyonu sonrası hücresel hasarı ve tedavi stratejilerini incelemek
8	Kardiyak İ/R (koroner arter)	LAD Sol koroner arter	Sol koroner arterin 30 dk klemplenmesi, ardından 120 dk reperfüzyon	Miyokard dokusunda IR hasarının histopatofizyolojisini araştırmak
9	Akciğer İ/R (hilus: arter+ven)	Sol pulmoner hilus	Pulmoner hilusun 60 dk bulldog klempi ile oklüzyonu, 120 dk reperfüzyon	Akciğer IR hasarının histopatolojik ve biyokimyasal etkilerini incelemek
10	Spinal Kord İ/R (Medulla spinalis)	Abdominal aort distal segmenti	Abdominal aortun 30 dk klemplenmesi, ardından 60 dk reperfüzyon	Spinal kord dokusunda IR hasar mekanizmalarını araştırmak
11	Siyatik Sinir İ/R (N. ischiadicus))	Siyatik sinir üzerine mikroklamp	Siyatik sinir üzerine 3 saat mikroklamp, ardından 24 saat reperfüzyon	Sinir dokusunda ultrastrüktürel ve histopatolojik değişiklikleri incelemek

İskeminin doğrulanması :İskemi süresi (örneğin serebral modelde 10–30 dk, renal modelde 30–60 dk, kardiyak modelde 30 dk gibi) literatürde validasyonu yapılmış sürelerden seçilir. Reperfüzyon süresi de yine protokollere göre (dakikalar–saatler) belirlenir. İskemi süresi yalnızca gözle iskemik bölgeye bakılarak belirlenmez. Gözlemler (renk değişimi, kanlanma azalması) süre tayini için değil, yalnızca iskeminin doğrulanması için kullanılır. Yani gözle bakmak yardımcı bir doğrulama yöntemidir, süre tayini için standart literatür protokolleri esas alınmalıdır.

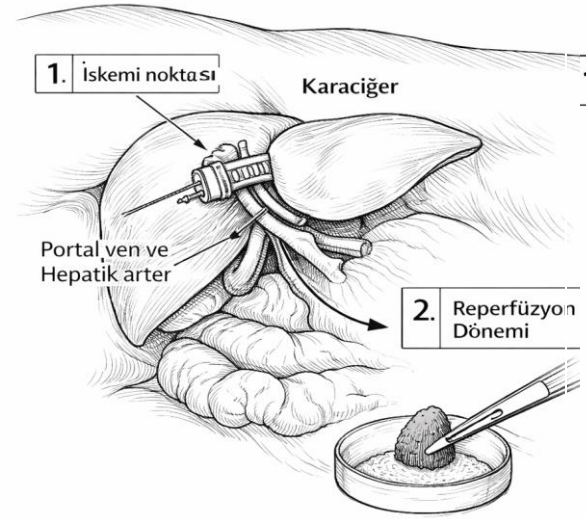
Şekil 2–12: Deneysel bazı iskemi/reperfüzyon modellerinin anatomik çiziminin şematik çizimleri.



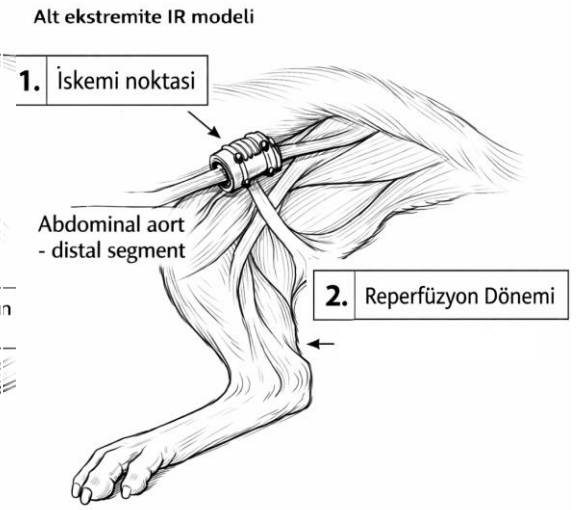
Şekil 1. Sıçan beyin I/R modeli: karotis arter oklüzyonu, iskemi süresi ve reperfüzyon sonrası beyin dokusu örneklemesi.



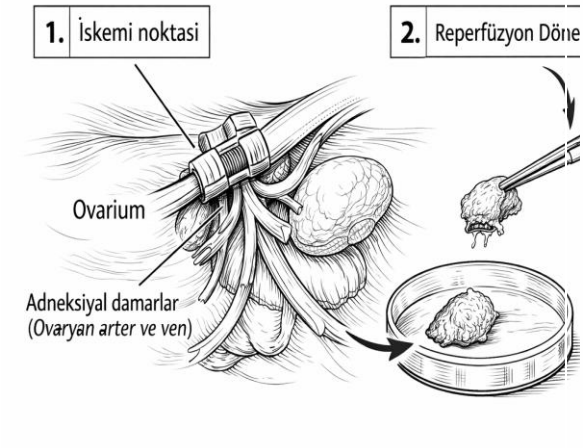
Şekil 2. Sıçan böbrek I/R modeli: sol böbrek pedikülünün bulldog klempi ile geçici klemplenmesi ve reperfüzyon.



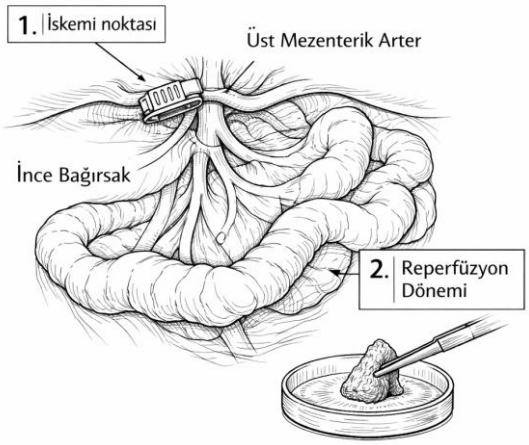
Şekil 3. Sıçan karaciğer I/R modeli: portal ven ve hepatik arterin klempi oklüzyonu ve reperfüzyon sonrası karaciğer örneklemesi.



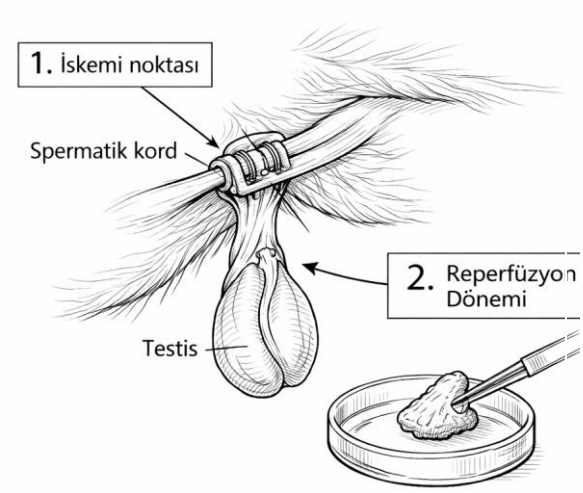
Şekil 4. Sıçan alt ekstremite I/R modeli: abdominal aortun geçici klempi,reperfüzyonu ve gastroknemius kas örneklemesi.



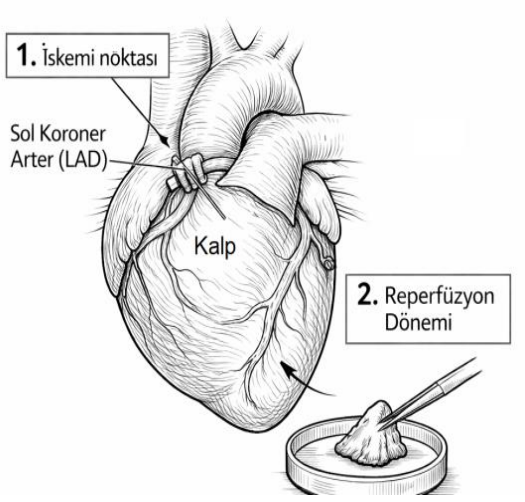
Şekil 5. Sıçan over iskemi/reperfüzyon modeli: adneksiyal damarların geçici klempi ve reperfüzyon sonrası ovarian doku örneklemesi.



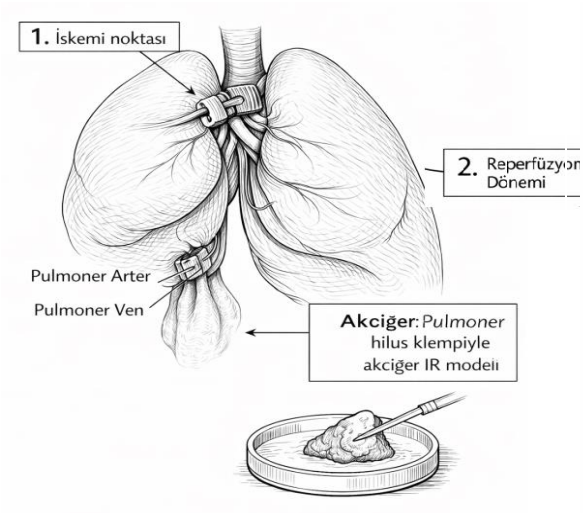
Şekil 6.Sıçan ince bağırsak IR modeli:üst mezenterik arterin geçici oklüzyonu reperfüzyon sonrası bağırsak örneklemesi.

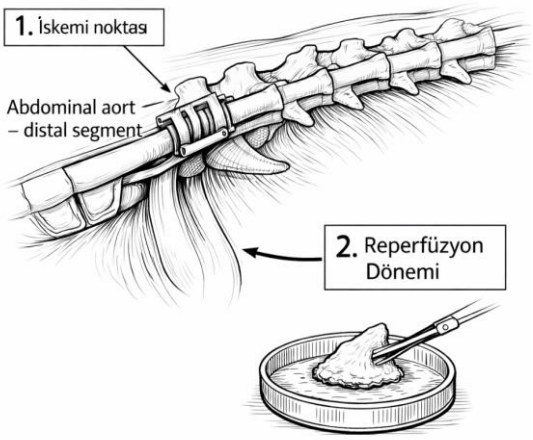


Şekil 7. Sıçan testis I/R modeli: spermatik kord üzerine mikroklemp uygulanması ve reperfüzyonu sonrası testis dokusu örneklemesi.



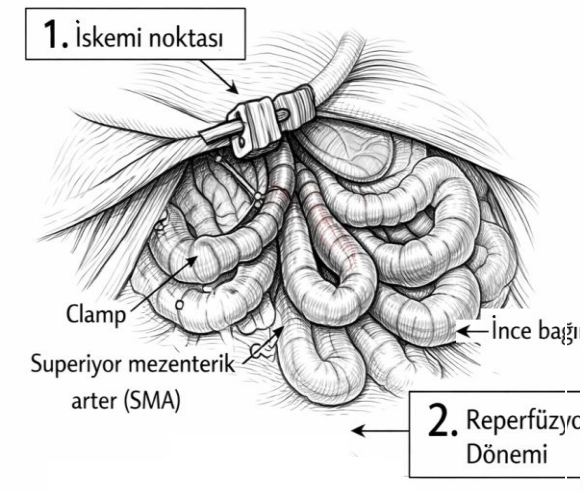
Şekil 8. Sıçan kardiyak I/R modeli: sol koroner arterin ligasyonu ve reperfüzyon sonrası miyokard örneklemesi.

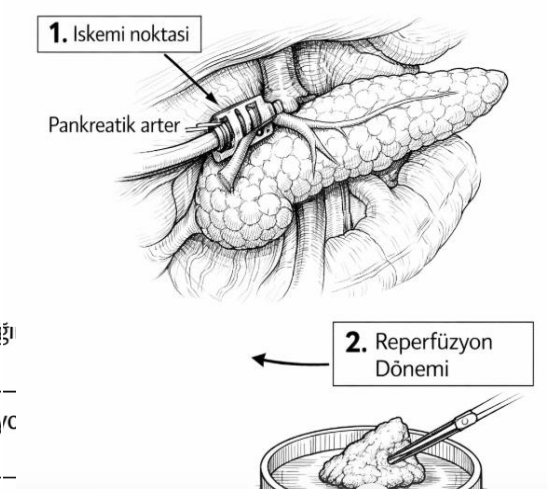




Şekil 9. Sıçan akciğer iskemi/reperfüzyon modeli: pulmoner hilusun geçici klempi ve reperfüzyon sonrası akciğer dokusu örneklemesi.

Şekil 10. Sıçan spinal kord I/R modeli: abdominal aortun geçici klempi ve reperfüzyon sonrası spinal kord örneklemesi.





Şekil 11. Sıçan mezenterik I/R modeli: SupMezenter Arter geçici klempi ve reperfüzyon sonrası ince bağırsak dokusu örneklemesi.

Şekil 12.Sıçan pankreatik I/R modeli:pankreatik arterin geçici klempi ve reperfüzyon sonrası pankreas dokusu ör neklemesi.

TARTIŞMA

Bu çalışmada sıçanlarda farklı organ ve dokulara ait 10 ayrı iskemi/reperfüzyon (IR) modeli sistematik olarak ortaya konulmuştur. Beyin, böbrek, karaciğer, alt ekstremite, yumurtalık, ince bağırsak, testis, kalp, akciğer, spinal kord ve siyatik sinirde gerçekleştirilen deneysel protokoller, hem metodolojik çeşitliliği hem de uygulanabilirlik potansiyeli göstermektedir.

Histopatolojik bulgular genellikle, reperfüzyon sonrası tüm organlarda ödem, hücresel nekroz ve inflamatuvar yanıtın belirgin şekilde arttığını ortaya koymaktadır. Bu sonuçlar, reperfüzyonun tek başına doku hasarını azaltmadığını, aksine oksidatif stres ve inflamatuvar süreçleri tetiklediğini göstermektedir.

Biyokimyasal analizler değerlendirildiğinde, reperfüzyon sonrası MDA düzeylerinde anlamlı artış ve SOD, CAT, GSH düzeylerinde belirgin azalma olduğunu ortaya koymuştur. Bu bulgular, reperfüzyonun oksidatif stresin en önemli tetikleyicilerinden biri olduğunu doğrulamaktadır. İmmünohistokimyasal veriler ise reperfüzyon sonrası TNF-α, IL-6 ve NF-κB ekspresyonunun anlamlı şekilde yükseldiğini göstermiştir. Bu durum, reperfüzyon hasarının temelinde inflamatuvar sinyal yollarının kritik rol oynadığını desteklemektedir.

İstatistiksel analizler, tüm parametrelerde kontrol ve iskemi-reperfüzyon grupları arasında anlamlı farklar olduğunu ortaya koymuştur ($p<0.05$). Bu da deneysel modellerin güvenilir ve tekrarlanabilir olduğunu göstermektedir.

Klinik açıdan değerlendirildiğinde; kardiyak IR modeli, miyokard enfarktüsü sonrası reperfüzyon hasarını anlamak için klinik açıdan önemlidir. Spinal kord ve siyatik sinir IR modelleri, parapleji ve periferik nöropati gibi nörolojik komplikasyonların patofizyolojisini açıklamaya katkı sağlar. Ovarian ve testis IR modelleri, üreme fonksiyonları üzerindeki reperfüzyon hasarını incelemek için özgün bir yaklaşım sunar. Akciğer ve ince bağırsak IR modelleri, transplantasyon ve cerrahi sonrası reperfüzyon hasarının anlaşılmasına ışık tutar (Gelen, 2023).

Sonuç olarak, bu modeller hem metodolojik hem deneysel hem de klinik açıdan geniş bir yelpazede kullanılabilir. Çalışmanın güçlü yönü, farklı organ ve dokular için standartlaştırılmış IR protokollerinin görsel ve metinsel olarak sunulmuş olmasıdır. Bu bütünlük, ileride yapılacak deneysel ve klinik çalışmalara katkı sağlama niteliği taşımaktadır.

Şekil 13–14: Mayıs 2026'da gerçekleştirilen laboratuvar çalışmalarımız sırasında ve sonrasında, alt ekstremite, akciğer, renal ve kardiyak iskemi/reperfüzyon modellerine ait deneysel uygulamalardan, cep telefonu aracılığıyla kaydedilen görsellerden derlenen bir seçki sunulmaktadır.

SONUÇ

Bu çalışmada kendi makale ve sunumlarımızdan derlediğimiz sıçanlarda farklı organ ve dokulara ait literatür destekli iskemi/reperfüzyon (IR) modelleri sistematik olarak özetlenmiş ve görsel, metinsel ve tablolar halinde sunulmuştur. Beyin, böbrek, karaciğer, alt ekstremite, yumurtalık, ince bağırsak, testis, kalp, akciğer, spinal kord ve siyatik sinir üzerinde gerçekleştirilen protokoller, IR hasarının çok yönlü doğasını ortaya koymuştur.

Histopatolojik, biyokimyasal ve immünohistokimyasal bulgular, reperfüzyonun tek başına doku hasarını azaltmadığını; aksine oksidatif stres, inflamatuvar yanıt ve hücresel nekrozun şiddetlenmesine yol açtığını göstermektedir. İstatistiksel analizler, tüm parametrelerde kontrol, iskemi ve reperfüzyon grupları arasında anlamlı farklar olduğunu doğrulamıştır.

Bu derlemenin güçlü yönü, farklı organ ve dokular için standartlaştırılmış IR protokollerinin hem görsel hem metinsel toplu olarak sunulmuş olmasıdır. Böylece araştırmacılar, kendi deneysel tasarımlarında bu modelleri referans alabilecek ve karşılaştırmalı çalışmalar yapabilecektir. Halen tüm bu modeller yaygın olarak kullanılmakla birlikte, literatürde çok değişik iskemi/reperfüzyon süreleri uygulanmakta, çok düşük veya çok yüksek tedavi dozajları çalışılmaktadır.

Sonuç olarak, bu çalışma reperfüzyon hasarının organlar arası farklılıklarını ortaya koymakta ve deneysel araştırmalara ışık tutmaktadır. Elde edilen veriler, gelecekte geliştirilecek farmakolojik ve cerrahi stratejilerin temelini oluşturabilecek niteliktedir.

KAYNAKÇA

Aktepe F, Kip G, Erel S, Küçük A, Arslan M,Sezen SC, Atlı M, et al. (2025). *The effect of Dexmedetomidine on remote organ injury in the lung in rats with pancreatic ischemia reperfusion model*. BMC Anesthesiology, 25, 504-514., Doi: 10.1186/s12871-025-03373-8

Aydın ME, Sezen SC, Bayraktar AC, Arslan M, Erbatur ME, Kavutçu M. *The renoprotective effects of desflurane and sevoflurane in lower limb ischemia–reperfusion injury on streptozotocin-induced diabetic rats*. New Trend in MedicalSciences, 2021, 2(1):75–82. DOI: 10.22271/ed.book.1449. ISSN: 2717-669X.

Bostancı H, Erel S, Küçük A, Kip G, Sezen SC, et al. *Dexmedetomidine's effects on the livers and kidneys of rats with pancreatic ischemia–reperfusion injury*. Drug Design, Development andTherapy, 2024, 18:1785–1797. Dove Medıcal DOI: 10.2147/DDDT.S441773.

Carden DL, Granger DN. *İskemi-reperfüzyon hasarının patofizyolojisi*. J Pathol. 2000;190:255–266.

Chazelas, P., Steichen, C., Favreau, F., Trouillas, P., Hannaert, et al. (2021). *Oxidative Stress Evaluation in Ischemia Reperfusion Models: Characteristics, Limits and Perspectives. International Journal of Molecular Sciences*, 22(5), 2366. https://doi.org/10.3390/ijms22052366

Dorweiler, B., Pruefer, D., Andrasi, T.B. et al. *Ischemia-Reperfusion Injury*. EurJ Trauma Emerg Surg 33, 600–612 (2007). https://doi.org/10.1007/s00068-007-7152-z

Eltzschig HK, Eckle T. *İskemi ve reperfüzyon - mekanizmadan uygulamaya*. Nat Med. 2011;17(11):1391 401. doi: 10.1038/nm.2507.

Gelen V. *Sıçanlarda oluşturulan bazı iskemi-reperfüzyon modellerine ve bu modellerin uygulama prosedürüne genel bir bakış*. Sıçanlar, 2023; 1(1): 1-5. Doi: 10.5281/zenodo.8142943

Jaeschke H, Woolbright BL. *Reaktif oksijen türlerini hedefleyerek hepatik iskemi-reperfüzyon hasarını en aza indirmeye yönelik güncel stratejiler*. Transplant Rev.2012;26:103–114. doi: 10.1016/j.trre.2011.10.006.

Kaya M, Çevik A. *Hayvan deneylerinde planlanma ve model seçimi*. Deneysel Tıp Araştırma Enstitüsü Dergisi 2011;1(2): 36-9.

Konishi T, Lentsch AB. *Karaciğer iskemi/reperfüzyonu: Doku hasarı, onarımı ve rejenerasyon mekanizmaları*. Gene Expr. 2017;17(4):277-287. doi: 10.3727/105221617X150 42750874156 507. doi: 10.1097/ FJC.0b013e31822b7204.

Küçük A, Arslan M (ed.) *Deneysel iskemi-reperfüzyon modelleri*. Akademisyen yayınevi. ISBN 978-625-7451-88-8. DOI :10.37609/akya.583

Sezen SC, Demirtaş H, Yıldırım AK, Özer A, Küçük A, et al. *Protective role of bromelain's antioxidant and anti-inflammatory effects in experimental lower extremity ischemia-reperfusion injury*. Sci Rep. 2025;15:45355. doi:10.1038/s41598-025-29645-4

Soares ROS, Losada DM, Jordani MC, Évora P, Cast-ro-E-Silva O. *İskemi/ reperfüzyon hasarının yeniden gözden geçirilmesi: En son farmakolojik stratejilere genel bakış.* Uluslararası J Mol Sci. 2019:20(20):5034. doi: 10.3390/ijms20205034.

Wang J, Zhang P, Tang Z. *Animal models of transient ischemic attack: a review*. Acta Neurol Belg 2020; 120(2):267-75.

ANTIOXIDANT AND ANTI-INFLAMMATORY EFFECTS OF BROMELAIN: EXPERIMENTAL STUDY AND CLINICAL PERSPECTIVES

BROMELAİNİN ANTİOKSİDAN VE ANTİİNFLAMATUAR ETKİLERİ: DENEYSEL ÇALIŞMA VE KLİNİK PERSPEKTİFLER

Assos. Prof. Dr. Şaban Cem SEZEN
Kırıkkale University Faculty of Medicine, Department of Histology & Embryology, Kırıkkale TÜRKİYE
ORCID NO: 0000-0003-3996-7692

ABSTRACT

Bromelain, a mixture of proteolytic enzymes obtained from the stem and fruit of the Ananas comosus plant, is considered 'Generally Recognized as Safe' by the US Food and Drug Administration and is currently used in both therapeutic and industrial applications. This review aims to summarize the chemical structure, biological mechanisms, experimental findings, and clinical applications of bromelain from a holistic perspective and to present future perspectives. The biological effects of bromelain are based on multiple mechanisms. These mechanisms include proteolytic and fibrinolytic activities, as well as antioxidant effects, immune modulation, downregulation of plasma kininogen levels, inhibition of prostaglandin E2 expression and advanced glycation, and degradation of end-product receptors. Furthermore, it has been shown to contribute to tissue repair processes by modulating angiogenic factors. Bromelain's therapeutic effects, both in reducing oxidative stress and suppressing inflammatory responses, are achieved through multifaceted biological mechanisms of critical importance. In experimental ischemia-reperfusion (IR) models, bromelain administration has been shown to reduce oxidative stress by scavenging free radicals and reactive oxygen species, stabilizing oxidative stress markers, reducing histopathological tissue damage, and suppressing inflammatory responses. At the clinical level, beneficial effects have been reported in cardiovascular diseases such as arthritis, coronary heart disease, hypertension, and peripheral artery disease, as well as in cancer, post-surgical recovery, and sports injuries. Appetite regulation, weight loss support, iron absorption enhancement, and mucolytic effects have also been reported. With its low toxicity profile, multiple mechanisms of action, and wide clinical application area, bromelain stands out as a complementary treatment agent in modern medicine. However, the lack of established standard dosage protocols and the limited sample sizes of current clinical studies necessitate larger-scale randomized controlled human trials to provide stronger evidence. Further investigation of bromelain in broader basic and clinical trials across clinical fields such as dermatology, aging biology, immunological diseases, and infection control, along with systematic evaluation of drug interactions and the establishment of standard dosage protocols, are crucial for future treatment strategies.

Keywords: Bromelain, ananas comosus, antioxidant, antiinflammatory, ischemia-reperfusion

ÖZET

Bromelain, Ananas comosus bitkisinin sap ve meyvesinden elde edilen proteolitik enzimler karışımı olup ABD Gıda ve İlaç Dairesi tarafından 'Genel Olarak Güvenli' kategorisinde kabul edilmiştir ve günümüzde hem tedavi hem de endüstriyel uygulamalarda kullanılmaktadır. Bu derleme, bromelainin kimyasal yapısı, biyolojik mekanizmaları, deneysel bulguları ve klinik uygulamalarını bütüncül bir bakış açısıyla özetlemeyi ve gelecek perspektifleri sunmayı amaçlamaktadır. Bromelainin biyolojik etkileri çoklu mekanizmalara dayanır. Proteolitik ve fibrinolitik aktivitelerinin yanı sıra antioksidan etkiler, bağışıklık modülasyonu, plazma kininojen düzeylerinin aşağı regülasyonu, prostaglandin E2 ekspresyonunun inhibisyonu ve ileri glikasyon, son ürün reseptörlerinin bozunması gibi süreçler bu mekanizmalar arasında yer almaktadır. Ayrıca, anjiyojenik faktörleri modüle ederek doku onarım süreçlerine katkıda bulunduğu gösterilmiştir. Bromelainin hem oksidatif stresin azaltılması hem de inflamatuar yanıtın baskılanması açısından terapötik etkileri kritik öneme sahip çok yönlü biyolojik mekanizmalar üzerinden gerçekleşmektedir. Deneysel iskemi reperfüzyon (IR) modellerinde Bromelain uygulamasının, serbest radikalleri ve reaktif oksijen türlerini temizleyerek oksidatif stresi azalttığı, oksidatif stres belirteçlerini dengelediği, histopatolojik doku hasarını azalttığı ve inflamatuar yanıtı baskıladığı gösterilmiştir. Klinik düzeyde ise artrit, koroner kalp hastalıkları, hipertansiyon, periferik

arter hastalıkları gibi kardiyovasküler hastalıklar, kanser, cerrahi sonrası iyileşme ve spor yaralanmalarında faydalı etkiler bildirilmiştir. Ayrıca iştah düzenleyici, kilo verme sürecini destekleyici, demir emilimini artırıcı ve mukolitik etkiler de rapor edilmiştir. Bromelain düşük toksisite profili, çoklu etki mekanizmaları ve geniş klinik uygulama alanı ile modern tıpta tamamlayıcı bir tedavi ajanı olarak öne çıkmaktadır. Ancak standart dozaj protokollerinin belirlenmemiş olması ve mevcut klinik çalışmaların sınırlı örneklem büyüklükleri, daha güçlü kanıtlar sağlayacak geniş ölçekli randomize kontrollü insan çalışmalarına ihtiyaç vardır. Bromelainin daha geniş temel ve klinik araştırmalarda, dermatoloji, yaşlanma biyolojisi, immünolojik hastalıklar, enfeksiyon kontrolü gibi klinik alanlarda incelenmesi ve ilaç etkileşimlerinin sistematik olarak değerlendirilmesi, standart dozaj protokollerinin belirlenmesi gelecekteki tedavi stratejilerinde önem taşımaktadır.
Anahtar Kelimeler: Bromelain, ananas comosus, antioksidan, antiinflamatuar, iskemi reperfüzyon

1.GİRİŞ

Modern tıpta kaydedilen önemli ilerlemelere rağmen, mevcut farmakolojik ajanların hücre seçiciliği ve toksisite profili hâlen ciddi bir sorun oluşturmaktadır. Bu nedenle, minimum yan etki ile yüksek biyolojik etkinlik gösterebilen bitki kökenli doğal bileşiklere yönelik ilgi giderek artmaktadır. İlk kez 19. yüzyılda tanımlanan bromelain, düşük toksisite profili, geniş terapötik yelpazesi ve yüksek biyolojik aktivitesi sayesinde günümüzde yoğun araştırmalara konu olmaktadır ve geleneksel olarak birçok ülkede terapötik potansiyeli nedeniyle kullanılmaktadır (Sezen. 2025; Pavan, 2012; Pezzani, 2023; Konuklugil, 2018).

Bromelain, Ananas comosus bitkisinden elde edilen proteolitik enzimler karışımı olup hem endüstriyel hem de tedavi alanında geniş bir kullanım alanına sahiptir. Saflaştırılması için santrifüj, ultrafiltrasyon ve liyofilizasyon gibi yöntemler geliştirilmiş olup günümüzde ananas suyundan elde edilmektedir (Pavan, 2012). Düşük toksisite profili ve yüksek erişilebilirliği, enzime yönelik bilimsel ilgiyi artırmıştır. Hayvan modellerinde yapılan çalışmalar bromelainin antikanser, sitotoksik, otofajik, apoptotik, nekrotik, immünomodülatör ve antiinflamatuar etkilerini ortaya koymuştur (Pezzani, 2023).

Bromelainin en çok öne çıkan özellikleri; antiinflamatuar, antioksidan, immünomodülatör ve antitrombotik aktiviteleridir. Bu özellikler sayesinde inflamasyon, oksidatif stres ve doku hasarı ile ilişkili birçok patolojik durumda potansiyel bir tedavi ajanı olarak değer görmektedir. Özellikle iskemi-reperfüzyon hasarı gibi oksidatif stres ve inflamasyonun yoğun olduğu klinik tablolar, bromelainin terapötik değerini ortaya koyan önemli modellerden biridir (Konuklugil, 2018). Son yıllarda yapılan deneysel çalışmalar, bromelainin iskemi-reperfüzyon hasarında oksidatif stres belirteçlerini dengelediğini, histopatolojik doku hasarını azalttığını ve inflamatuar yanıtı baskıladığını göstermiştir.

Farmakolojik derlemeler, bromelainin çok yönlü biyolojik etkilerini sindirim sistemi, kardiyovasküler sistem, bağışıklık sistemi ve onkoloji alanındaki potansiyel uygulamalarla birlikte ortaya koymaktadır. Spor bilimleri ve rehabilitasyon odaklı güncel çalışmalar ise bromelainin ödem, inflamasyon ve iyileşme süreçlerindeki rolünü vurgulamaktadır (Sezen. 2025; Pavan, 2012; Pezzani, 2023; Konuklugil, 2018).). Bu çok yönlü biyolojik aktiviteler, bromelaini artrit, inflamatuar bağırsak hastalıkları, bazı kanserler, sinüzit, rinosinüzit, solunum bozuklukları, kardiyovasküler hastalıklar ve deri yaraları dahil olmak üzere aşırı inflamasyon ve oksidatif stresle ilişkili durumlar için umut vadeden bir terapötik ajan olarak konumlandırmaktadır. Preklinik düzeyde elde edilen bulgular, özellikle karaciğer, akciğer ve gastrointestinal sistem gibi organlarda bromelainin koruyucu etkiler sunduğunu ortaya koymuştur (Manzoor, 2017; Rathnavelu, 2016; Locci, 2024). Ayrıca fibrinolitik aktiviteyi artırarak fibrini parçalamakta, plazma kininojenini düşürmekte ve böylece vazodilatasyonu ile vasküler geçirgenliği azaltarak inflamatuar ödemi sınırlamaktadır (Hikisz, 2021).

Bromelain, ABD Gıda ve İlaç Dairesi (FDA) tarafından ‘Genel Olarak Güvenli’ kategorisinde kabul edilmiştir ve günümüzde hem tedavi hem de endüstriyel uygulamalarda kullanılmaktadır (Bahar , 2024; Chakraborty, 2021; Pereira, 2023). Bu derleme, bromelainin kimyasal yapısı, biyolojik mekanizmaları, deneysel bulguları ve klinik uygulamalarını bütüncül bir bakış açısıyla özetlemeyi ve gelecek perspektifleri sunmayı amaçlamaktadır.

2. KİMYASAL YAPI VE FARMAKOKİNETİK ÖZELLİKLER

Bromelain, Ananas comosus bitkisinin sapı ve meyvesinden elde edilen proteolitik enzimler karışımıdır. Bu enzimler sistein proteaz ailesine ait olup, farklı substrat özgüllükleri ve geniş pH aralıklarında

aktivite göstermektedir. Meyve bromelaini (EC 3.4.22.33) ve kök bromelaini (EC 3.4.22.32) olmak üzere iki ana form tanımlanmış olup, sap bromelaininin genellikle daha yüksek enzimatik aktiviteye sahip olduğu bildirilmektedir (Bahar , 2024).

Glikoprotein yapısında bulunan bromelain, ksiloz, fukoz, mannoz ve N-asetil glukozamin gibi oligosakkaritleri içermektedir. Ayrıca peroksidaz, fosfataz ve selülaz gibi yardımcı enzimler ile çeşitli biyoaktif bileşikler de bu kompleksin bir parçasıdır (Chakraborty, 2021). Bu çok bileşenli yapı, bromelainin farmakolojik etkilerinin çeşitliliğini ve biyolojik aktivitesinin genişliğini açıklamaktadır.

Farmakokinetik açıdan bromelain, gastrointestinal sistemden aktif formda emilebilmekte ve plazmada proteolitik fonksiyonunu koruyabilmektedir. Oral alımdan sonra maksimum plazma seviyesine yaklaşık bir saat içinde ulaşılmakta; alfa-2 makroglobulin ve alfa-1 antikimotripsin gibi bağlandığı antiproteinazlarla dolaşımda stabil kalmaktadır. Çalışmalar, bromelainin yüksek biyoyararlanıma sahip olduğunu ve günde 12 g'a kadar güvenle alınabileceğini göstermektedir (Pereira, 2023).

Enzimatik aktivite açısından optimum pH aralığı meyve bromelaini için 3–8, kök bromelaini için ise 7 olarak bildirilmiştir. Ayrıca -20 °C'nin altında uzun süre stabil kalabilmektedir. Bu özellikler, bromelainin hem farmasötik formülasyonlarda hem de klinik uygulamalarda güvenilir bir biyolojik ajan olarak kullanılmasını mümkün kılmaktadır (Bahar , 2024).

Bromelainin biyolojik etkileri çoklu mekanizmalara dayanır. Proteolitik ve fibrinolitik aktivitelerinin yanı sıra antioksidan etkiler, bağışıklık modülasyonu, plazma kininojen düzeylerinin aşağı regülasyonu, prostaglandin E2 ekspresyonunun inhibisyonu ve ileri glikasyon, son ürün reseptörlerinin bozunması gibi süreçler bu mekanizmalar arasında yer almaktadır. Ayrıca, VEGF ve MMP'ler gibi anjiyojenik faktörleri modüle ederek doku onarım süreçlerine katkıda bulunduğu gösterilmiştir (Pereira, 2023).

Tablo 1. Bromelainin Etki Mekanizmaları ve Klinik Yansımaları

Mekanizma	Açıklama	Klinik Yansıma
Antioksidan etkiler	Fenolik asitler ve karotenoidler ile ROS temizlenmesi; TAS ↑, TOS/OSI ↓	Oksidatif stresin azaltılması, sistemik denge korunması
Antiinflamatuar etkiler	NF-κB ve COX-2 inhibisyonu; TNF-α, IL-1β, IL-6 baskılanması; prostaglandin E2 reseptörleri üzerinden analjezik etki	Akut/kronik inflamasyonun sınırlandırılması, artrit ve spor yaralanmalarında iyileşme
Antimikrobiyal ve antidiyareik etkiler	Candida albicans'a, E. coli ve V. cholerae'ya karşı koruyucu; mukozal glikoprotein reseptörlerine tutunmayı engelleme	Diyare ve enfeksiyonların önlenmesi, antibiyotik etkinliğinin artırılması
İmmünolojik etkiler	T hücreleri, makrofajlar ve NK hücrelerde modülasyon; sitokin dengesinin sağlanması	Otoimmün hastalıklar ve kronik inflamatuar süreçlerde adjuvan tedavi
Fibrinolitik ve antitrombotik etkiler	Fibrin yıkımı, kininojen ↓, protrombin süresi ↑	Tromboz riskinin az, vazodilatasyon ve inflamasyonun hafiflemesi
Antikanser etkiler	Anti metastatik ve antimutajenik aktivite; apoptoz indüksiyonu; kemoterapötik ajanlarla sinerji	Tümör büyümesinin baskılanması, kemoterapi etkinliğinin artırılması
Antiödem ve proteolitik etkiler	Proteinleri küçük peptitlere parçalama; inflamasyon bölgede protein yıkımı	Sindirime yardımcı, ödemin azaltılması
Kardiyovasküler etkiler	Kolesterol plaklarının yıkımı; trombosit agregasyonunun inhibisyonu	Koroner kalp hastalıkları, hipertansiyon, periferik arter ve cereberal hastalıkların azaltılması
Diğer etkiler	C vitamini ile ağız hijyenine katkı; yara iyileşmesi ve doku onarımı; kilo verme desteği, demir emilimi ↑, mukolitik etki	Diyabetik ülserlerde ve cerrahi sonrası iyileşmede hızlanma; metabolik destek

3. ETKİ MEKANİZMALARI

Bromelainin hem oksidatif stresin azaltılması hem de inflamatuar yanıtın baskılanması açısından terapötik etkileri kritik öneme sahip çok yönlü biyolojik mekanizmalar üzerinden gerçekleşmektedir.

3.1 Antioksidan Etkiler: Ananas suyunda bulunan majör fenolik asitler (p-kumarik, kafeik, ferulik, sinapik, gallik asit vb.) ve karotenoidler antioksidan aktiviteden sorumludur. Serbest radikal süpürücü aktivitesi askorbik asite eşdeğer bulunmuştur (10). Bromelain, serbest radikalleri ve reaktif oksijen türlerini (ROS) temizleyerek oksidatif stresi azaltır. Deneysel IR modellerinde bromelain uygulaması ile TAS değerlerinde artış, TOS ve OSI değerlerinde azalma gözlenmiş, sistemik oksidatif denge korunmuştur (Sezen. 2025).

3.2 Antiinflamatuar Etkiler**:** Bromelain, araşidonik asit yolunu inhibe ederek prostaglandin E2 reseptörleri üzerinden nosiseptörleri etkiler ve analjezik/antiinflamatuar etki gösterir. NF-κB sinyal yolunu baskılar, COX-2 ekspresyonunu inhibe eder ve TNF-α, IL-1β, IL-6 gibi proinflamatuar sitokinlerin üretimini azaltır. Bu mekanizmalar sayesinde hem akut hem de kronik inflamatuar süreçlerde doku hasarını sınırlayıcı etki ortaya çıkar (Dighe, 2010; Manzoor, 2017).

3.3 Antimikrobiyal ve Antidiyareik Etkiler**:** Bromelain, E. coli ve V. cholerae kaynaklı diyareye karşı koruyucu olup, Candida albicans'a karşı antifungal etki göstermektedir. Antibiyotiklerle kombine kullanımında etkinliği artmaktadır (Pereira, 2023). Diyareye karşı etkisi, bakterilerin barsak mukozasındaki glikoprotein reseptörlerine yapışmasını engellemesine bağlanmaktadır (Hikisz, 2021).

3.4 İmmünolojik Etkiler**:** Bromelain, T hücreleri, makrofajlar ve doğal öldürücü hücreler üzerinde modülatör etki göstererek hem proinflamatuar hem de antienflamatuar sitokinlerin dengelenmesini sağlar. Bu düzenleyici rol, otoimmün hastalıklar için önemlidir (Chakraborty, 2021; Insuan, 2021).

3.5 Fibrinolitik ve Antitrombotik Etkiler**:** Bromelain fibrinolitik aktiviteyi artırarak pıhtı oluşumunu azaltır, plazma kininojen ve kinin üretimini sınırlar ve vazodilatasyon ile inflamasyonu azaltır. Protrombin süresini uzatarak antitrombotik etki gösterir (Pezzani, 2023; Deplazes, 2024).

3.6 Antikanser Etkiler**:** Çeşitli çalışmalarda bromelainin antimetastatik ve antimutajenik aktivite gösterdiği, kanser hücrelerinde büyümeyi inhibe ettiği ve apoptozu indüklediği bildirilmiştir. Kemoterapötik ajanlarla (fluorouracil, vinkristin) birlikte kullanıldığında tümör gerilemesine katkı sağladığı belirtilmiştir (Deplazes, 2024; Pakbin, 2023).

3.7 Antiödem ve Proteolitik Etkiler**:** Bromelain proteolitik bir enzim olarak proteinleri küçük peptitlere ve amino asitlere parçalayarak sindirime yardımcı olur. Aynı zamanda inflamasyon bölgesinde biriken proteinlerin yıkımını kolaylaştırarak ödemin azalmasına katkı sağlar (Lu, 2023).

3.8 Kardiyovasküler Etkiler**:** Bromelain, koroner kalp hastalıkları, hipertansiyon, periferik arter hastalıkları ve inme gibi kardiyovasküler tabloların gelişimini önleyici etki göstermektedir. Kolesterol plaklarını yıkabilmesi ve trombosit agregasyonunu inhibe etmesi nedeniyle arteriyel tromboz ve emboli riskini azaltır (Pavan, 2024; Konuklugil, 2018; Ley, 2016; Bahar, 2024).

3.9 Diğer Etkiler**:** Ananas suyunda bulunan C vitamini ağız hijyeninde önemli rol oynar; bromelain yara iyileşmesi, diyabetik ülserler ve cerrahi sonrası doku onarımını hızlandırır. Ayrıca iştah düzenleyici, kilo verme sürecini destekleyici, demir emilimini artırıcı ve mukolitik etkiler de rapor edilmiştir (Snyder , 2023; Sharma, 2023).

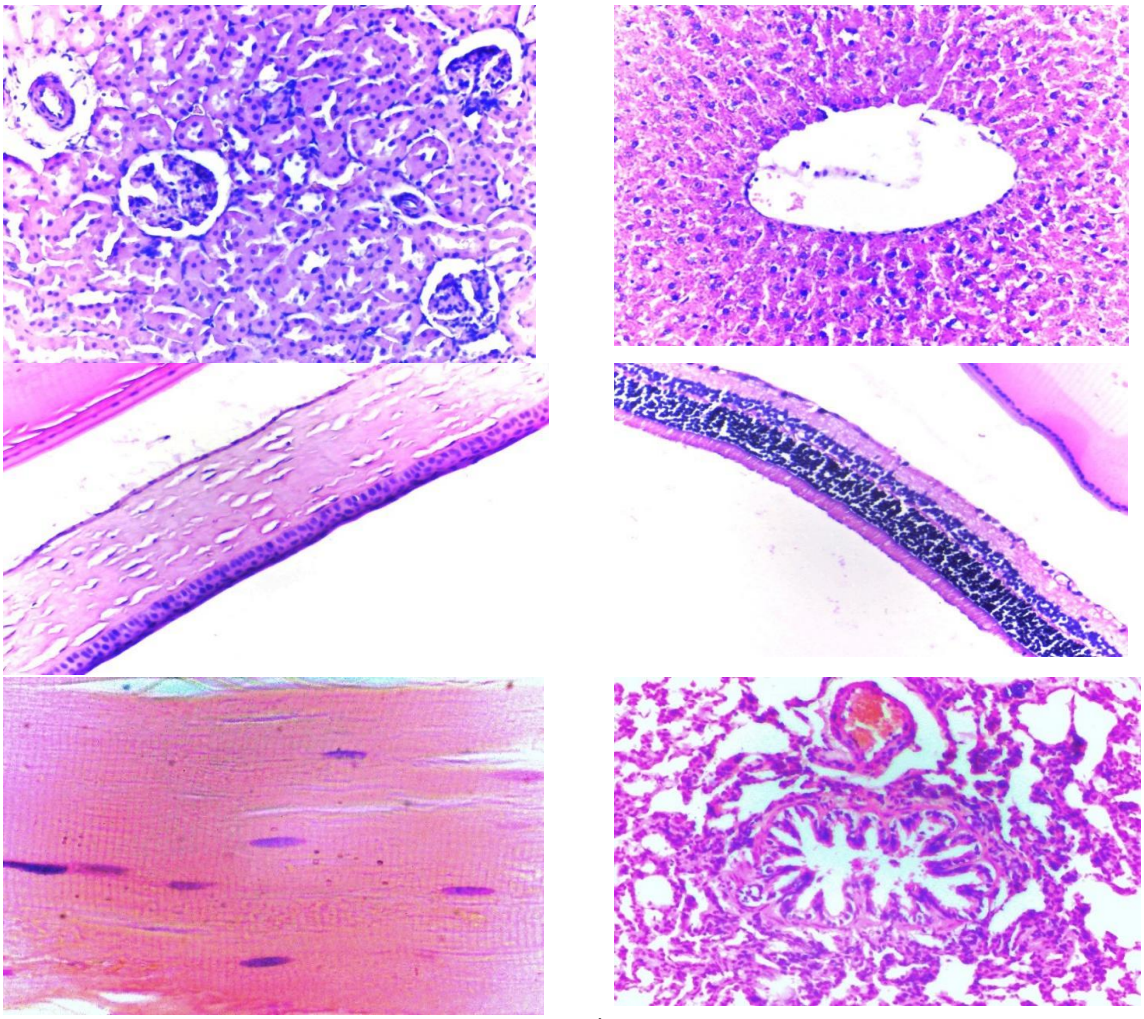
4. DENEYSEL ANTİOKSİDAN BULGULARIMIZ

Bromelainin etkilerini ortaya koyan 2025 tarihli IR hayvan modeli çalışması, bromelainin oksidatif stres ve inflamasyon üzerindeki koruyucu etkilerini hem biyokimyasal hem de histopatolojik düzeyde göstermiştir (Sezen, 2025).

Tablo 2. Deneysel IR Modelinde Bromelainin Etkileri

Parametre	IR Grubu	IR + Bromelain	Etki Yönü
Kas dejenerasyonu	↑ Belirgin	↓ Azalmış	Koruyucu
Lökosit infiltrasyonu	↑ Belirgin	↓ Azalmış	Antiinflamatuar
TAS	↓ Düşük	↑ Yükselmiş	Antioksidan
TOS	↑ Yüksek	↓ Azalmış	Antioksidan
OSI	↑ Yüksek	↓ Azalmış	Oksidatif denge

4.1.Histopatolojik Bulgular: IR grubunda kas dejenerasyonu, lökosit infiltrasyonu, nükleer piknotik internalizasyon ve fragmentasyon belirgin şekilde artmıştır. Bromelain uygulanan IR + BR grubunda bu parametreler anlamlı düzeyde azalmış, kas dokusu bütünlüğü büyük ölçüde korunmuştur. Özellikle kas dejenerasyonu ve lökosit infiltrasyonu bromelain tedavisi ile belirgin şekilde gerilemiştir ($p<0.05$).
4.2. Biyokimyasal Bulgular: IR grubunda TAS değerleri düşmüş, TOS ve OSI değerleri yükselmiştir; bu durum oksidatif stresin arttığını göstermektedir. Bromelain tedavisi ile TAS değerleri normale yaklaşmış, TOS ve OSI değerleri anlamlı şekilde azalmıştır. Bu sonuçlar bromelainin oksidatif dengeyi yeniden sağladığını ve antioksidan kapasiteyi artırdığını ortaya koymaktadır.
IR hasarının bulgularını anlamlı şekilde azaltan ve oksidatif stresin dengelendiğini gösteren bu deneysel bulgular, bromelainin antioksidan ve antiinflamatuar mekanizmalarının işlediğini göstermektedir. Bu veriler, bromelainin yalnızca teorik olarak değil, deneysel modellerde de doku hasarını sınırlayıcı etkiler sunduğunu ortaya koymaktadır (Sezen, 2025).



Şekil 1-6: Böbrek, Karaciğer, Kornea, Retina, İskelet kası ve Akciğer dokuları ile yaptığımız çalışmalarımızda İskemi-Reperfüzyon (IR) ve Bromelain uygulamalarının histopatolojik fotomikrografileri (HE, ×100).

5. KLİNİK VE TERAPÖTİK UYGULAMALAR

5.1 İnflamasyon ve Ödem: Bromelain artrit, spor yaralanmaları ve cerrahi sonrası iyileşme süreçlerinde şişlik, ağrı ve inflamasyonu azaltır. NF-κB yolunu inhibe etmesi ve TNF-α, IL-1β, IL-6 gibi sitokinlerin üretimini baskılaması klinik tabloda inflamatuar yanıtın kontrolünü sağlar (Sezen, 2025; Bayat, 2019; Didamoony, 2022).

5.2 Kanser Üzerine Etkiler: Bromelain apoptozu indükler, antimetastatik ve antimutajenik aktivite gösterir. Kemoterapötik ajanlarla kombinasyon halinde tümör gerilemesine katkı sağlar. Kolon ve meme kanseri hücrelerinde büyümeyi inhibe ettiği bildirilmiştir (Tsai, 2023; Pakbin, 2023; Deplazes, 2024).

5.3 Yaşlanma ile İlişkili Etkiler: İltihabı azaltarak yaşlanma ile ilişkili salgı fenotipini modüle edebilir ve yaşlanan hücrelerin doku fonksiyonu üzerindeki olumsuz etkilerini sınırlayabilir (Abbasi, 2016).

5.4 Dermatoloji ve Kozmetik Uygulamalar: Bromelain yara iyileşmesi ve doku onarımına katkıda bulunur. Topikal-oral uygulamalar morarma ve ödemi azaltır. Kozmetik ürünlerde antiaging, nemlendirici ve epitel yenileyici etkileri nedeniyle kullanımı önerilmektedir (Abbas, 2021; Wang, 2021; Colletti, 2021).

5.5 Bulaşıcı Hastalıklar: Bromelain viral enfeksiyonlarda hücre içi RNA kopyalarını azaltır, antibakteriyel özellikleri komplikasyon riskini düşürür. Antibiyotiklerle kombine kullanımda etkinliği artmaktadır (Ribeiro, 2023; Pereira, 2023).

5.6 Sindirim Sağlığı: Protein sindirimine yardımcı olur, pankreas yetmezliği veya sindirim enzimi eksikliklerinde faydalıdır. Hazımsızlık, şişkinlik ve mide ekşimesi gibi semptomları hafifletir (Bottega, 2021).

5.7 Kardiyovasküler Etkiler: Fibrinolitik ve antitrombotik etkileriyle tromboz riskini azaltır. Koroner kalp hastalıkları ve periferik arter hastalıklarında dolaşımı iyileştirici etkiler rapor edilmiştir (Pavan, 2012; Konuklugil, 2018; Ley, 2016; Bahar, 2024).

5.8 Cerrahi ve Yara Tedavisi: Postoperatif ödemi ve ağrıyı azaltır. Yanık tedavisinde bromelain türevleri (ör. debridaz) kullanılmıştır. Epizyotomi sonrası kadınlarda şişlik ve morarmayı azalttığı gösterilmiştir (Abbas, 2021; Walker, 2002).

5.9 Solunum Yolu Hastalıkları : Mukolitik özellikleri sayesinde sinüzit ve solunum yolu enfeksiyonlarında semptomları hafifletir. Akut astım modellerinde havayolu inflamasyonunu azalttığı bildirilmiştir (Pereira, 2023).

5.10 Prostat ve Diğer Endikasyonlar : Bromelain papain ve kersetin ile kombinasyon halinde kronik prostat tedavisinde olumlu sonuçlar vermiştir. Ayrıca iştah düzenleyici, kilo vermeyi destekleyici ve demir emilimini artırıcı vb. etkileri rapor edilmiştir (Sharma, 2023; Kansakar 2024).

Tablo 3. Bromelainin Klinik ve Terapötik Uygulamaları

Klinik Alan	Mekanizma / Etki	Klinik Yansıma
İnflamasyon ve Ödem	NF-κB inhibisyonu, TNF-α/IL-1β/IL-6 baskılanması	Artrit, spor yaralanmaları ve cerrahi sonrası inflamasyonun azalması
Kanser	Apoptoz indüksiyonu, antimetastatik ve antimutajenik aktivite	Kolon ve meme kanserinde tümör büyümesinin baskılanması, kemoterapi etkinliğinin artırılması
Yaşlanma ile ilişkili etkiler	İnflamatuar salgı fenotipinin modülasyonu	Yaşlanan hücrelerin doku fonksiyonuna olumsuz etkilerinin sınırlanması
Dermatoloji ve kozmetik	Yara iyileşmesi, epitelleştirici ve nemlendirici etki	Postoperatif ödemin azalması, antiaging kozmetik ürünlerde kullanım
Bulaşıcı hastalıklar	Antibakteriyel ve antiviral etki, antibiyotiklerle sinerji	Viral RNA kopyalarının azalması, enfeksiyon komplikasyonlarının önlenmesi

Klinik Alan	Mekanizma / Etki	Klinik Yansıma
Sindirim sağlığı	Proteolitik aktivite ile protein sindirimi	Pankreas yetmezliği ve dispepsi tedavisinde destek
Kardiyovasküler etkiler	Fibrinolitik ve antitrombotik etki	Tromboz riskinin azalması, dolaşımın iyileşmesi
Cerrahi ve yara tedavisi	Proteolitik ve antiinflamatuar etki	Postoperatif ödemin azalması, yanık ve epizyotomi sonrası iyileşmenin hızlanması
Solunum yolu hastalıkları	Mukolitik etki, havayolu inflamasyonunun baskılanması	Sinüzit ve astımda semptomların hafiflemesi
Prostat ve diğer endikasyonlar	Kombinasyon tedavilerinde sinerji (papain, kersetin)	Kronik prostat tedavisinde fayda, iştah düzenleme, kilo verme desteği, demir emilimi artışı

6. TARTIŞMA

Deneysel ve klinik veriler birlikte değerlendirildiğinde, bromelainin çok yönlü biyolojik etkileri açıkça ortaya çıkmaktadır. Antioksidan ve antiinflamatuar mekanizmalar, hem iskemi-reperfüzyon (IR) hayvan modellerinde hem de klinik uygulamalarda doku koruyucu etki göstermektedir (Sezen. 2025; Pavan, 2012; Konuklugil, 2018; Pezzani, 2023). Bu bulgular, bromelainin yalnızca teorik bir biyolojik ajan değil, aynı zamanda deneysel verilerle desteklenen klinik potansiyeli olan bir terapötik bileşik olduğunu ortaya koymaktadır. Bununla birlikte, klinik uygulamalarda standart dozaj protokollerinin belirlenmesi ve geniş ölçekli randomize kontrollü insan çalışmalarının yapılması gerekliliği devam etmektedir (Rathnavelu, 2016; Manzoor, 2017; Locci, 2024).

6.1 Deneysel Bulguların Önemi: Sezen ve arkadaşlarının 2025 yılında gerçekleştirdiği akciğer, karaciğer, böbrek ve kas dokularını içeren IR hayvan modeli çalışması, bromelainin oksidatif stres ve inflamasyonu baskılayarak doku bütünlüğünü koruduğunu göstermiştir (Sezen. 2025. Bu bulgular, bromelainin antioksidan kapasiteyi artırarak ve inflamatuar yanıtı sınırlayarak sistemik düzeyde koruyucu etki sunduğunu ortaya koymaktadır.

6.2 Klinik Bulgularla Uyum: Farmakolojik ve klinik derlemeler, bromelainin artrit, kardiyovasküler hastalıklar, kanser ve cerrahi sonrası iyileşme gibi farklı alanlarda benzer mekanizmalarla fayda sağladığını göstermektedir. Deneysel IR bulguları ile klinik gözlemler arasındaki uyum, bromelainin laboratuvardan kliniğe geçiş potansiyelini güçlendirmektedir. Bu paralellik, bromelainin translasyonel araştırmalarda dikkate değer bir aday olduğunu ortaya koymaktadır.

6.3 Güçlü Yönler: Bromelainin en önemli avantajlarından biri düşük toksisite profilidir; yüksek dozlarda dahi güvenli kullanım rapor edilmiştir (Bormann, 2016). Ayrıca çoklu etki mekanizmasına sahip olması, antioksidan, antiinflamatuar, fibrinolitik ve immünomodülatör özelliklerin birlikte bulunması onu geniş bir klinik yelpazede uygulanabilir kılmaktadır (Akhter, 2021). Spor yaralanmalarından kardiyovasküler hastalıklara, onkolojiden sindirim sistemi bozukluklarına kadar farklı alanlarda kullanım potansiyeli, bromelainin modern tıpta tamamlayıcı bir tedavi ajanı olarak önemini artırmaktadır.

6.4 Zayıf Yönler: Bromelainin klinik uygulamalarındaki en önemli sınırlılık, standart dozaj protokollerinin henüz net olarak belirlenmemiş olmasıdır. Farklı çalışmalarda kullanılan doz aralıkları ve uygulama süreleri heterojenlik göstermekte, bu da klinik sonuçların karşılaştırılmasını güçleştirmektedir (Kritis, 2020). Ayrıca, mevcut klinik çalışmaların büyük kısmı küçük ölçekli olup, geniş popülasyonlarda etkinlik ve güvenlik verileri sınırlıdır.

6.5 Toksisite ve Güvenlik Profili: Bromelainin toksisite düzeyi oldukça düşüktür. Hayvan çalışmalarında LD50 değerleri fare, tavşan ve kobaylarda 10 g/kg; köpeklerde ise 750 mg/kg'a kadar çıkmıştır ve uzun süreli uygulamalarda ciddi yan etki gözlenmemiştir. İnsanlarda günde 3.000 FIP ünite, 10 gün boyunca uygulandığında kan pıhtılaşma parametrelerinde anlamlı değişiklik saptanmamıştır (Bormann, 2016). En sık bildirilen yan etkiler hafif gastrointestinal rahatsızlıklar olup, nadiren alerjik reaksiyonlar gözlenmiştir. Polen ve latekse duyarlı bireylerde alerji riski artmaktadır (Bottega, 2021). Gebeler, emziren kadınlar, karaciğer ve böbrek hastalığı olan bireylerde ise kullanım önerilmemektedir (Ribeiro, 2023).

7. GELECEK PERSPEKTİFLERİ

Bromelainin deneysel ve klinik bulgularla desteklenen çok yönlü biyolojik etkileri, gelecekteki araştırmalar için önemli fırsatlar sunmaktadır. Antioksidan, antiinflamatuar, fibrinolitik ve immünomodülatör özelliklerin bir arada bulunması, bu doğal enzim kompleksini translasyonel araştırmalar açısından değerli bir aday haline getirmektedir. Ancak, klinik uygulamaların yaygınlaşabilmesi için bazı kritik noktaların netleştirilmesi gerekmektedir.

7.1 Standart Dozaj Protokollerinin Belirlenmesi: Mevcut klinik çalışmalar farklı doz aralıkları ve uygulama süreleri kullanmakta, bu da sonuçların karşılaştırılabilirliğini sınırlamaktadır. Gelecek araştırmaların, bromelain için standart dozaj protokollerini belirlemesi ve farklı klinik tablolar için optimum kullanım koşullarını ortaya koyması gereklidir (Rathnavelu, 2016; Manzoor, 2017; Locci, 2024).

7.2 Büyük Ölçekli Randomize Kontrollü Çalışmalar: Bugüne kadar yapılan klinik araştırmaların çoğu küçük örneklem gruplarıyla sınırlı kalmıştır. Bromelainin etkinliğini ve güvenliğini güçlü kanıtlarla desteklemek için çok merkezli, geniş ölçekli randomize kontrollü insan çalışmaları zorunludur. Bu çalışmalar, bromelainin farklı klinik alanlardaki translasyonel değerini netleştirecektir.

7.3 Mekanistik Çalışmaların Derinleştirilmesi: Bromelainin antioksidan ve antiinflamatuar etkileri deneysel düzeyde ortaya konmuş olsa da, moleküler düzeydeki mekanizmaların ayrıntılı biçimde açıklanması gerekmektedir. Özellikle NF-κB, COX-2, VEGF ve MMP gibi sinyal yolları üzerindeki etkilerin daha kapsamlı şekilde incelenmesi, bromelainin farmakodinamik profilini güçlendirecektir (Pereira, 2023).

7.4 Klinik Uygulama Alanlarının Genişletilmesi: Mevcut bulgular bromelainin artrit, kardiyovasküler hastalıklar, onkoloji, spor yaralanmaları ve cerrahi sonrası iyileşme gibi alanlarda fayda sağladığını göstermektedir. Gelecek perspektifleri, bromelainin dermatoloji, yaşlanma biyolojisi, immünolojik hastalıklar ve enfeksiyon kontrolü gibi yeni klinik alanlarda da araştırılmasını içermektedir (Abbas, 2021; Wang, 2021).

7.5 Güvenlik ve İlaç Etkileşimleri: Bromelainin düşük toksisite profili güçlü bir avantajdır; ancak bazı ilaçlarla (ör. antikoagülanlar, antibiyotikler, kemoterapötikler) etkileşim potansiyeli bulunmaktadır. Gelecek çalışmaların bu etkileşimleri sistematik biçimde değerlendirmesi, klinik güvenlik profilini daha da netleştirecektir (Akhter, 2021).

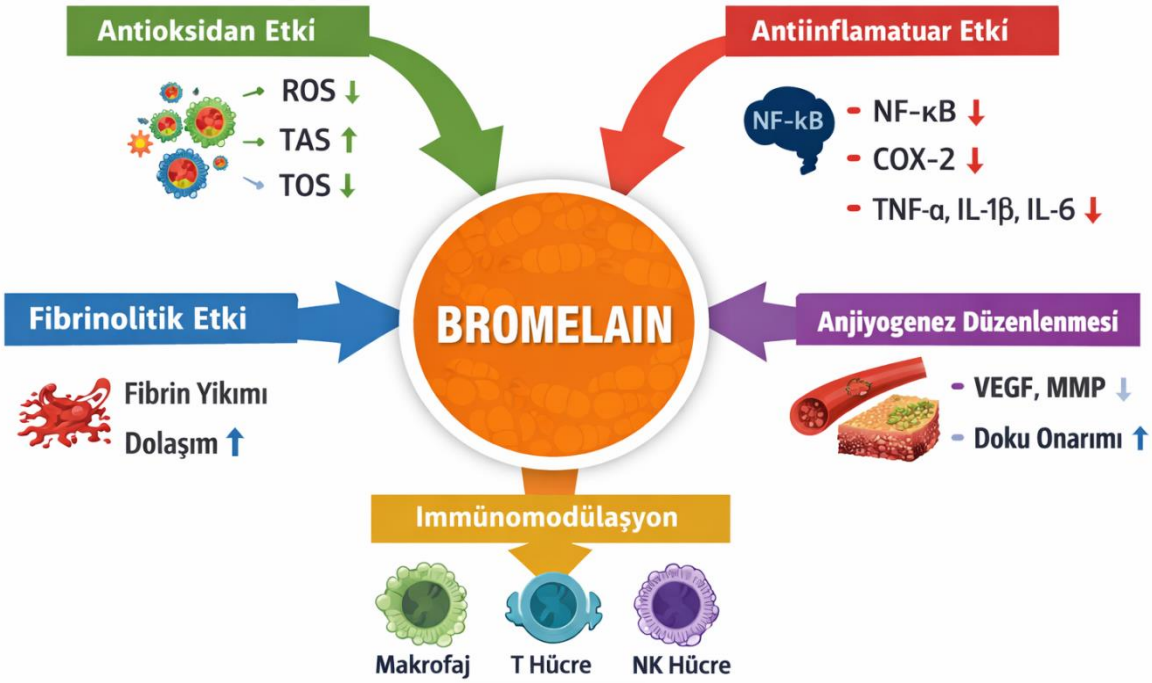
8. GENEL DEĞERLENDİRME VE SONUÇ

Deneysel ve klinik bulguların bütüncül değerlendirilmesi, bromelainin oksidatif stres ve inflamasyonla ilişkili patolojilerde dikkate değer bir terapötik potansiyel sunduğunu göstermektedir. Özellikle iskemi-reperfüzyon modellerinde elde edilen veriler, bromelainin antioksidan kapasiteyi artırarak ve inflamatuar yanıtı baskılayarak doku bütünlüğünü koruduğunu ortaya koymuştur (Pavan, 2012; Konuklugil, 2018; Pezzani, 2023; Sezen. 2025).

Klinik düzeyde ise artrit, kardiyovasküler hastalıklar, onkolojik tablolar, cerrahi sonrası iyileşme ve spor yaralanmaları gibi farklı alanlarda benzer mekanizmalarla fayda sağladığı bildirilmiştir (Manzoor, 2017; Sahu, 2022; Locci, 2024).

Bromelainin güçlü yönleri arasında düşük toksisite profili, çoklu etki mekanizmalarının bir arada bulunması ve geniş klinik uygulama yelpazesi yer almaktadır (Bormann, 2016; Akhter,2021). Bununla birlikte, klinik uygulamalarda karşılaşılan en önemli sınırlılık, standart dozaj protokollerinin henüz net olarak belirlenmemiş olmasıdır. Çalışmalarda kullanılan doz aralıklarının heterojenliği ve klinik örneklem büyüklüklerinin sınırlı kalması, sonuçların genellenebilirliğini azaltmaktadır.

Sonuç olarak, bromelain deneysel kanıtları klinik potansiyelle birleştiren, düşük toksisite profili ve geniş biyolojik etki yelpazesi sayesinde modern tıpta tamamlayıcı bir tedavi ajanı olarak öne çıkan bir bileşiktir. Ancak, klinik uygulamaların yaygınlaşabilmesi için daha güçlü kanıtlar sağlayacak geniş ölçekli randomize kontrollü insan çalışmalarına ve standart dozaj protokollerinin belirlenmesine ihtiyaç vardır. Bu bağlamda bromelain, gelecekteki tedavi stratejilerinde umut vadeden bir aday olarak değerlendirilmektedir.



Grafikal özet 1: Bromelainin; antioksidan, anti-enflamatuar, fibrinolitik, immünomodülasyon ve anjiyogenez düzenlemesi yolları özet olarak görülmektedir.

KAYNAKÇA

Abbas, S., Shanbhag, T. (2021). Applications of bromelain from pineapple waste towards acne. *Saudi Journal of Biological Sciences, 28*(1), 1001–1009. https://doi.org/10.1016/j.sjbs.2020.11.071

Abbasi Habashi, S., Sabouni, F., Moghimi, A. (2016). Bromelain modulation of NF - κB mediated iNOS/NO production in rat microglial cells. *Iranian Journal of Medical Sciences, 20*(1), 33–40.

Akhter, J., Quéromès, G., Pillai, K., et al. (2021). Combination of bromelain acetylcysteine (BromAc) synergistically inactivates SARS-CoV-2. *Viruses, 13*(3), 425. https://doi.org/10.3390/v13030425

Bahar, M. (2024). Therapeutic effects of bromelain: benefits, mechanisms and clinical applications.. *Retroductive Medicine Sciences, 1*(1), 6–23.

Bayat, S., Amiri, N., Pishavar, E., et al. (2019). Bromelain-loaded chitosan nanofibers for burn wound healing in animal models. *Life Sciences, 229,* 57–66. https://doi.org/10.1016/j.lfs.2019.05.019

Bormann, K. H., Weber, K., Kloppenburg, H., et al. (2016). Perioperative bromelain therapy after wisdom teeth extraction: Randomized, placebo-controlled, double-blinded, dose-finding study. *Phytotherapy Research, 30*(12), 2012–2019. https://doi.org/10.1002/ptr.5707

Bottega, R., Persico, I., De Seta, F., et al. (2021). Anti-inflammatory properties of bromelain extract after simulated gastrointestinal digestion. *International Journal of Immunopathology and Pharmacology, 35,* 2058 https://doi.org/10.1177/20587384211034686

Brochard, S., Pontin, J., Bernay, B., et al. (2021). Benefit of combining curcumin, bromelain, and harpagophytum to reduce inflammation in osteoarthritic synovial cells. *BMC Complementary Medicine and Therapies, 21*(1), 261. https://doi.org/10.1186/s12906-021-03435-7

Chakraborty, A. J., Mitra, S., Tallei, T. E., et al. (2021). Bromelain a potential bioactive compound: A comprehensive overview from a pharmacological perspective. *Life (Basel), 11*(4), 317. https://doi.org/ 10.3390/life11040317

Colletti, A., Li, S., Marengo, M., Adinolfi, S., & Cravotto, G. (2021). Advances and perspectives on bromelain processing, pharmacokinetics and therapeutic uses. *Applied Sciences, 11*(18), 8428. https://doi.org/ 10.3390/app11188428

Deplazes, B.C., Hofmaenner, D.A., Scheier, T.C., et al.(2024).Enzymatic debridement with bromelain and development of bacteremia in burn injuries: A retrospective cohort study. *Burns, 50*(2), 405–412. https://doi.org/10.1016/j.burns.2023.09.012

Didamoony, M. A., Atwa, A. M., & Ahmed, L. A. (2022). Bromelain ameliorates D-galactosamine-induced acute liver injury: Role of SIRT1/LKB1/AMPK, GSK3β/Nrf2 pathways. *Journal of Pharmacy and Pharmacology, 74*(12), 1765–1775. https://doi.org/10.1093 /jpp/rgac123

Dighe, N., Pattan, S. R., Merekar, N. A., Laware, R. B., Bhawar, S. B., et al. (2010). Bromelain: A miraculous supplement – Review. *Pharmacologyonline, 1*, 11–18.

Hikisz, P., & Bernasinska-Slomczewska, J. (2021). Beneficial properties of bromelain. *Nutrients, 13*(12), 4313. https://doi.org/10.3390/nu13124313

Insuan, O., Janchai, P., et al. (2021). Anti-inflammatory effects of bromelain from pineapple rhizome via downregulation of NF-κB and MAPKs in LPS-stimulated RAW264.7 cells. *Current Issues in Molecular Biology, 43*(1), 93–106. https://doi.org/10.3390/cimb43010008

Kansakar, U., Trimarco, V., et al. (2024). Exploring therapeutic potential of bromelain: Applications, benefits and mechanisms. *Nutrients, 16*, 2060. https://doi.org/10.3390/nu16132060

Konuklugil, B., & Kuşdemir, O. (2018). Bromelain. *Journal of Literature in Pharmacy Sciences, 7*(1), 1–10. https://doi.org/10.5336/pharmsci.2017-56115

Kritis, P., Karampela, I., Kokoris, S., & Dalamaga, M. (2020). Bromelain and curcumin as immune-boosting nutraceuticals in prevention of severe COVID-19. *Metabolism Open, 8*, 100066. https://doi.org/10.1016/ j.metop.2020.100066

Kumar, V., Mangla, B., Javed, S., et al. (2023). Bromelain: Mechanisms, pharmacological effects and potential applications. *Food & Function, 14*(18), 8101–8112. https://doi.org/10.1039/ d3fo01k

Leelakanok, N., Petchsomrit, A., Janurai, T., et al. (2023). Efficacy and safety of bromelain: A systematic review and meta-analysis. *Nutrition & Health, 29*(3), 479–493. https://doi.org/ 10.1177/02601060231173732

Ley, C. M., Ni, Q., Liao, X., et al. (2016). Bromelain and cardiovascular risk factors in diabetes: An exploratory randomized, placebo-controlled, double-blind clinical trial. *Chinese Journal of Integrative Medicine, 22*(10), 728–737. https://doi.org/10.1007/s11655-016-2521-2

Locci, C., Chicconi, E., & Antonucci, R. (2024). Current uses of bromelain in children: A narrative review. *Children (Basel), 11*(3), 377. https://doi.org/10.3390/children11030377

Lu, H. C., Ng, MY., Liaoet, Y., et al. (2023). Bromelain inhibits inflammation and senescence in diabetic periodontitis: Preliminary in vitro study. *Journal of Dental Sciences, 18*, 659–665. https://doi.org/ 10.1016/j.jds.2022.09.018

Manzoor, Z., et al. (2017). Bromelain: A review of its pharmacological activities and therapeutic applications. *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine, 2017*, 3028297. https:// doi. org/10.1155 /2017/3028297

Pakbin, B., Dibazar, S. P., Allahyari, S., et al. (2023). ACE2-inhibitory effects of bromelain and ficin in colon cancer cells. *Medicina (Kaunas), 59*(2), 301. https://doi.org/10.3390/ medicina 59020301

Pavan, R., Jain, S., Shraddha, & Kumar, A. (2012). Properties and therapeutic application of bromelain: A review. *Biotechnology Research International, 2012*, 976203. https://doi.org/ 10.1155/2012/976203

Pereira, I.C., Vieira, E.E., Torres, L.R., et al.(2023).Bromelain supplementation and inflammatory markers: A systematic review of clinical trials. *Clinical Nutrition ESPEN, 55*, 116–127. https://doi.org/10.1016 /j.clnesp.2023.01.005

Pezzani, R., Jiménez-Garcia, M., Capó, X., et al. (2023). Anticancer properties of bromelain: State-of-the-art and recent trends. *Frontiers in Oncology, 12*, 1068778. https://doi.org/10.3389/ fonc.2023.1068778

Rathnavelu, V., Alitheen, N. B., Sohila, S., Kanagesan, S., & Ramesh, R. (2016). Potential role of bromelain in clinical and therapeutic applications. *Biomedical Reports, 5*(3), 283–288. https://doi.org/ 10.3892/ br.2016.720

Ribeiro, M.R., Conceição, M. E. B. A.M., Bezerra, D.K.O., et al. (2023).Bromelain does not provide significant analgesic and anti-inflammatory benefits in cats undergoing ovariohysterectomy. *Journal of the American Veterinary Medical Association, 261*(9), 1297–1304. https://doi.org/10.2460/javma. 23.06.0303

Sahu, M., Sharma, A. K., Sharma, G., Kumar, A., et al. (2022). Bromelain copper nanoparticles improve therapeutic potential against acute myocardial infarction in diabetic rats. *Canadian Journal of Physiology and Pharmacology, 100*(3), 210–219. https://doi.org/10.1139/cjpp-2021-0129

Sezen, S.C., Demirtaş, H., Yıldırım, A.K., Özer, A., Dursun, A.D., Küçük, A., et al. (2025). Protective role of bromelain's antioxidant and anti-inflammatory effects in experimental lower extremity ischemia-reperfusion injury. *Scientific Reports, 15,* 45355. https://doi.org/10.1038/s41598-025-29645-4

Sharma, G., & Vimal, A. (2023). Bromelain: An enzyme expanding its horizon from food to pharmaceutical industry. *Current Pharmaceutical Biotechnology, 24*(14), 1715–1726. https://doi.org/10.2174/13892

Snyder, R. J., Singer, A. J., Dove, C. R., et al. (2023). Bromelain-based enzymatic debridement in venous leg ulcers and diabetic foot ulcers: Proof-of-concept study. *Wounds, 35*(12), E414–E419. https://doi.org/ 10.25270/wnds/23099

Tsai, K. Y., Wei, P. L., et al. (2023). Cytotoxic properties of bromelain alone or with chemotherapeutic agents in colorectal cancer cells. *PLoS ONE, 18*(6), e0285970. https://doi.org/10.1371/ journal.pone.0285970

Varilla, C., Marcone, M., Paiva, L., & Baptista, J. (2021). Bromelain, a group of pineapple proteolytic complex enzymes (Ananas comosus) and their possible therapeutic and clinical effects. *Foods, 10*(10), 2249. https://doi.org/10.3390/foods10102249

Walker, A. F., Bundy, R., Hicks, S. M. (2002). Bromelain reduces mild acute knee pain in healthy adults: Open study. *Phytomedicine, 9*(8), 681–686.

Wang, S., Li, J., Ma, Z., et al. (2021). Sequential therapeutic hydrogel with antibacterial activity for deep burn wounds. *Frontiers in Bioengineering and Biotechnology, 9,* 794769. https://doi.org/ 10.3389/ fbioe.2021. 794769

CONFIDENCE ADLI TAMAMLAYICI YEM MADDESİNİN YARA İYİLEŞMESİ ÜZERİNE KLİNİK ETKİNLİĞİNİN GÖZLEMLENMESİ VE BİYOKİMYASAL ÖNEMİ

OBSERVATION OF THE CLINICAL EFFECTIVENESS AND BIOCHEMICAL SIGNIFICANCE OF THE COMPLEMENTARY FEEDING SUBSTANCE CONFIDENCE ON WOUND HEALING

Dr. Ahmet Esat GÖNER
Kafkas University,Faculty of Medicine, Department of Medical Biochemistry, Kars-Turkey
ORCID: 0000-0001-6387-6702

Doç. Dr. Hatice Esra DURAN
Kafkas University, Faculty of Medicine, Department of Medical Biochemistry,Kars-Turkey
ORCID: 0000-0003-2080-0091

Abstract
Wound healing remains crucial in both human and animal health. The risk of secondary infections and sepsis in injured tissue due to oxidative stress should never be ignored. Many medications are generally applied topically as ointments in wound healing. If proper treatment is not provided, potential infections resulting from immunosuppression and tissue destruction in the wound area will inevitably lead to dysfunction in the affected tissue and spread to surrounding tissues and organs. Therefore, many treatment methods are being tried. Oxygen molecules, when administered hyperbarically, are currently used as a supportive treatment for respiratory tract diseases. However, the active oxygen compound (H2O8), produced by enriching oxygen atoms in water with electromagnetic systems, eliminates oxidative stress in tissues and plays a role in metabolism as an octaoxidant. In many cases, it acts as both a supportive and standalone therapeutic agent. Confidence, a supplementary feed additive, is thought to revolutionize wound treatment today due to its octa-oxidant structure and its excellent effect on both pre-inflammatory mediators in wound tissue and oxidant compounds in the environment.
Keywords: Wound, Confidence, Oxidative Stress, Tissue

Özet
Yara iyileşme süreci hem insan sağlığında hemde hayvan sağlığında önemini halen daha korumaktadır.Yaralanan dokuda meydana gelecek olan oksidatif strese bağlı olarak dokuda şekillenecek sekonder enfeksiyonlar ve sepsis riski asla göz ardı edilmemelidir.Yara sağaltımında birçok ilaçlar genelde pomat şeklinde topikal olarak uygulanmaktadır.Yara bölgesinde immun süpresyona ve doku yıkımlanmasına bağlı oluşacak muhtemel enfeksiyonların uygun sağlatım yapılmadığı takdirde ilgili dokuda disfonksiyon yapması ve çevre doku ve organlara yayılım göstermesi kaçımılmazdır.Bu sebeple birçok tedavi yöntemi denenmektedir.Oksijen molekülü günümüzde hiperbarik olarak verildiğinde solunum yollarının hastalıklarında tedaviye destek olarak kullanılmaktadır.Ancak sudaki oksijen atomlarının elektromanyetik sistemlerle zenginleştirilmesi sonucu ortaya çıkarılan aktif oksijen bileşiği (H_2O_8) dokulardaki oksidatif stresi yok etmesi ve oktaoksidan olarak metabolizmada rol oynaması bakımından birçok vakada tedaviye hem destek hemde tek başına bir tedavi edici ajan olarak karşımıza çıkmaktadır.Confidence isimli tamamlayıcı yem maddesinin oktaoksidan yapısı sayesinde hem yara dokusundaki preinflamatuar mediatörlere hemde ortamdaki oksidan bileşiklere mükemmel etkisiyle günümüzde yara tedavisinde çığır açacağı düşünülmektedir.
Anahtar Kelimler: Yara,Confidence,Oksidatif Stres,Doku

GİRİŞ

Deri,organizmaadaki en büyük organdır.Bu organın bariyer görevini sürdürmesi bakımından işlevsel olarak vazgeçilmezdir (Stamm ve ark. 2016).Deri;termoregülasyon,vücut metabolizmasını koruma,hidratasyon ve olası patolojilere karşı organizmada fiziksel bir bariyer olması gibi birden fazla hayati görevleri üstlenmektedir (Anjum ve ark.2017).

Derinin süperfisyal alanları harika bir iyileşme gösterirken;derin katmanları ise uygun sağaltım seçenekleri olmadan iyileşmesi güç bir hal almaktadır.Yara sağaltımının eksik olması veya yaraya geç müdahale edilmesi durumunda ciddi sağlık sorunları ve hatta mortalite tabloları ortaya çıkmaktadır.

WHO'nun istatistiksel verilerine bakıldığında yanık sebebiyle 180.000 ölüm gerçekleşmekte ve yılda 11 milyondan fazla cilt yarası için vaktinde ve etkili tıbbi sağaltıma gereksinim duyulmaktadır (Sun ve ark.2022).

YARA İYİLEŞME AŞAMALARI

Yaralanmalarda skar doku bırakmadan iyileşmeyi sağlamada gayet etkili tedavi seçenekleri olmasının yanısıra halen daha cilt iyileşmesinin mükemmelen olması önemli derecede bir zorluk olmayı sürdürmektedir.Yara iyileşme adımları hemostaz,inflamasyon,proliferasyon ve hedef dokunun tekrar şekillenmesi adı altında 4 farklı süreçten müteşekkildir (Sun ve ark.2022).

İyileşme Aşaması	**Şekillenme Zamanı**	**Süresi**	**Karaktersitik Proses**
Hemostaz Fazı	Yaralanmadan hemen sonraki aşama	1-2 gün	Vazokonstriksiyon Trombosit aggregasyonu Koagulasyon Pıhtı oluşumu
İnflamasyon Fazı	Yaralanmadan Sonraki 1.ve 2.günler	4-7 gün	Kapillar damarlarda permeabilite artışı Nötrofil ve makrofajların ilgili dokuya göç etmesi Bakteri ve ölü dokuların fagositozu Homeostazis
Proliferasyon (Onarım) Fazı	İkinci-üçüncü günler	2-4 hafta	Fibroblast, endotelial hücreler ve keratinosit aktivasyonu Kollajen sentezi Büyüme faktörlerinin salınımı Granulasyon dokusu oluşumu Anjiyogenezis Yara kontraksiyonu Re-epitelizasyon
İlgili Dokunun Tekrar Şekillenmesi	Yara iyileşmesinin bütün aşamaları	3 hafta-2 yıl	İyileşmede rolü bilinen hücrelerin apoptozisi Granülasyon dokusunda azalma Vasküler regresyon Yeni matriks oluşumu

(Özaydın İsa 2023).

CONFIDENCE TAMAMLAYICI YEM MADDESİ

Confidence;hayvan sağlığında geniş bir kullanım alanına sahip olan, içerik olarak sudaki oksijen atomlarının elektromanyetik ortamda zenginleştirilmesiyle elde edilen oktaoksidan bir tamamlayıcı ye maddesidir (Anonim 2026).

İçeriğinde bulunan aktif oksijen bileşiği canlı organizmada antiviral,antibakteriyel,antifungal ve antioksidan özelliklerini kapsamaktadır.Yapılan bütün toksikılojik,fizyolojik,mikrobiyolojik ve biyokimyasal testlerden başarı ile geçen organizma için en az su kadar güvenli alanında gayet güçlü bir bileşiktir (www.baynova.com.tr).

ARAŞTIRMA VE BULGULAR

Veteriner kliniğimize ısırılma vakasıyla gelen 3 yaşında erkek Kuvasz cinsi köpekte yara bölgeleri traş edildikten sonra özellikle baş bölgesindeki ısırık hattının derinin alt katmanlarındada perforasyon şekillendirdiği tespit edildi.Yara bölgesinde oluşan inflamasyon için beta lactam grubu antiyotikle tedaviye başlandı ve yaranında kapanması ve dokudaki antioksidan enzimlerin etkinliğinin arıtırlması için aktif oksijen bileşiği içeren confidence tamamlayıcı yem maddesi sprey şeklinde yara bölgesine günde 3 defa uygulanmaya başlandı.Klinik iyileşme belirtileri 3.günde yara bölgesinin kabuklanması ve yara dudaklarının merkeze doğru çekilmesiyle gözlemlendi.Aynı zamanda tedaviye ilk 2 günde nonsteroid antienflamatuar ajanlarla ve C vitaminiyle destek verildi.Hastamızın tedavisi başarılı bir şekilde tamamlanıp taburcu edildi.Yara iyileşme aşamaları belirli gün aralıklarında çekildi aşağıdaki görsellerdedir;

SONUÇ

Yara,veteriner hekimlik alanında önemli konulardan birisidir ve hem veteriner hekimler hemde hasta sahipleri açısından büyük bir problem teşkil etmektedir.Kaynaklarda bulunan ve bilime ışık tutan son güncel çalışmalar açık yaraların temelinde var olan patofizyolojiyle ilgili olarak her konuyu ayrıntılı bir biçimde açıklamasına rağmen yara sağaltımı ve bakımı ile ilgili ana ilkeler hale daha önemini korumaktadır. Günümüzde gerek beşeri hekimlik gerekse veteriner hekimlikte yara bakım ürünü olarak yüzlerce ticari preperat ve topikal ajan piyasaya arz edilmiştir.Bunların yanısıra sayısız geleneksel ve ampirik yöntemde mevcuttur.Halen bu konunun güncelliğini koruması yara sağaltımında bazı yerlerin eksik kaldığını düşündürmekte ve güçlü bir sağaltıcı arayışı belirmektedir.Beşeri hekimlikte oksijen molekülü hem solunum sisteminde hemde dermatolojide geniş kullanım alanına sahiptir.Veteriner hekimlikte ise bu molekülün kullanımı kısıtlıdır.Confidence tamamlayıcı yem maddesi ise yukarıda anlattığımız gibi güçlü etkileri ve güçlü içeriği sayesinde yara sağaltımı konusunda veteriner hekimlikte bir umut teşkil etmiştir.

Kullandığımız vakalarda yaranın hemostaz ve inflamasyon fazında dahi ciddi güzel sonuçlar elde etmemize öncülük etmiştir.Bu ürünün ileride yapılacak saha ve akademik çalışmalarda da yara sağaltımı konusunda çok daha güzel etkileri olduğu anlaşılacak ve veteriner hekimlikte alanında çok güçlü bir ajan olarak yaygın kullanım bulacağını düşünmekteyiz.

KAYNAKÇA

1-Stamm, A., Reimers, K., Strauß, S., Vogt, P., Scheper, T., & Pepelanova, I., 2016, In vitro wound healing assays–state of the art. BioNanoMaterials, 17(1-2), 79-87.
2-Anjum, F., Agabalyan, N. A., Sparks, H. D., Rosin, N. L., Kallos, M. S., & Biernaskie, J., 2017, Biocomposite nanofiber matrices to support ECM remodeling by human dermal progenitors and enhanced wound closure. Scientific reports, 7(1), 1-17.
3-Sun, G., Qin, J., Chen, F., & Wu, P., 2022, Recent Advances in Bioengineered Scaffolds for Cutaneous Wound Healing. Frontiers in Bioengineering and Biotechnology, 244.
4-Özaydın İsa,Yara İyileşmesi Etkileyen Faktörler Yara Temizliği ve Enfeksiyon Kontrolü, Technical and Agrarian sciences,2023.
5-www.baynova.com.tr

ALLERGY DEVELOPING IN A CHILD PATIENT AFTER SEVOFLURANE ANESTHESIA: A CASE REPORT

SEVOFLURAN ANESTEZİSİ SONRASI ÇOCUK HASTADA GELİŞEN ALERJİ : OLGU SUNUMU

Doç. Dr. Işın Gençay
Kırıkkale Üniversitesi Tıp Fakültesi Hastanesi, Anesteziyoloji ve Reanimasyon Kliniği, Türkiye
ORCID: 0000-0001-5279-9975

Arş. Gör. Dr. Yiğit Ali Keleş
Kırıkkale Üniversitesi Tıp Fakültesi Hastanesi, Anesteziyoloji ve Reanimasyon Kliniği, Türkiye
ORCID: 0009-0008-1313-8099

Abstract

Hypersensitivity reactions are conditions characterized by an uncontrolled immune response triggered by foreign or innate allergens 1. Clinical manifestations include skin rashes and swelling, bronchospasm, airway edema, hypotension, and cardiovascular collapse 2. The most likely causes of anaphylaxis during surgery include anesthetic drugs, latex, antibiotics, blood products, chlorhexidine, sugamadics, colloids, colloid fluids, protamine, succinylchyczy, methyl methACS, succinylations. 3. When an allergy develops during anesthesia, respiratory and cardiovascular support may be required depending on the severity of the reaction. Treatment includes discontinuation of contact with the allergen, administration of 100% oxygen, initiation of intravascular volume expanders, corticosteroidss, antihistaminers, bronchodilators, and adrenaline 4. In this study, the importance of early diagnosis and treatment was emphasized by presenting a pediatric case who developed an allergic reaction after sevoflur used in inhalation anesthesia.

A six-year-old girl patient was evaluated for elective adenoidectomy and classified as ASA 1. Since the patient, whose physical examination findings were normal, was agitated and aggressive for intravenous cannulation, an inhalation anesthesia plan was made. Anesthesia induction was performed with 7% sevoflurane in 100% fractionated oxygen in patients whose electrocardiography, blood pressure, and saturation measurements were monitored. While peripheral intravenous cannulation was being applied to the patient, increased redness and skin swelling were observed on her body. Sevoflurane administration was discontinued, the anesthesia circuit was changed, and the patient was given 100% oxygen. Peripheral intravenous cannulation was established, and crystalloid fluid, antihistamine agent, bronchodilator, and steroids were administered. After the patient, whose spontaneous breathing continued, regained consciousness, she was taken to the post-anesthesia care unit. The pediatric allergy and immunology clinic was consulted, and the patient's relatives were informed about the situation.

Although serious allergic events occurring during anesthesia and in the preoperative period are rare, they can rapidly turn into life-threatening situations if not recognized and intervened in a timely manner. This case demonstrated that inhalation agents can be allergens and may cause problems in patients without intravenous cannulation during induction. Early diagnosis and treatment, intravenous cannulation and airway management are of vital importance.

Keywords: İnhalation anesthesia, İntraoperative allergy, Sevoflurane allergy

Özet

Aşırı duyarlılık reaksiyonları yabancı veya doğuştan gelen, alerjenler tarafından tetiklenen kontrolsüz bir bağışıklık yanıtı ile karakterize durumlardır (Schroeder et al., 2024). Klinik belirtileri arasında deri döküntüleri ve şişliği, bronkospazm, hava yolu şişmesi, hipotansiyon ve kardiyovasküler çöküş yer alır (Volcheck & Hepner, 2019). Ameliyat sırasında anaflaksinin en olası nedenleri anestezik ilaçlar, lateks, antibiyotikler, kan ürünleri, klorheksidin, sugammadex, kolloid sıvılar, protamin, süksinilkolin, metilmetakrilat sayılabilir ('Anaphylaxis during General Anesthesia, the Intraoperative Period, and the Postoperative Period', 1998). Anestezi sırasında alerji geliştiği zaman reaksiyonun şiddetine göre solunumsal ve kardiyovasküler olarak desteklemeler gerekebilir. Tedavisinde alerjenle temasın kesilmesi, %100 oksijen verilmesi, intravasküler volüm genişleticilerin başlanması, kortikosteroidler, antihistaminikler, bronkodilatörler, adrenalin yer alır(Lieberman, 2002).

Bu çalışmada, inhalasyon anestezisinde kullanılan sevofluran sonrasında alerjik reaksiyon gelişen çocuk hasta olgusu sunularak erken tanı ve tedavinin önemini vurgulanmıştır.

Altı yaş kız hasta elektif adenoidektomi planlanıp değerlendirilmiş ve ASA 1 olarak sınıflandırılmıştır. Fizik muayene bulguları normal olan hasta intravenöz kanülasyon için ajite ve saldırgan olduğundan inhalasyon anestezisi planı yapılmıştır. Elektrokardiyografi, tansiyon ve satürasyon ölçümleri görülen hastaya %100 fraksiyone oksijen içinde %7 sevofluran ile anestezi indüksiyonu yapılmıştır. Hastaya periferik intravenöz kanülasyon uygulanırken vücudunda kızarıklık artışı, ciltte kabarıklık oluştuğu gözlemlenmiştir. Sevofluran uygulaması sonlandırılmış ve anestezi devresi değiştirilerek hastaya %100 oksijen verilmiştir. Periferik intravenöz kanülasyon sağlanmış, kristaloid sıvı, antihistaminik, bronkodilatör ve steroid uygulanmıştır. Spontan solunumu devam eden hastanın bilinç durumu açıldıktan sonra hasta anestezi sonrası bakım ünitesine alınmıştır. Çocuk alerji ve immünoloji kliniğine konsülte edilip hasta yakınları durum hakkında bilgilendirilmiştir.

Anestezi sırasında ve ameliyat öncesi dönemde meydana gelen ciddi alerjik olaylar nadir olmakla birlikte, zamanında fark edilip müdahale edilmediği takdirde hızla hayati tehlike arz eden durumlara dönüşebilir. Bu olgu inhalasyon ajanlarının alerjen olabileceği ve indüksiyon sırasında intravenöz kanülasyonu olmayan hastalarda sorunlara neden olabileceğini göstermiştir. Erken tanı tedavisi, intravenöz kanülasyon ve hava yolu yönetimi hayati öneme sahiptir.

Anahtar kelimeler : İnhalasyon anestezisi, İntraoperatif alerji, Sevofluran alerjisi

KAYNAKLAR

Anaphylaxis during general anesthesia, the intraoperative period, and the postoperative period. (1998). *Journal of Allergy and Clinical Immunology*, *101*(6), S512–S516. https://doi.org/10.1016/s0091-6749(18)30584-0

Lieberman, P. (2002). Anaphylactic reactions during surgical and medical procedures. *Journal of Allergy and Clinical Immunology*, *110*(2 SUPPL.). https://doi.org/10.1067/mai.2002.124970

Schroeder, M. J., Kraft, C. T., Janis, J. E., & Kraft, M. T. (2024). Diagnosis and Treatment of Perioperative Allergic Complications: A Practical Review. *Plastic and Reconstructive Surgery Global Open*, *12*(4), e5734. https://doi.org/10.1097/GOX.0000000000005734

Volcheck, G. W., & Hepner, D. L. (2019). Identification and Management of Perioperative Anaphylaxis. *The Journal of Allergy and Clinical Immunology: In Practice*, *7*(7), 2134–2142. https://doi.org/10.1016/J.JAIP.2019.05.033

POSTOPERATIVE BILATERAL VOCAL CORD PARALYSIS AFTER TOTAL THYROIDECTOMY

TOTAL TİROİDEKTOMİ SONRASI GELİŞEN BİLATERAL VOKAL KORD PARALİZİSİ

Doç. Dr. Işın Gençay
Kırıkkale Üniversitesi Tıp Fakültesi Hastanesi, Anesteziyoloji ve Reanimasyon Kliniği, Türkiye
ORCID: 0000-0001-5279-9975

Arş. Gör. Abdülhamid Han Atasoy
Kırıkkale Üniversitesi Tıp Fakültesi Hastanesi, Anesteziyoloji ve Reanimasyon Kliniği, Türkiye
ORCID: 0009-0004-9393-4749

Doç.Dr.Kevser Peker
Kırıkkale Üniversitesi Tıp Fakültesi Hastanesi, Anesteziyoloji ve Reanimasyon Kliniği, Türkiye
ORCID: 0000-0003-4306-5536

ABSTRACT

The recurrent laryngeal nerve (RLN), a branch of the vagus nerve, provides motor innervation to the majority of the intrinsic muscles of the larynx (1). Injury to this nerve may result in a wide spectrum of clinical manifestations, ranging from mild voice changes to life-threatening airway obstruction. Thyroid surgery is one of the most common causes of RLN injury (2). Although rare, bilateral vocal cord paralysis is a serious and potentially fatal complication. Fixation of the vocal cords in the midline leads to airway narrowing, resulting in stridor, dyspnea, and respiratory failure (3). In this study, we present a case of early-onset bilateral vocal cord paralysis following total thyroidectomy and emphasize the importance of early diagnosis and airway management. A 54-year-old female patient was evaluated for elective thyroidectomy and classified as ASA I. Anesthesia was induced with propofol, rocuronium, and fentanyl, and endotracheal intubation was achieved using a 7.5 mm internal diameter spiral endotracheal tube. Anesthesia was maintained with sevoflurane and remifentanil infusion. At the end of the procedure, neuromuscular blockade was reversed with sugammadex, and the patient was extubated. However, following extubation, the patient developed stridor, paradoxical respiration, and severe desaturation, necessitating reintubation. Repeated extubation attempts resulted in similar findings, prompting further evaluation and raising suspicion of bilateral vocal cord paralysis. The diagnosis was supported by direct laryngoscopy and fiberoptic examination.

During the intensive care unit stay, the patient received medical therapy, diuretics, and non-invasive ventilation. Due to recurrent episodes of respiratory distress, a tracheostomy was performed on postoperative day 15. The primary management of bilateral vocal cord paralysis is securing the airway, and tracheostomy may be required in cases of persistent respiratory compromise (4). Sudden onset of stridor and respiratory failure following total thyroidectomy is a critical condition requiring immediate intervention. This case highlights that repeated extubation failure may indicate an underlying serious upper airway pathology. Early diagnosis and appropriate airway management are crucial for patient survival.

Keywords: Recurrent laryngeal nerve, vocal cord paralysis, reintubation

ÖZET

Rekürren laringeal sinir (RLN), vagus sinirinin bir dalı olup larenksin intrinsik kaslarının büyük çoğunluğunun motor innervasyonunu sağlar (1). Bu sinirin hasarı, hafif ses değişikliklerinden hayatı tehdit eden hava yolu obstrüksiyonuna kadar değişen klinik tablolara yol açabilir. Tiroid cerrahisi, RLN yaralanmalarının en sık nedenlerinden biridir (2). Bilateral vokal kord paralizisi nadir görülmesine rağmen ciddi ve potansiyel olarak ölümcül bir komplikasyondur. Vokal kordların orta hatta sabitlenmesi sonucu hava yolu daralır ve stridor, dispne ve akut solunum yetmezliği gelişebilir (3). Bu çalışmada, total tiroidektomi sonrası erken dönemde gelişen bilateral vokal kord paralizisi olgusu sunularak erken tanı ve hava yolu yönetiminin önemi vurgulanmıştır.

Elli dört yaşında kadın hasta, elektif tiroidektomi planı ile değerlendirilmiş ve ASA I olarak sınıflandırılmıştır.

Anestezi indüksiyonunda propofol, roküronyum ve fentanil kullanılarak 7.5 mm iç çaplı spiralli endotrakeal tüp ile entübasyon sağlanmıştır. Anestezi idamesinde sevofluran ve remifentanil infüzyonu uygulanmıştır. Operasyon sonrası nöromüsküler blokaj sugammadeks ile geri döndürülmüş ve hasta ekstübe edilmiştir. Ancak ekstübasyon sonrası stridor, paradoksal solunum ve ciddi desatürasyon gelişmesi üzerine hasta yeniden entübe edilmiştir. Tekrarlayan ekstübasyon girişimlerinde benzer bulguların ortaya çıkması üzerine ileri değerlendirme yapılmış ve bilateral vokal kord paralizisi düşünülmüştür. Direkt laringoskopi ve fiberoptik inceleme ile tanı desteklenmiştir. Yoğun bakım sürecinde hastaya medikal tedavi, diüretik tedavi ve non-invaziv ventilasyon uygulanmıştır. Klinik seyir boyunca tekrarlayan solunum sıkıntısı epizodları gelişmiş ve postoperatif 15. günde trakeostomi açılmıştır. Bilateral vokal kord paralizisinde temel yaklaşım hava yolu güvenliğinin sağlanması olup, persistan solunum sıkıntısında trakeostomi gerekebilir (4).

Total tiroidektomi sonrası gelişen ani stridor ve solunum yetmezliği, acil müdahale gerektiren kritik bir durumdur. Bu olgu, tekrarlayan ekstübasyon başarısızlıklarının altta yatan ciddi bir üst hava yolu patolojisinin göstergesi olabileceğini ortaya koymaktadır. Erken tanı ve uygun hava yolu yönetimi hayati öneme sahiptir.

Anahtar kelimeler: Rekürren laryngeal sinir, vokal kord paralizisi, reentübasyon

KAYNAKLAR

Standring S. Gray’s Anatomy: The Anatomical Basis of Clinical Practice. 42nd ed. Elsevier; 2020.

Randolph GW, Dralle H, Abdullah H, et al. Electrophysiologic recurrent laryngeal nerve monitoring during thyroid and parathyroid surgery: international standards guideline statement. Laryngoscope. 2011;121(S1):S1–S16.

Dionigi G, Wu CW, Kim HY, et al. Severity of recurrent laryngeal nerve injuries in thyroid surgery. World J Surg. 2016;40(6):1373–1381.

Sittel C, Eckel HE. Bilateral vocal cord paralysis: clinical course and therapeutic options. Laryngoscope. 2001;111(9):1634–1639.

PULMONARY EDEMA IN A PATIENT WITH ACROMEGALY: A CASE REPORT

AKROMEGALİ HASTASINDA PULMONER ÖDEM: OLGU SUNUMU

Doç. Dr. Işın Gençay
Kırıkkale Üniversitesi Tıp Fakültesi Hastanesi, Anesteziyoloji ve Reanimasyon Kliniği, Türkiye
ORCID: 0000-0001-5279-9975

Arş.Gör. Pınar Kara
Kırıkkale Üniversitesi Tıp Fakültesi Hastanesi, Anesteziyoloji ve Reanimasyon Kliniği, Türkiye
ORCID: 0009-0009-9358-9179

ABSTRACT

Acromegaly is a chronic endocrine disorder resulting from excessive secretion of growth hormone (GH), affecting multiple organ systems. The most common cause is pituitary adenomas, and cardiovascular and respiratory complications are the leading causes of mortality (1,2). In this case, pulmonary edema and the accompanying process of multi-organ failure in a patient with a diagnosis of acromegaly are presented.

A 65-year-old female patient presented to the emergency department with dyspnea and altered mental status. On admission, severe hypoxemia and hypercapnia were detected, and arterial blood gas analysis revealed respiratory acidosis. The patient was also found to have acute renal failure, electrolyte imbalances, and anemia. Clinical and radiological findings were consistent with pulmonary edema. Despite initiation of non-invasive mechanical ventilation (NIMV), persistent hypercapnia led to admission to the intensive care unit. During the ICU stay, a combination of high-flow nasal cannula (HFNC) and NIMV was applied. In addition, fluid overload was managed with diuretic therapy and hemodialysis. During follow-up, the patient developed atrial fibrillation with rapid ventricular response and heart failure, and echocardiography revealed impaired left ventricular function. It was considered that cardiomyopathy and valvular diseases, which are among the cardiac manifestations of acromegaly, contributed to this clinical condition (3,4). The patient's respiratory status was stabilized with non-invasive ventilatory support, and she was discharged with long-term oxygen therapy.

In patients with acromegaly, pulmonary edema generally develops as a consequence of underlying cardiac dysfunction and worsens the clinical course. Therefore, in addition to hormonal control, regular evaluation of the cardiopulmonary system is of great importance. This case emphasizes the necessity of early recognition of the multisystem effects of acromegaly and management with a multidisciplinary approach.

Keywords: Acromegaly, pulmonary edema, non-invasive mechanical ventilation

ÖZET

Akromegali, büyüme hormonunun (GH) aşırı salgılanmasına bağlı gelişen ve çoklu organ sistemlerini etkileyen kronik bir endokrin hastalıktır. En sık nedeni hipofiz adenomları olup, kardiyovasküler ve solunumsal komplikasyonlar mortalitenin başlıca nedenleridir (1,2). Bu olguda, akromegali tanısı olan bir hastada gelişen pulmoner ödem ve buna eşlik eden çoklu organ yetmezliği süreci sunulmuştur.

Altmış beş yaşında kadın hasta, dispne ve bilinç değişikliği ile acil servise başvurmuştur. Başvuru anında ciddi hipoksemi ve hiperkapni saptanmış, arter kan gazında respiratuvar asidoz izlenmiştir. Hastada akut böbrek yetmezliği, elektrolit dengesizlikleri ve anemi tespit edilmiştir. Klinik ve radyolojik bulgular pulmoner ödem ile uyumlu bulunmuştur. Non-invaziv mekanik ventilasyon (NIMV) başlanmasına rağmen hiperkapninin devam etmesi üzerine hasta yoğun bakım ünitesine alınmıştır. Yoğun bakım sürecinde hastaya yüksek akımlı nazal kanül (HFNC) ve NIMV kombinasyonu uygulanmış, aynı zamanda diüretik tedavi ve hemodiyaliz ile sıvı yükü kontrol altına alınmıştır. Takiplerde hastada hızlı ventrikül yanıtlı atriyal fibrilasyon ve kalp yetmezliği gelişmiş, ekokardiyografide sol ventrikül fonksiyonlarında bozulma saptanmıştır. Akromegalinin kardiyak etkileri arasında yer alan kardiyomiyopati ve valvüler hastalıkların bu klinik tabloya katkıda bulunduğu düşünülmüştür (3,4). Hastanın solunumsal durumu non-invaziv ventilasyon desteği ile stabilize edilmiş ve uzun süreli oksijen tedavisi ile taburculuğu sağlanmıştır.

Akromegali hastalarında pulmoner ödem, genellikle altta yatan kardiyak disfonksiyonun bir sonucu olarak ortaya çıkmakta ve klinik seyri ağırlaştırmaktadır. Bu nedenle bu hastalarda yalnızca hormonal kontrol değil, aynı zamanda kardiyopulmoner sistemin düzenli değerlendirilmesi büyük önem taşımaktadır. Bu olgu, akromegalinin multisistemik etkilerinin erken tanı ve multidisipliner yaklaşımla yönetilmesinin gerekliliğini vurgulamaktadır.

Anahtar kelimeler: Akromegali, Pulmoner Ödem, Nonınvaziv mekanik ventilatör,

KAYNAKLAR

Giustina, A., & Colao, A. (2025). Acromegaly. New England Journal of Medicine, 393, 1926.

Melmed, S. (2006). Medical progress: Acromegaly. New England Journal of Medicine, 355(24), 2558–2573.

Mosca, S., Paolillo, S., Colao, A., et al. (2013). Cardiovascular involvement in patients affected by acromegaly. International Journal of Cardiology, 167(5), 1712–1718.

Pivonello, R., Auriemma, R. S., Grasso, L. F., et al. (2017). Complications of acromegaly: Cardiovascular, respiratory and metabolic comorbidities. Pituitary, 20(1), 46–62.

BIODIESEL PRODUCTION FROM CASHEW NUT OIL AND CASHEW NUT SHELL LIQUID (ANARCADIUM OCCIDENTALE):EXTRACTION AND CHARACTERIZATION

S. Santhosh KUMAR
Assistant Lecturer, Mechanical Engineering Department, St. Joseph University in Tanzania, Dar es salaam, Tanzania, East Africa

ABSTRACT
Biodiesel production, extraction, and characterization from cashew nuts and shells were carried out utilizing conventional protocols. Using the solvent extraction approach, the extracted oils, which had production percentages of 35.5% and 51.60% for the shell and nut oil, respectively, were described and then utilized in the manufacturing of biodiesel. After the nut and shell oils were characterized, it was found that the saponification value, peroxide value, and percentage of free fatty acid for the nut/shell oil were 172.2/186.3 mgKOH, 24.6/35.6 mg/I2/g, and 0.24%/6.1%, respectively. Characterization of the produced biodiesel revealed a viscosity of 11.67 at 40°C, an acid number of 3.12 mgKOH, a flash point of 223°C, a pour point of 10.5°C, and a cloud point of 11°C. Several of these properties were found to comply with the standards set by the American Society for Testing and Materials (ASTM) for biodiesel, while minor adjustments are needed in areas where deviations were recorded. These findings confirm the feasibility of producing biodiesel from cashew nut oil, as well as the inability of cashew shell oil to yield biodiesel due to its non-triglyceride composition.
Keywords: biodiesel, extraction, transesterification, characterization.

MULTI-CONDITION RELIABILITY OPTIMIZATION OF PREVENTIVE MAINTENANCE FOR INDUSTRIAL COMBUSTION AIR SYSTEMS

Mourad NAHAL
Laboratory of Research on Electromechanical and Dependability, University of Souk Ahras, Algeria

Ibtissem SID
Laboratory of Research on Electromechanical and Dependability, University of Souk Ahras, Algeria

Abstract
This study develops a reliability-oriented framework for optimizing preventive maintenance of a critical industrial motor that drives a combustion air fan in a reheating furnace used for seamless tube production. The system plays a key role in ensuring thermal stability, which directly influences product quality and production continuity. Failure Modes, Effects, and Criticality Analysis (FMECA) was first conducted to identify dominant failure mechanisms, including bearing degradation, fan imbalance, and motor overheating. A Weibull-based reliability model was then constructed using time-between-failure (TBF) data, indicating an increasing hazard rate consistent with a wear-out degradation phase. To optimize maintenance planning, a genetic algorithm (GA) was applied to minimize a nonlinear objective function that accounts for preventive maintenance costs, corrective maintenance costs, and production downtime, while satisfying system availability constraints. The proposed model also considers both static and dynamic operating conditions, incorporating the influence of temperature and vibration. The results show fast convergence of the GA and a clear improvement over conventional maintenance policies, reducing the optimal maintenance interval from 8 months to approximately 4.0 months. Furthermore, the dynamic model provides a refined interval of 4.26 months compared to 4.37 months for the static case, indicating a more conservative and realistic maintenance strategy under variable operating conditions.
Keywords: Reliability Engineering; Weibull distribution; Preventive Maintenance; Genetic Algorithm; Optimization.

FREE VIBRATION BEHAVIOUR OF BI-PARABOLICALLY VARYING RECTANGULAR PLATE WITH THERMAL CONDITIONS

Simran SAINI
Department of Mathematics, Kurukshetra University, Kurukshetra, Haryana, BHARAT, 136119

Associate Prof. Anupam KHANNA
Department of Mathematics, Kurukshetra University, Kurukshetra, Haryana, BHARAT, 136119
ORCID: ID/0000-0003-2265-9271

Manisha
Department of Mathematics, Kurukshetra University, Kurukshetra, Haryana, BHARAT, 136119

ABSTRACT
In this paper, an analysis is presented on the free vibration behaviour of a tapered rectangular plate under thermal conditions, where the temperature varies bi-parabolically in both the x- and y-directions. The thickness of the plate is assumed to vary sinusoidally along the x-direction. Using the Rayleigh Ritz method with a two-term deflection function, an approximate but very practical frequency equation is constructed for a rectangular plate that is assumed to be clamped on all four edges. MATLAB is used to calculate both the modes of frequency, for various values of taper constant, thermal gradient and aspect ratio of the plate. The obtained results are presented in tabular as well as graphical form. Furthermore, the results of the present investigation are compared with known results available in the literature and are found to be in excellent agreement.
Keywords: Vibration, Rectangular Plate, Clamped, Taper Constant, Thermal Gradient, Variable Thickness

ÖZET
Bu çalışmada, sıcaklığın hem x hem de y doğrultularında çift parabolik (bi-parabolik) olarak değiştiği termal koşullar altında incelenen konikleşen dikdörtgen bir plağın serbest titreşim davranışı analiz edilmiştir. Plağın kalınlığının x doğrultusunda sinüzoidal olarak değiştiği varsayılmıştır. Tüm kenarları ankastre kabul edilen dikdörtgen bir plak için, iki terimli bir sehim fonksiyonu kullanılarak Rayleigh–Ritz yöntemi yardımıyla yaklaşık ancak oldukça kullanışlı bir frekans denklemi elde edilmiştir. MATLAB programı kullanılarak, farklı koniklik sabiti, termal gradyan ve en-boy oranı değerleri için ilk iki doğal frekans modu hesaplanmıştır. Elde edilen sonuçlar tablo ve grafikler halinde sunulmuştur. Ayrıca, mevcut çalışmanın sonuçları literatürde yer alan bilinen sonuçlarla karşılaştırılmış ve sonuçların mükemmel düzeyde uyum gösterdiği görülmüştür.
Anahtar Kelimeler: Titreşim, Dikdörtgen Plak, Ankastre Mesnetleme, Koniklik Sabiti, Termal Gradyan, Değişken Kalınlık.

NOMENCLATURE

a	length of rectangular plate
b	breath of rectangular plate
m	aspect ratio $\left(b/a\right)$
x, y, z	coordinates in the plane of plate
E	Young's modulus
E_0	Young's modulus at reference temperature
ν	Poisson's ratio
h	thickness of plate
h_0	thickness of plate at $x=0$
ρ	mass density per unit volume of plate's material
ρ_0	mass density per unit volume of plate's material at $x=0$

D_1	flexural rigidity
$w(x,y,t)$	transverse deflection of plate at point
$W(x,y)$	deflection function
p	natural frequency
α	temperature constants
β	taper constant $(0 \le \beta < 1)$
γ	slope of variation of E and τ
τ	temperature excess above the reference temperature at any point
τ_0	temperature excess above the reference temperature at $x = 0$

INTRODUCTION

Vibration is a common phenomenon observed in almost every engineering structure and mechanical system. Its study has remained important from early industrial developments to modern advanced fields such as aerospace and mechanical engineering. Structural elements like plates, which are thin and flat in shape, are widely used in practical applications. These include aircraft panels, turbine components, ship structures, nuclear installations, and electronic devices.

Temperature effects further complicate the behaviour of plates. Changes in temperature can alter material properties such as elasticity, density, and Poisson's ratio. Thermal gradients also generate internal stresses due to uneven expansion, which affects the vibration characteristics of the structure. In applications like high-speed aircraft, power plants, and chemical industries, plates are often exposed to significant and varying thermal conditions. Therefore, understanding the vibration behaviour of such plates under thermal influence is essential for safe and efficient design.

The monograph by (Magrab, 2012) presented the fundamental concepts of vibration theory for elastic systems and explained the dynamic behaviour of elastic structures. (Leissa, 1969) provided a comprehensive review of vibration investigations on plates of different geometries and boundary conditions. (Reddy, 2007) developed advanced theories for elastic plates and shells and discussed their applications in vibration analysis. (Chakraverty, 2009) presented detailed analytical and numerical approaches for vibration analysis of plates under different physical conditions. (Khanna and Singhal ,2016) studied the effect of plate parameters on isotropic tapered rectangular plates under different boundary conditions and observed that taper constants and boundary constraints strongly influence the natural frequencies. (Khanna and Sharma, 2011) further analyzed the vibration behaviour of visco-elastic square plates of variable thickness subjected to thermal gradient and highlighted the influence of temperature distribution on the dynamic response. (Gupta and Kaur, 2008) studied the effect of thermal gradient on free vibration of clamped visco-elastic rectangular plates with linear thickness variation in both directions. Their investigation revealed that both thermal gradient and tapering parameters considerably modify the frequency parameters. (Khanna and Kaur, 2016) examined the vibration behaviour of non-uniform visco-elastic rectangular plates under thermal gradient and reported significant changes in vibration characteristics due to thermal effects. (Gupta and Khanna, 2007) investigated visco-elastic rectangular plates with linearly varying thickness in both directions and showed that thickness variation plays an important role in determining the natural frequencies of the plate. (Gupta et al., 2010) further analyzed visco-elastic rectangular plates whose thickness varies linearly in one direction and parabolically in the other direction. Their study demonstrated that combined linear and parabolic thickness variations have a considerable influence on the vibration behaviour of rectangular plates. (Gupta et al., 2014) investigated the forced vibration behaviour of non-homogeneous rectangular plates with linearly varying thickness and demonstrated the significant influence of thickness variation on the dynamic response of the plate. (Gupta and Kumar, 2008) studied the thermal effect on vibration of non-homogeneous visco-elastic rectangular plates with linearly varying thickness and observed that thermal gradient considerably affects the natural frequencies. (Khanna and Kaur, 2013) analyzed the effect of thermal gradient on tapered rectangular plates and concluded that temperature variation plays an important role in modifying vibration characteristics. (Khanna and Kaur, 2018) studied the effect on the vibration of clamped rectangular plate with the non-linear thickness variation under thermal condition.

Here the non-linear thickness variation was taken as parabolic in the x-direction. The plate material was considered to be isotropic and visco-elastic. (Kaur et al., 2018) analyzed the vibration behaviour of tapered non-homogeneous rectangular plates considering various structural parameters and concluded that taper constants, non-homogeneity, and boundary conditions strongly affect the frequency parameters.

This work focuses on the thermal effect on the vibration of tapered rectangular plate whose thickness varying sinusoidally in x direction. It is assumed that the plate is clamped on all the four edges and its temperature varies bi-parabolically in both the directions (x and y direction). The Rayleigh-Ritz technique has been used to determine the frequency equation of the plate. For varies numerical values of thermal gradient (α), taper constants (β) and aspect ratio (m) frequency for the two modes of vibration are calculated with the help of MATLAB. Results are well tabulated and explained with the help of graph.

GEOMETRY OF PLATE

Let us consider a tapered rectangular plate for the study of vibration. The plate has length a along OA in the x-direction and width b along OB in the y-direction, while the thickness h is taken along the z-direction as shown in Fig. 1. In the present study, the thickness of the plate is assumed to vary along the x- direction, i.e. $h = h(x)$, representing a tapered thickness distribution. Since the thickness is very small compared to the in-plane dimensions ($h \ll a, b$), the plate is treated as a thin plate in accordance with classical plate theory.

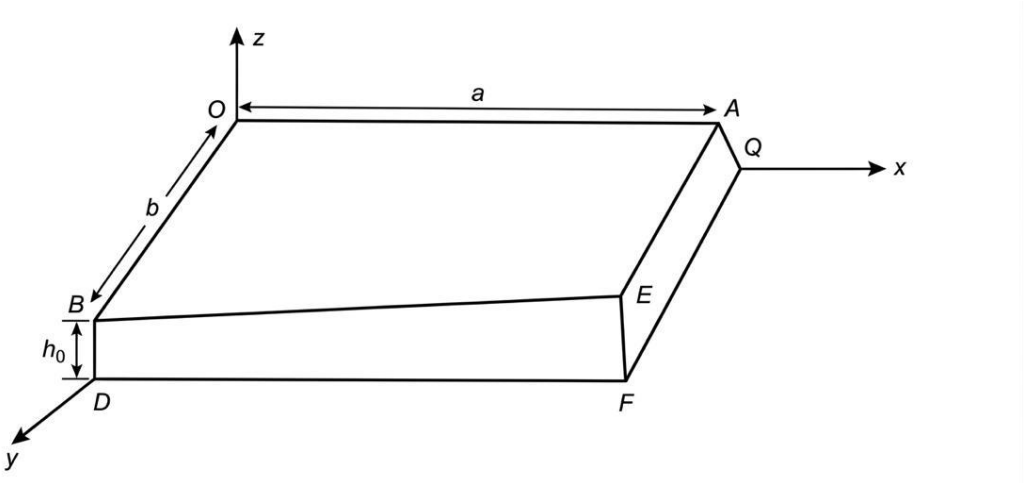


Fig. 1: Geometry of a tapered rectangular plate

EQUATION OF MOTION

Differential equation of motion for rectangular plate of variable thickness is given by (Khanna and Kaur, 2013);

$$D_1\left(\frac{\partial^4 W}{\partial x^4} + 2\frac{\partial^4 W}{\partial x^2 \partial y^2} + \frac{\partial^4 W}{\partial y^4}\right) + \rho h w_{tt} = 0 \tag{1}$$

where $D_1 = \dfrac{Eh^3}{12(1-\nu^2)}$ is flexural rigidity of plate material.

The deflection can be considered as a product of two functions as (Khanna and Kaur, 2016):

$$w(x, y, t) = W\,(x, y)\sin(pt) \tag{2}$$

where W represents spatial mode shape, $\sin(pt)$ represents time variation and p represents how fast the plate oscillates, it is known as natural frequency.

Substituting Eqn. (2) into (1), one obtains

$$D_1\left(\frac{\partial^4 W}{\partial x^4} + 2\frac{\partial^4 W}{\partial x^2 \partial y^2} + \frac{\partial^4 W}{\partial y^4}\right) - \rho h p^2 W = 0 \tag{3}$$

MODEL ASSUMPTIONS

Thickness variation:

The author of this study made the assumption that the rectangular plate's thickness would vary. The thickness of the rectangular plate is assumed to vary sinusoidally in a single direction, i.e.

$$h = h_0\left[1 + \beta \sin\left(\frac{\pi x}{2a}\right)\right] \tag{4}$$

The thickness statement in Eqn. (4) makes it clear that the thickness has a maximum value of $2h_0$ (at x=a and β=1) and a minimum value of h_0 (at x=0). For the model's practical use, the maximum value of β in this computation section is 0.8.

Temperature variation:

Different combinations of temperature variation have been studied by different writers in the available literature because temperature influences the vibrational characteristics of the rectangular plate. Here, the authors made the following assumption for bi-parabolic temperature variation (Khanna and Singhal, 2016):

$$\tau = \tau_0\left(1 - \frac{x^2}{a^2}\right)\left(1 - \frac{y^2}{b^2}\right) \tag{5}$$

The temperature dependence of the modulus of elasticity can be expressed as follows (Khanna and Kaur, 2016):

$$E = E_0(1 - \gamma\tau) \tag{6}$$

where $E_0$is Young's modulus at reference temperature i.e. $\tau = 0$ and γ is the slope of the variation of E with τ. After using Eqn. (5) in Eqn. (6), one gets

$$E = E_0\left\{1-\alpha\left(1-\frac{x^2}{a^2}\right)\left(1-\frac{y^2}{b^2}\right)\right\} \tag{7}$$

where, $\alpha = \tau_0 (0 < \alpha < 1)$ is the thermal gradient (Khanna and Singhal, 2016).
From the value of h and E , the expression of the flexural rigidity (D_1) becomes

$$D_1 = \frac{E_0\left\{1-\alpha\left(1-\frac{x^2}{a^2}\right)\left(1-\frac{y^2}{b^2}\right)\right\}\left\{h_0\left(1+\beta \sin\frac{\pi x}{2a}\right)\right\}^3}{12\left(1-\nu^2\right)} \tag{8}$$

Boundary conditions

In this study, we discussed the vibration of a rectangular plate which is clamped on all the four edges.

The boundary conditions for clamped boundary (C-C-C-C) is (Kaur et al., 2018)

$$W = \frac{\partial W}{\partial x} = 0, x = 0, a$$

$$W = \frac{\partial W}{\partial y} = 0, y = 0, b$$

To satisfy above conditions, corresponding two-term deflection function is taken as (Gupta and Khanna, 2007):

$$W = \left[\left(\frac{x}{a}\right)\left(1-\frac{x}{a}\right)\left(\frac{y}{b}\right)\left(1-\frac{y}{b}\right)\right]^2\left[A_1+A_2\left(\frac{x}{a}\right)\left(1-\frac{x}{a}\right)\left(\frac{y}{b}\right)\left(1-\frac{y}{b}\right)\right] \tag{9}$$

where A_1 and A_2 are arbitrary constants.

METHODELOGY

The Rayleigh Ritz technique is applied to solve the frequency equation. In this method, the maximum Strain Energy (U_1) must be equal to the maximum Kinetic Energy (T_1). So, it is necessary for the problem under consideration that (Khanna and Kaur, 2016):

$$\delta(U_1 - T_1) = 0 \tag{10}$$

The maximum strain energy (U_1) is as follow (Magrab, 2012):

$$U_1 = \int_0^a \int_0^b D\left\{\left(W_{,XX}\right)^2 + \left(W_{,YY}\right)^2 + 2vW_{,XX}W_{,YY} + 2(1-v)\left(W_{,XY}\right)^2\right\} dXdY \tag{11}$$

The maximum kinetic energy (T_1) is as follow (Gupta and Kaur, 2008)

$$T_1 = \frac{1}{2}p^2 \int_0^a \int_0^b h\,\rho \mathrm{W}^2 dydx \tag{12}$$

where p^2 is the natural frequency.
In order to make the calculation easy and convenient, we introduced non-dimensional variables as (Gupta and Kaur, 2008)

$$X = \frac{x}{a}\ , \quad Y = \frac{y}{a}$$

The expressions for the kinetic energy (T_1) of an isotropic rectangular plate is as follows (Khanna and Kaur, 2016):

$$T_1 = \frac{1}{2}\rho p^2 a^2 h_0 \int_0^1 \int_0^m \left(1 + \beta \sin\frac{\pi X}{2}\right) W^2 dXdY \tag{13}$$

Using Eqn. (4), Eqn. (7) in Eqn. (11) we get the expression of maximum strain energy (U_1) is as follows:

$$U_1 = \frac{E_0 {h_0}^3}{24a^2} \int_0^1 \int_0^m \left\{\frac{\left[1 - \alpha(1-X^2)\left(1 - \frac{a^2}{b^2}Y^2\right)\right]\left[1 + \beta \sin\frac{\pi X}{2}\right]^3}{(1-v^2)}\right\} \left\{\left(W_{,XX}\right)^2 + \left(W_{,YY}\right)^2 + 2vW_{,XX}W_{,YY} + 2(1-v)\left(W_{,XY}\right)^2\right\} dXdY$$

$$U_1 = Q \int_0^1 \int_0^m \left\{\frac{\left[1 - \alpha(1-X^2)\left(1 - \frac{a^2}{b^2}Y^2\right)\right]\left[1 + \beta \sin\frac{\pi X}{2}\right]^3}{(1-v^2)}\right\} \left\{\left(W_{,XX}\right)^2 + \left(W_{,YY}\right)^2 + 2vW_{,XX}W_{,YY} + 2(1-v)\left(W_{,XY}\right)^2\right\} dXdY \tag{14}$$

where $Q = \frac{E_0 {h_0}^3}{24a^2}$, $m = b/a$ is the aspect ratio.

On Using Eqn. (13) and Eqn. (14) in Eqn. (10), one gets (Khanna and Kaur, 2016):

$$({U_1}^* - \lambda^2 {T_1}^*) = 0 \tag{15}$$

here, $\lambda^2 = \frac{12a^4 \rho p^2 (1-v^2)}{E_0 {h_0}^2}$, is the expression of the required frequency parameter.

Eqn. (15) consists of two unknown constants, i.e. A_1 and A_2 arising due to the substitution of W. These two constants are to be determined as follows (Khanna and Kaur, 2016):

$$\frac{\partial}{\partial A_n}({U_1}^* - \lambda^2 {T_1}^*) = 0 \qquad , n = 1,2 \tag{16}$$

From Eqn. (16), we may obtain the following (Khanna and Singhal, 2016):

$$b_{n1}A_1 + b_{n2}A_2 = 0 \qquad , n = 1,2 \tag{17}$$

where b_{n1} and b_{n2} include structural parameters.

In order to get a non-trivial solution of Eqn. (17), we have (Khanna and Kaur, 2016):

$$\begin{vmatrix} b_{11} & b_{12} \\ b_{21} & b_{22} \end{vmatrix} = 0 \tag{18}$$

Eqn. (18) is a bi-quadratic equation in λ . Various values of the frequency parameter for different values of the structural parameters are computed.

RESULTS AND DISCUSSION

First two modes of frequency are calculated by using MATLAB for different combinations of taper constant (β), aspect ratio(m), and thermal gradient parameter (α). All the values are shown in the form of tables as well as graphs for the better understanding of readers.

The numerical results for the first two modes of the frequency with increasing value of taper constant (β) (from 0.0 to 0.8), at a fixed value of aspect ratio (m=0.5) are listed in Table 1 for different values of α (from 0.0 to 0.8).

From Table 1, it can be seen that the frequency (for both the modes) increases as taper constant (β) increases from 0.0 to 0.8 for all values of α. This shows that tapering makes the plate comparatively stiffer, which results in higher frequencies. On the other hand, for a fixed value of β, the frequency decreases slightly with an increase in α, due to thermal softening of the material. Here the increasing α reduces the effective Young's Modulus and consequently the flexural rigidity of the plate, leading to lower stiffness and hence, lower vibration frequencies.

Table 1. Frequency vs Taper Constant at m = 0.5

β	α=0.0		α=0.2		α=0.4		α=0.6		α=0.8	
	λ_1	λ_2	λ_1	λ_2	λ_1	λ_2	λ_1	λ_2	λ_1	λ_2
0.0	26.2414	104.9475	25.0089	100.0704	23.7084	94.9441	22.3266	89.5861	20.8447	83.7605
0.2	29.4317	117.7492	28.1812	112.8290	26.8637	107.6865	25.4656	102.2888	23.9682	96.5945
0.4	32.8844	131.6962	31.5965	126.6564	30.2392	121.4112	28.7981	115.9339	27.2533	110.1915
0.6	36.5186	146.4206	35.1768	141.2042	33.7613	135.7928	32.2567	130.1633	30.6416	124.2880
0.8	40.2789	161.6865	38.8703	156.2516	37.3827	150.6271	35.7996	144.7927	34.0981	138.7242

Variations in frequency (for both modes) which are discussed in Table 1 are also shown in Fig. 2 (for mode1) and Fig. 3 (for mode 2) respectively. With the help of graphs, the decreasing behaviour of both the modes of frequency with increasing taper constant is observed. The variation of frequency with thermal gradient is illustrated using different colors for each value of thermal gradient.

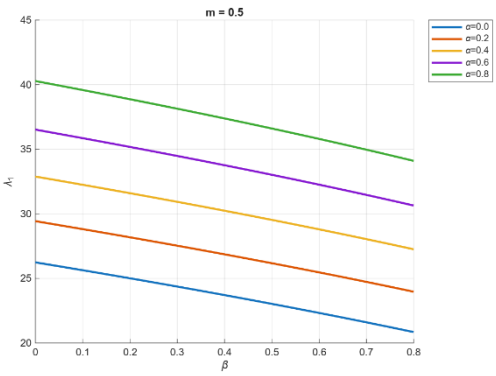


Fig. 2. Mode 1 of Frequency vs Taper Constant at m = 0.5

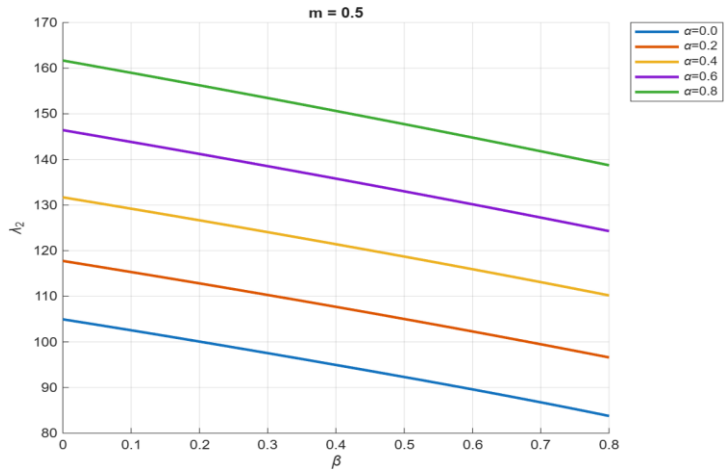


Fig. 3. Mode 2 of Frequency vs Taper Constant at m = 0.5

Like Table 1, Table 2 and Table 3 represent the frequency behaviour corresponding to different values of α and β, at m=1.0 and 1.5 respectively.
The results of Table 2 show a similar trend as observed for Table 1 (m=0.5).

Table 2. Frequency vs Taper Constant at m = 1.0

β	α=0.0		α=0.2		α=0.4		α=0.6		α=0.8	
	λ_1	λ_2	λ_1	λ_2	λ_1	λ_2	λ_1	λ_2	λ_1	λ_2
0.0	38.3547	150.0999	36.5550	143.0665	34.6563	135.6704	32.6930	127.8493	30.4757	119.5208
0.2	43.3176	169.8409	41.4065	162.3422	39.3930	154.4840	37.2570	146.2043	34.9699	137.4338
0.4	48.5330	190.5687	46.4919	182.5413	44.3430	174.1479	42.0697	165.3339	39.6272	156.0300
0.6	53.9204	211.9653	51.7355	203.3644	49.4358	194.3880	46.9985	184.9829	44.3916	175.0824
0.8	59.4279	233.8303	57.0887	224.6237	54.6271	215.0289	52.0185	204.9934	49.2289	194.4514

However, the frequencies in Table 2 are higher as compared to Table 1 for corresponding values of parameters. Quantitatively the increment in frequencies is observed to be nearly 40-45% for both the modes of vibration. It also proves that frequency depends on shape (aspect ratio) of the plate.
Variation in frequency (for both modes) of Table 2 are also shown in Fig. 4 (for mode 1) and Fig. 5 (for mode 2) respectively. Again in both the figure, different colored curves indicates the frequency values at different thermal gradient levels.

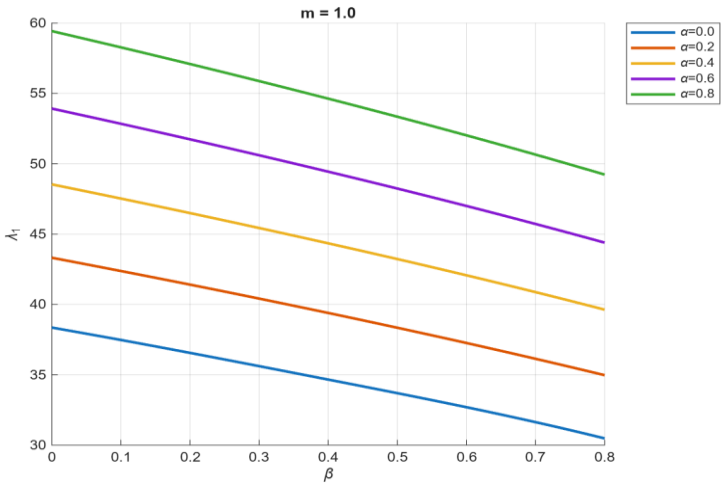


Fig. 4. Mode 1 of Frequency vs Taper Constant at m = 1.0

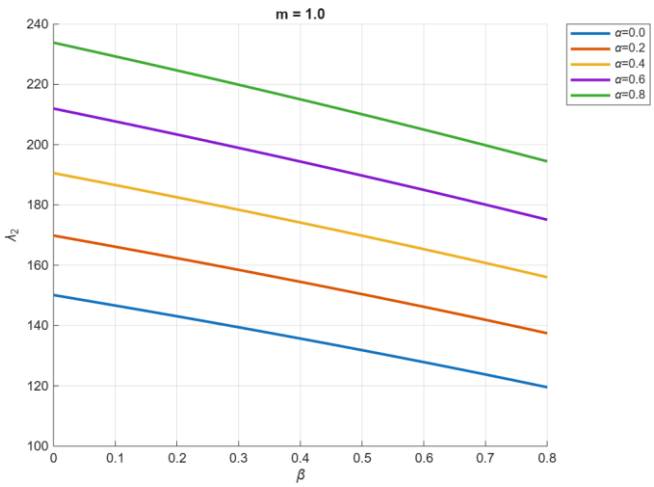


Fig. 5. Mode 2 of Frequency vs Taper Constant at m = 1.0

From Table 3 it is again observed that frequencies for both the modes follow the same variation pattern as discussed in previous tables. The only noticeable difference in Table 3 is the change in magnitude of the frequency values, which are comparatively higher (maximum) than Table 1 and Table 2.

Table 3. Frequency vs Taper Constant at m = 1.5

β	***α*=0.0**		***α*=0.2**		***α*=0.4**		***α*=0.6**		***α*=0.8**	
	λ_1	λ_2	λ_1	λ_2	λ_1	λ_2	λ_1	λ_2	λ_1	λ_2
0.0	64.8295	256.2018	61.7860	244.2428	58.5750	231.6697	55.1632	218.3775	51.5042	204.2275
0.2	73.5886	291.5287	70.2523	278.3353	66.6362	264.4884	63.0054	249.8799	59.0109	234.3697
0.4	82.6063	327.7950	78.9597	313.3131	75.1198	298.1328	71.0492	282.1428	66.6958	265.1192
0.6	91.8003	364.7028	87.8312	348.8945	83.6542	332.3402	79.2293	314.9239	74.5009	296.4967
0.8	101.1187	402.0650	96.8130	384.9035	92.2946	366.9461	87.5050	384.0717	82.3901	328.1252

From the Tables 1, 2 and 3, if one compared the value of first mode of frequency (λ_1) at fixed value of taper constant (β) and thermal gradient parameter (α) say at α=β=0; it is observed that at m=1.0 (Table 2) the value of first two modes of frequency is about ~1.47 times greater than the value at m=0.5 (Table 1) and at m=1.5 (Table 3) it is about ~1.7 times greater than the value at m=1.0.

The same trend is observed for all the other values of taper constant (β) and thermal gradient parameter (α).

Variation in first and second mode of frequency in Table 3 is graphically shown in Fig. 6 and 7 respectively.

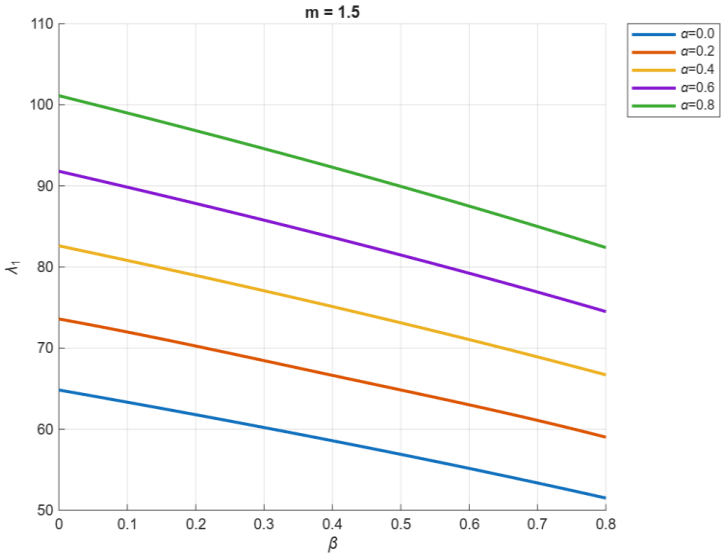


Fig. 6. Mode 1 of Frequency vs Taper Constant at m = 1.5

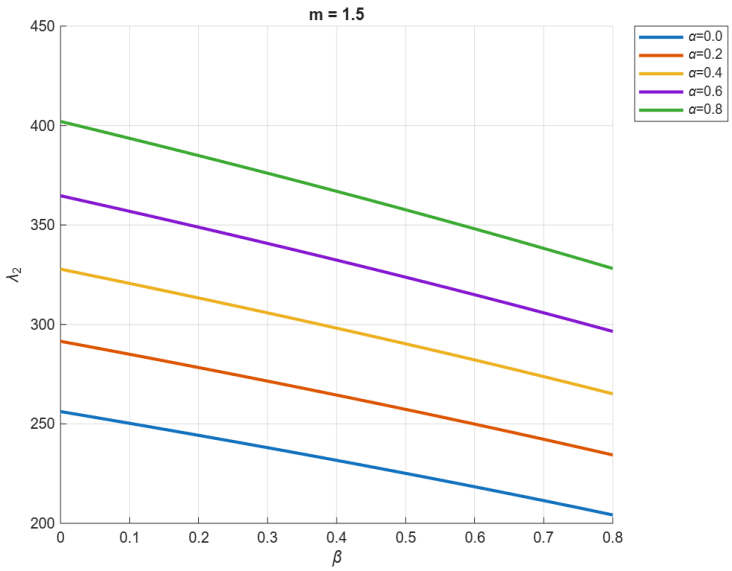


Fig. 7. Mode 2 of Frequency vs Taper Constant at m = 1.5

To facilitate a cleaner understanding of the influence of the aspect ratio (m) on the frequency parameter; a new table (Table 4) has been prepared by extracting selective representative values from the preceeding three tables. Table 4 presents the relevant frequency values in a compact form, enabling easier comparison of the results and proving a more direct interpretation of the effect of m on vibrational

characteristic of the plate. This table shows that as m increases, both the modes of frequency increases at each fixed value of α and β. This also indicates that an increase in aspect ratio enhances the stiffness characteristics of the plate, resulting in higher natural frequencies.
Furthermore, the second mode frequencies are consistently higher than those of the first mode across all cases. The influence of taper constant and thermal gradient remains consistent with earlier observations, with tapering contributing to an increase in frequency, while thermal effects tend to slightly reduce it.

Table 4. Frequency vs Aspect Ratio (m)

m	***β*=*α*=0.0**		***β*=*α*=0.4**		***β*=*α*=0.8**	
	λ_1	λ_2	λ_1	λ_2	λ_1	λ_2
0.5	26.2414	104.9475	30.2392	121.4412	34.0981	138.7242
1.0	38.3547	150.0999	49.4358	194.3880	49.2289	194.4514
1.5	64.8295	256.2018	75.1198	298.1328	82.3901	328.1252

The above explanation can be clearly understood from Fig. 8 and Fig. 9.

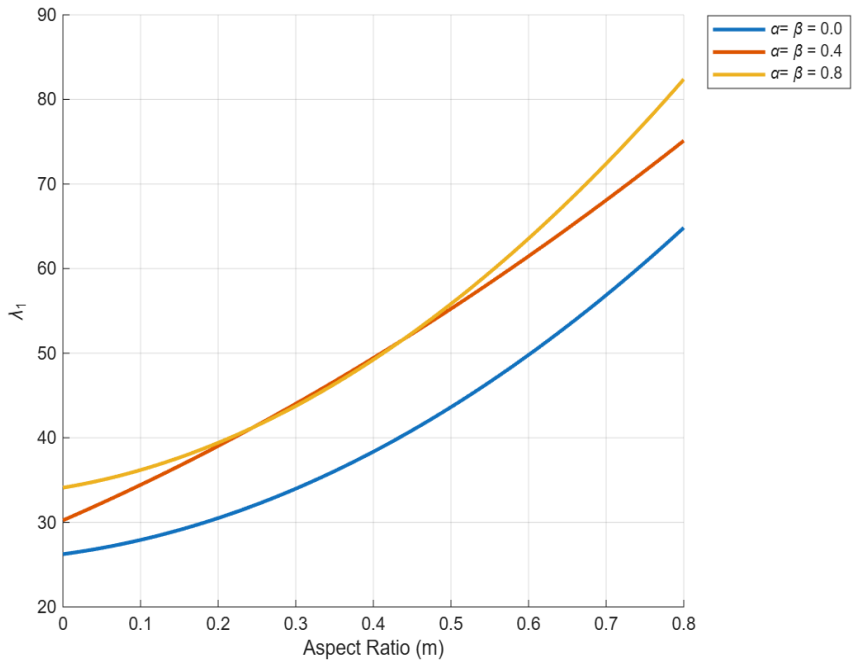


Fig. 8. Mode 1 of Frequency vs Aspect Ratio

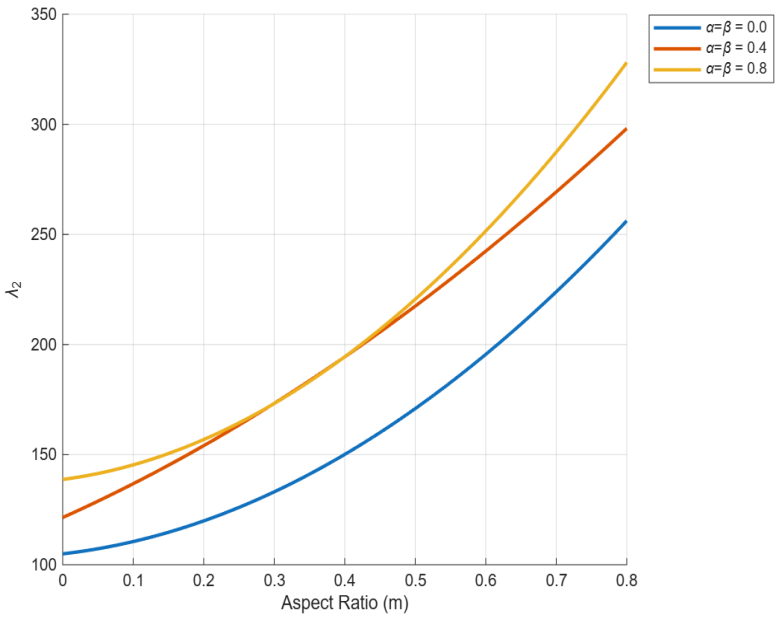


Fig. 9. Mode 2 of Frequency vs Aspect Ratio

Comparison

On comparing the results of the present paper with (Kaur et al., 2018) (sinusoidal thickness variation in x-direction, sinusoidal variation in both temperature and non -homogeneity) for corresponding values of structural parameters, author found an excellent agreement as follows:

Table 5. Frequency Vs Aspect Ratio(m)

m	***β=α*=0.0**		***β=α*=0.4**		***β=α*=0.8**	
	λ_1	λ_2	λ_1	λ_2	λ_1	λ_2
0.5	26.24{26.2}	104.94{104.9}	30.23{34.50}	121.44{137.57}	34.09{53.16}	138.72{213.84}
1.0	38.35{38.3}	150.09{150.10}	49.43{55.63}	194.388{217.12}	49.22{93.67}	194.45{354.06}
1.5	64.82{64.82}	256.20{256.20}	75.11{99.58}	298.13{392.38}	82.39{173.74}	328.12{653.47}
*** Results in {} are from (Kaur et al., 2018).**						

Frequency for both the modes of vibration for present paper and (Kaur et al., 2018) is given in Table 5 with varying aspect ratio for the following cases:

i. $\beta = \alpha = 0$
ii. $\beta = \alpha = 0.4$
iii. $\beta = \alpha = 0.8$

In case (i), no change is found between the result of the present paper and (Kaur et al., 2018).
In case (ii), an increment is found in the results of (Kaur et al., 2018) as compared to the results of the present study.
In case (iii), a noticeable increment is found in the results of the paper (Kaur et al., 2018) with the results of the present investigation.
The above comparison can be easily depicted from the graphs mentioned below:

CONCLUSION

The main conclusions drawn from this study are as follows:

- The numerical values of frequency can help readers to calculate more values of frequency at desired plate parameters.
- The study reveals that an increase in aspect ratio leads to an increase in the frequency values for both modes of vibration.
- Boundary conditions directly affect the vibrational characteristic of the rectangular plate.
- With increasing values of thermal gradient, frequency decreases for both the modes of vibration of plate this indicates that temperature variations also directly affect the vibration of plate.
- Assuming suitable values of taper parameters, desired values of frequency can be obtained by choosing appropriate taper parameters.
- The comparison of the present results with the published results available in the literature shows close agreement, which confirms the accuracy and reliability of the adopted mathematical model and computational method.

REFERENCES

Chakraverty, S. (2009). *Vibration of plates* (1st ed.). CRC Press.

Gupta, A. K., & Kaur, H. (2008). Study of the effect of thermal gradient on free vibration of clamped visco-elastic rectangular plates with linearly thickness variation in both directions. *Meccanica, 43*(4), 449–458.

Gupta, A. K., & Khanna, A. (2007). Vibration of visco-elastic rectangular plate with linearly thickness variations in both directions. *Journal of Sound and Vibration, 301*(3–5), 450–457.

Gupta, A. K., & Kumar, L. (2008). Thermal effect on vibration of non-homogenous visco-elastic rectangular plate of linearly varying thickness. *Meccanica, 43*(1), 47–54.

Gupta, A. K., Khanna, A., Kumar, S., Kumar, M., Gupta, D. V., & Sharma, P. (2010). Vibration analysis of visco-elastic rectangular plate with thickness varies linearly in one and parabolically in other direction. *Advanced Studies in Theoretical Physics, 4*(15), 743–758.

Gupta, A. K., Saini, M., Singh, S., & Kumar, R. (2014). Forced vibrations of non-homogeneous rectangular plate of linearly varying thickness. *Journal of Vibration and Control, 20*(6), 876–884.

Kaur, N., & Khanna, A. (2018). Effect of non-linear thickness variation on vibration of visco-elastic clamped rectangular plate under thermal condition. *International Journal, 2*(b2), 12.

Kaur, N., Singhal, A., & Khanna, A. (2018). A study on vibration of tapered non homogeneous rectangular plate with structural parameters. *International Journal of Applied Mechanics and Engineering, 23*(4), 873–884.

Khanna, A., & Kaur, N. (2013). Effect of thermal gradient on natural frequencies of tapered rectangular plate. *International Journal of Mathematical Analysis, 7*, 755–761.

Khanna, A., & Kaur, N. (2016). Effect of thermal gradient on vibration of non-uniform visco-elastic rectangular plate. *Journal of The Institution of Engineers (India): Series C, 97*(2), 141–148.

Khanna, A., & Sharma, A. K. (2011). Vibration analysis of visco-elastic square plate of variable thickness with thermal gradient. *International Journal of Engineering and Applied Sciences, 3*(4), 1–6.

Khanna, A., & Sharma, A. K. (2012). Mechanical vibration of visco-elastic plate with thickness variation. *International Journal of Applied Mathematical Research, 1*(2), 150–158.

Khanna, A., & Singhal, A. (2016). Effect of plate's parameters on vibration of isotropic tapered rectangular plate with different boundary conditions. *Journal of Low Frequency Noise, Vibration and Active Control, 35*(2), 139–151.

Leissa, A. W. (1969). *Vibration of plates* (NASA SP-160). National Aeronautics and Space Administration.

Magrab, E. B. (2012). *Vibration of elastic systems* (1st ed.). Waveland Press, Inc.

QTAG MODÜLLERİNDE Λ_T-İSOTİPİTLİK MERKEZLERİ

CENTERS OF Λ_T-ISOTYPITY IN QTAG-MODULES

Prof. Ayazul HASAN
Jazan University, College of Applied Indsutrial Technology, Department of Electrical Engineering Technology, Jazan, Kingdom of Saudi Arabia,
ORCİD: ID/0000-0002-4550-3618

Abstract
The determination of the QTAG-modules in which every submodule is isotype is a relatively routine exercise. There are many ideas of this type; for instance, the determination of the QTAG-modules in which every h-pure submodule is isotype due to Hasan et al. (Contrib. Math., 2023) and the QTAG-modules in which every λ_t-isotype submodule is isotype due to Hasan et al. (Gulf J. Math., 2025). The objective of this article is to explore in this direction some new characterizations by determining the QTAG-modules in which every submodule is a center of λ_t -isotypity and the QTAG-modules in which every λ_t -isotype submodule is μ_t-isotype.
Keywords: QTAG-modules, λ_t-isotype submodules, center of λ_t-isotypity.

Özet
Her altmodülün izotip olduğu QTAG-modüllerinin belirlenmesi, nispeten rutin bir uygulamadır. Bu tür birçok fikir vardır; örneğin, her h-sağlıklı altmodülün izotip olduğu QTAG-modüllerinin belirlenmesi Hasan ve ark. tarafından (Contrib. Math., 2023) ve her λ_t-izotip altmodülün izotip olduğu QTAG-modüllerinin belirlenmesi Hasan ve ark. tarafından (Gulf J. Math., 2025). Bu makalenin amacı, bu doğrultuda, her altmodülün λ_t-izotiplik merkezinde olduğu QTAG-modüllerini ve her λ_t-izotip altmodülün µt-izotip olduğu QTAG-modüllerini belirleyerek bazı yeni karakterizasyonları araştırmaktır.
Anahtar kelimeler: QTAG-modülleri, λ_t-izotip alt modülleri, λ_t-izotipliğin merkezi.

CHAPTER-AWARE RETRIEVAL-AUGMENTED GENERATION FOR KNOWLEDGE EXTRACTION FROM UNIVERSITY THESIS REPOSITORIES: A STRUCTURED LITERATURE REVIEW

A REVIEW OF RETRIEVAL-AUGMENTED GENERATION METHODS FOR LONG, STRUCTURED ACADEMIC DOCUMENTS

Agnesa BEXHETI
South East European University, Faculty of Contemporary Sciences and Technologies, Tetovo, North Macedonia,
ORCID: ID/ 0009-0007-1269-1805

ABSTRACT

Retrieval-Augmented Generation (RAG) has become a widely adopted approach for grounding Large Language Models (LLMs) in external knowledge sources, reducing hallucination and enabling source-linked answers. While RAG has been applied successfully across many domains, its behaviour on long, highly structured academic documents such as master and PhD theses remains comparatively underexplored. Standard chunking strategies, including fixed-size windows, sliding windows, and recursive character splitters, divide text purely by length and ignore the chapter and section structure that academic authors deliberately impose on their work. This paper presents a structured literature review of recent research on RAG, with a particular focus on chunking strategies, structure-aware retrieval, embedding models, vector databases, and evaluation frameworks for retrieval-augmented systems. The review covers foundational work on dense retrieval and retrieval-augmented language models, recent surveys on RAG for large language models and natural language processing, and emerging studies that treat document structure as an explicit signal during retrieval. Sources are drawn primarily from peer-reviewed venues in natural language processing and information retrieval, supplemented by recent arXiv preprints in the same area, and are organised thematically into foundations, chunking and indexing, structure-aware approaches, and evaluation. The synthesis shows that, despite rapid progress in retrieval quality and generation faithfulness, most existing pipelines still treat documents as flat token streams, and that structure-aware approaches for academic question answering are only beginning to appear. The review also identifies a clear gap in the application of RAG to institutional thesis repositories, where chapter-level structure is consistent enough to be exploited but is rarely used in practice. These findings motivate further work on chapter-aware chunking and retrieval over long academic documents and provide a basis for the methodological choices that will inform the corresponding master thesis.

Keywords: Retrieval-Augmented Generation, Large Language Models, chapter-aware chunking, academic document retrieval, literature review, vector databases

INTRODUCTION

Large language models have changed what we expect from a question-answering system, but they have not changed where the knowledge comes from. The facts live inside the parameters, fixed at the moment of training, and the model cannot easily tell us how it came to know a thing, nor whether that thing is still true today. Retrieval-Augmented Generation, proposed by Lewis et al. [1], was a direct response to this difficulty. Rather than asking the model to hold everything in memory, RAG lets it look things up: a retriever selects relevant passages from an external corpus, and the generator composes its answer while conditioning on them. Two benefits follow. Hallucination is reduced, because each answer can be tied to a source; and provenance becomes possible, because that source can be shown back to the reader. This review studies a narrow case, but one that, I will argue, matters. The case is the long and strongly structured academic document, above all the master or doctoral thesis kept in a university repository.

A thesis is not a flat text. Its author has spent many months arranging it. There is an introduction that frames the problem, a review of related work, a methodology chapter that records precisely what was done, then results, discussion, and a conclusion. This arrangement is not ornament; it is something close to a map, telling the reader where each kind of information has been placed. And yet, when a typical retrieval pipeline ingests such a document, the first thing it does is discard that map and cut the text into equal pieces measured only by length.

The aim of this paper is to review recent literature on Retrieval-Augmented Generation, with attention to the parts of the pipeline that decide whether structure survives it. These are the chunking strategies, the structure-aware retrieval methods, the embedding models and vector databases that store the result, and the frameworks used to evaluate it. From that review I then locate one gap. The gap is the application of RAG to institutional thesis repositories, where chapter-level structure is unusually consistent and yet, in practice, almost never used. The material is organised into four themes: foundations; chunking and indexing; structure-aware approaches; and evaluation. A synthesis follows, and then a frank account of the limitations of the review itself.

SCOPE AND METHOD OF THE REVIEW

The sources reviewed here are drawn first from peer-reviewed venues in natural language processing and information retrieval, among them NeurIPS, ICLR, ICML, ACL, EMNLP, EACL, and the IEEE transactions, and then supplemented by recent preprints from arXiv in the same area, where the pace of publication runs ahead of the conference calendar. Selection was guided by relevance to the four themes named above, with a deliberate preference for two kinds of work: the foundational, highly cited papers that fixed the field's vocabulary, and the newer studies that treat document structure as an explicit signal during retrieval.

I should be clear about what this review is not. It is not a systematic review in the PRISMA sense. There is no exhaustive database query, no quantitative meta-analysis, and no formal scoring of study quality. What is offered instead is a structured narrative synthesis, organised thematically, whose purpose is to make the shape of the field visible and to justify the methodological choices of the work that will follow.

FOUNDATIONS OF RETRIEVAL-AUGMENTED GENERATION

The retrieval half of RAG rests on a long tradition in information retrieval. For many years the standard was sparse lexical matching, of which BM25 remains the most enduring expression [2]; it scores a document by the terms it shares with the query, and it is still, today, a baseline that is surprisingly hard to beat. The shift came with dense retrieval. Karpukhin et al. [3], in their work on Dense Passage Retrieval, showed that learning to embed questions and passages into a shared vector space, so that a question lands near the passages that answer it, could outperform BM25 on open-domain question answering by a clear margin. REALM [4] had already shown, in the same period, that retrieval could be built into language-model pre-training itself rather than bolted on afterwards.

Lewis et al. [1] then gave the architecture its name and its now-familiar form. Their RAG model couples a dense retriever with a sequence-to-sequence generator and proposes two variants. RAG-Sequence conditions on a single retrieved document for the whole answer, while RAG-Token may draw on different documents for different tokens. The argument they make is not only about accuracy. It is about provenance, inspectability, and the ability to update knowledge without retraining; and these remain, to my reading, the most durable reasons to prefer retrieval over an ever-larger parametric memory.

Around this core sit the components that make it work at scale. The passages must be turned into vectors, and sentence-level embedding models such as Sentence-BERT [5] made this both fast and semantically meaningful. The vectors must then be searchable in milliseconds across millions of entries, which is the task of approximate nearest-neighbour indexes. FAISS [6] provides the engineering of similarity search at billion scale, and the Hierarchical Navigable Small World graph [7] provides the index structure that underlies many of today's vector databases. On the generation side, Fusion-in-Decoder [8] showed how a reader can attend over many retrieved passages at once, which improved answer quality substantially.

The recent survey by Gao et al. [9] offers a useful map of how these pieces have been assembled and re-assembled, distinguishing Naive RAG, Advanced RAG, and Modular RAG as a progression of increasing sophistication across retrieval, generation, and the augmentation between them. What I wish to note here is something the survey treats almost in passing. Through all of this progress, the corpus itself is handled generically, as a pool of passages, and the question of how a document becomes those passages is left to a step that is rarely examined.

CHUNKING AND INDEXING

That step is chunking, and it is the quiet decision on which much of the rest depends. Before anything can be embedded or indexed, the source text must be divided into units.

The common strategies divide it by length: fixed-size windows of a set number of tokens; sliding windows that overlap so as not to cut a sentence in half; and the recursive character splitter, popularised by retrieval frameworks, which tries to break first at paragraphs, then at sentences, then at words, but in the end still by size. All of them share one property. They treat the document as a flat stream of tokens.
The trade-off is familiar to anyone who has built such a system. Chunks that are too small lose the context a passage needs to stand on its own; chunks that are too large dilute the embedding, so that the vector represents an average of several ideas and matches queries less precisely, while also dragging irrelevant text into the model's limited context window. One might hope to escape the dilemma simply by making the context window enormous and retrieving large pieces. But Liu et al. [10], in a study whose title, "Lost in the Middle", has become shorthand for the finding, showed that language models use long contexts unevenly: they attend well to what sits at the beginning and at the end, and noticeably less to what sits in the middle. Bigger is therefore not a solution. Chunking is not going to disappear.
And here a gap should be marked. As Qu et al. [11] observe, although the evaluation of whole RAG systems is now an active field, there is still almost no accepted framework for evaluating the quality of the chunks themselves. We argue over how to split a document while lacking a clean way to measure whether one split is better than another.

STRUCTURE-AWARE RETRIEVAL: TWO VIEWS

If splitting by length throws structure away, the natural question is whether putting it back improves retrieval. The literature gives, at first sight, two opposing answers.
The first answer is yes, and it is argued most forcefully by work on hierarchical retrieval. RAPTOR [12] begins from exactly the complaint of this review: that retrieving only short, contiguous chunks limits a system's holistic understanding of a document. Their method embeds the chunks, clusters them, and summarises each cluster, then repeats the process upon the summaries, building a tree that runs from raw text at the leaves to increasingly abstract summaries at the top. At query time the system can retrieve at whichever level of abstraction the question requires, a single detail from a leaf, or the gist of a whole section from higher up. The gains they report are not marginal; coupled with GPT-4, RAPTOR improved the best result on the QuALITY benchmark by twenty absolute points and set a new state of the art on several tasks involving multi-step reasoning. GraphRAG [13] makes a related move for a different kind of question, building a graph of entities and their relations and pre-computing summaries of its communities, so that "global" queries, those asking about a corpus as a whole rather than a single fact, can be answered from structure rather than from a lucky retrieval. The common thread is a conviction that documents have shape, and that the shape is information.
The second answer is more sceptical, and it deserves to be heard. Qu et al. [11] asked plainly whether semantic chunking, that is cutting a document at points where its meaning shifts rather than at fixed lengths, earns its keep. They tested it across document retrieval, evidence retrieval, and answer generation, and the finding is sobering: the gains are inconsistent, the computational cost is real, and on non-synthetic documents that resemble what one actually meets in the wild, plain fixed-size chunking frequently does as well or better. Their conclusion is a caution against an assumption that had quietly become common sense, that more intelligent boundaries must produce better retrieval.
These two results look like a contradiction, and a careless reading would set RAPTOR against Qu et al. and leave it there. I think the tension is only apparent, and that seeing why is the central point of this review. The two studies act on different kinds of structure. RAPTOR does not merely move boundaries; it adds new material, namely summaries that did not exist in the source, giving the retriever abstractions to match against. Qu et al., by contrast, hold granularity roughly fixed and ask only where the cut should fall, inferring that boundary from the content itself. And content-derived boundaries are exactly the costly, uncertain thing their study finds wanting: the system must guess, using embeddings, where one idea ends and the next begins. The distinction worth drawing is therefore between structure that must be inferred and structure that is given. A thesis already carries the second kind. Its chapters and sections are not guessed from semantic drift; they were written, by a person, with explicit headings, and in a PDF they survive as bookmarks and styled headings that any parser can read. They cost almost nothing to recover, they are consistent across a repository because institutions impose templates, and they were curated by the one author who understood the document best.

Read this way, the sceptical result does not argue against chapter-aware chunking at all. It argues against paying a high price to guess at boundaries that, in a thesis, are already drawn on the page.

EVALUATION OF RETRIEVAL-AUGMENTED SYSTEMS

How, then, is any of this judged? The most widely adopted answer for RAG specifically is RAGAS [14], which decomposes the problem into a small set of metrics: faithfulness, that is whether the answer is supported by the retrieved context; answer relevance; and context relevance, whether the retrieved passages were to the point. Importantly, it estimates these without requiring hand-written gold answers, using the language model itself as a judge. This made fast, repeatable evaluation cycles possible, which the field badly needed.

But the benchmarks the field returns to again and again were built for open-domain question answering over encyclopaedic text: Natural Questions, TriviaQA, and their relatives, inherited from the DPR and RAG lineage. Long, structured, single-author academic documents are barely represented. The consequence is that we measure our systems on the task we happen to have data for, rather than the task we care about; and the ability to retrieve from the right chapter of a thesis is, at present, something almost no benchmark rewards.

SYNTHESIS AND THE REPOSITORY GAP

Drawing the threads together, a fairly clear picture emerges. The foundations of RAG are mature and well understood. The default pipeline, however, still treats every document as a flat stream of tokens, and the chunking step that enforces this is both consequential and under-evaluated. Structure-aware methods are beginning to appear, and they work; but the most prominent of them, RAPTOR and GraphRAG, buy their structure at considerable computational expense, building trees and graphs and summaries on top of the corpus, and they are designed for the general case in which no usable structure is given for free.

The institutional thesis repository sits in a place the literature has not quite looked at. Here the structure that the general methods labour to construct is already present. It is consistent, because faculties hand their students templates and require a familiar sequence of chapters. It is explicit, because the headings are real headings and not merely visual cues. It is reliable, because a human author placed each section deliberately. And it is cheap, because it is sitting in the file's table of contents, waiting to be read. Despite all of this, the prevailing practice when such repositories are indexed for retrieval is the same length-based chunking applied to any other text. The map is discarded, again. This is the gap that the present paper identifies, and that we set out to address in ongoing work through chapter-aware chunking and retrieval.

LIMITATIONS OF THIS REVIEW

It would be dishonest to close without stating plainly where this review is weak. First, it is not a systematic review in the strict methodological sense: there was no exhaustive, reproducible search protocol, no meta-analysis, and the thematic selection of sources inevitably reflects the author's judgement, and so carries a risk of bias. Second, the search was confined to English-language work in natural language processing and information retrieval; relevant research in other languages, or in adjacent fields such as digital libraries and document engineering, may well have been missed. Third, several of the most recent and most relevant sources are arXiv preprints that have not completed peer review, and whose claims may yet be revised. Fourth, the field moves quickly enough that any review of it is a photograph of a moving thing, and parts of this one will date within a year.

One limitation is more particular, and deserves emphasis. The central claim, that thesis repositories are a neglected and favourable case for structure-aware retrieval, rests in part on an absence: I did not find work doing this well in the venues I searched. But absence of evidence is not, on its own, evidence of absence. And the reconciliation offered above between RAPTOR and Qu et al., that author-given structure should behave differently from content-inferred structure, is a conceptual argument and not yet a measured result. Turning it into a measured result is, precisely, the work that remains.

CONCLUSION

This review set out to survey Retrieval-Augmented Generation with an eye to long, structured academic documents, and to ask whether the structure those documents carry might be used rather than thrown away. The answer the literature supports is a careful yes: structure helps when it is real, and the scepticism about "smart" chunking is best read not as a verdict against structure but as a warning against guessing at it. Thesis repositories happen to be the case where the structure need not be guessed: it is written down, consistent, and free. The contribution of this paper is to name that gap and to prepare the ground for a system that reads a thesis the way its author wrote it, chapter by chapter, rather than as one long, undifferentiated string of words.

A thesis repository is, in the end, a kind of archive; and as Kadare imagined his Palace of Dreams, a great house of sleeping files whose whole purpose was to find the single one that mattered, a retrieval system is only ever as wise as its power to return the right page, so to teach a machine to read a thesis by its chapters is, in a small way, to remember that someone once arranged those pages on purpose.

REFERENCES

[1] P. Lewis, E. Perez, A. Piktus, F. Petroni, V. Karpukhin, N. Goyal, H. Küttler, M. Lewis, W. Yih, T. Rocktäschel, S. Riedel, and D. Kiela, "Retrieval-Augmented Generation for Knowledge-Intensive NLP Tasks," in Advances in Neural Information Processing Systems 33, 2020, pp. 9459–9474.

[2] S. Robertson and H. Zaragoza, "The Probabilistic Relevance Framework: BM25 and Beyond," Foundations and Trends in Information Retrieval, vol. 3, no. 4, pp. 333–389, 2009.

[3] V. Karpukhin, B. Oğuz, S. Min, P. Lewis, L. Wu, S. Edunov, D. Chen, and W. Yih, "Dense Passage Retrieval for Open-Domain Question Answering," in Proceedings of EMNLP, 2020, pp. 6769–6781.

[4] K. Guu, K. Lee, Z. Tung, P. Pasupat, and M.-W. Chang, "REALM: Retrieval-Augmented Language Model Pre-Training," in Proceedings of ICML, 2020, pp. 3929–3938.

[5] N. Reimers and I. Gurevych, "Sentence-BERT: Sentence Embeddings Using Siamese BERT-Networks," in Proceedings of EMNLP-IJCNLP, 2019, pp. 3982–3992.

[6] J. Johnson, M. Douze, and H. Jégou, "Billion-Scale Similarity Search with GPUs," IEEE Transactions on Big Data, vol. 7, no. 3, pp. 535–547, 2021.

[7] Y. A. Malkov and D. A. Yashunin, "Efficient and Robust Approximate Nearest Neighbor Search Using Hierarchical Navigable Small World Graphs," IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, vol. 42, no. 4, pp. 824–836, 2020.

[8] G. Izacard and E. Grave, "Leveraging Passage Retrieval with Generative Models for Open Domain Question Answering," in Proceedings of EACL, 2021, pp. 874–880.

[9] Y. Gao, Y. Xiong, X. Gao, K. Jia, J. Pan, Y. Bi, Y. Dai, J. Sun, M. Wang, and H. Wang, "Retrieval-Augmented Generation for Large Language Models: A Survey," arXiv:2312.10997, 2024.

[10] N. F. Liu, K. Lin, J. Hewitt, A. Paranjape, M. Bevilacqua, F. Petroni, and P. Liang, "Lost in the Middle: How Language Models Use Long Contexts," Transactions of the Association for Computational Linguistics, vol. 12, pp. 157–173, 2024.

[11] R. Qu, R. Tu, and F. S. Bao, "Is Semantic Chunking Worth the Computational Cost?" in Findings of the Association for Computational Linguistics: NAACL 2025, 2025, pp. 2155–2177.

[12] P. Sarthi, S. Abdullah, A. Tuli, S. Khanna, A. Goldie, and C. D. Manning, "RAPTOR: Recursive Abstractive Processing for Tree-Organized Retrieval," in Proceedings of the International Conference on Learning Representations (ICLR), 2024.

[13] D. Edge, H. Trinh, N. Cheng, J. Bradley, A. Chao, A. Mody, S. Truitt, and J. Larson, "From Local to Global: A Graph RAG Approach to Query-Focused Summarization," arXiv:2404.16130, 2024.

[14] S. Es, J. James, L. Espinosa-Anke, and S. Schockaert, "RAGAs: Automated Evaluation of Retrieval Augmented Generation," in Proceedings of EACL: System Demonstrations, 2024, pp. 150–158.

NON-NEWTONIAN STRESS BEHAVIOR IN KINETIC AND MICROSCALE FLOW REGIMES

Yassine BOUHOUCHI
Research team in Smart Electrical, Mechanical and Energy Systems (SEMES), Sultan Moulay Slimane University, Polydisciplinary Faculty, Beni Mellal, Morocco.
ORCİD: ID/0009-0005-1755-3079

Meryem MAISS
Research team in Smart Electrical, Mechanical and Energy Systems (SEMES), Sultan Moulay Slimane University, Polydisciplinary Faculty, Beni Mellal, Morocco.
ORCİD: ID/0000-0001-8737-4782

Youness IGHRIS
Research team in Smart Electrical, Mechanical and Energy Systems (SEMES), Sultan Moulay Slimane University, Polydisciplinary Faculty, Beni Mellal, Morocco.
ORCİD: ID/0009-0008-8951-955X

Mohsine QAFFOU
Research team in Smart Electrical, Mechanical and Energy Systems (SEMES), Sultan Moulay Slimane University, Polydisciplinary Faculty, Beni Mellal, Morocco.
ORCİD: ID/0009-0001-4540-6683

Jamal BALITI
Research team in Smart Electrical, Mechanical and Energy Systems (SEMES), Sultan Moulay Slimane University, Polydisciplinary Faculty, Beni Mellal, Morocco.
ORCİD: ID/0000-0002-6287-9028

Abstract
The non-Newtonian stress behavior is the most fundamental deviation from the classical linear stress-strain rate relation assumed in continuum fluid mechanics. Such behavior occurs under non-equilibrium conditions where the distribution of molecular velocities differs from that at equilibrium, resulting in complex and nonlinear transport phenomena. Within kinetic theory the stress tensor is directly controlled by the structure of the distribution function, and its distortion leads to anisotropic and nonlinear stress responses. This review covers the physical origin of such behavior, especially the role of deviations from local equilibrium in giving rise to normal stress differences and the breakdown of linear shear stress–strain relationships. Particular attention is paid to the influence of strong gradients and near-boundary effects where non-equilibrium features are most pronounced. This work, by reviewing the basic theoretical principles, provides a consistent interpretation of non-Newtonian stress behavior and clarifies the main mechanisms generating it. The analysis reveals an intrinsic connection between microscopic molecular dynamics and macroscopic stress responses, and hence provides a unified view of non-Newtonian effects in gas flows.
Keywords: Non-Newtonian stress, kinetic theory, Boltzmann equation, non-equilibrium flows, stress anisotropy

Özet
Newtonyen olmayan gerilme davranışı, sürekli ortam akışkanlar mekaniğinde varsayılan klasik doğrusal gerilme–şekil değiştirme hızı ilişkisine en temel sapmadır. Bu tür davranış, moleküler hızların dağılımının dengedeki durumdan farklı olduğu denge-dışı koşullarda ortaya çıkar ve karmaşık, doğrusal olmayan taşınım fenomenlerine yol açar. Kinetik teori çerçevesinde gerilme tensörü doğrudan dağılım fonksiyonunun yapısı tarafından kontrol edilir ve bu yapının bozulması anizotropik ve doğrusal olmayan gerilme tepkilerine neden olur. Bu derleme, özellikle yerel dengeden sapmaların normal gerilme farklarının ortaya çıkmasındaki rolünü ve doğrusal kayma gerilmesi–şekil değiştirme hızı ilişkisinin bozulmasını fiziksel olarak açıklamaktadır.

Özellikle güçlü gradyanların ve denge-dışı etkilerin en belirgin olduğu duvar yakın bölgelerdeki etkiler üzerinde durulmaktadır. Bu çalışma, temel teorik ilkeleri gözden geçirerek Newtonyen olmayan gerilme davranışına tutarlı bir yorum sunmakta ve bunu oluşturan temel mekanizmaları açıklığa kavuşturmaktadır. Analiz, mikroskobik moleküler dinamikler ile makroskobik gerilme tepkileri arasında içsel bir bağlantı olduğunu ortaya koymakta ve böylece gaz akışlarında Newtonyen olmayan etkiler için birleşik bir bakış açısı sağlamaktadır.

Anahtar kelimeler: Newtonyen olmayan gerilme, kinetik teori, Boltzmann denklemi, denge-dışı akışlar, gerilme anizotropisi.

SIMPLE AND GREEN FABRICATION OF TIO_2/HA/$CASIO_3$ CERAMIC COMPOSITES FOR BIO-MEDICAL APPLICATIONS

Mouheb Sboui
Department of Chemistry, Faculty of Sciences, University of Sfax, Sfax BP1171-3018, Tunisia,
ORCID ID: 0000-0003-3483-2086

ABSTRACT
This paper investigates the Microstructural and Mechanical properties of Wollastonite ($CaSiO_3$) ceramics incorporated with Titanium oxide (TiO_2) and Hydroxyapatite (HA) composites preparation using Spark Plasma Sintering (SPS). And the influence of Sintering on $CaSiO_3$with additives at different temperatures ranging from 1150 °C to 1250 °C with heating rate of 100 °C/min holding time of 10 min are reported and discussed. The microstructure of the sintered samples was investigated by SEM microscopy, XRD Diffraction analyses which presented uniform distribution of the additives (TiO_2/HA), having a maximum fine grain size of 30 nm. The mechanical tests were performed for hardness which was 66 Hv and Compressive strength of 226 Mpa were obtained at the sintering temperature 1250 °C. The superior results have been observed at the highest temperature, along with the addition of the additives (TiO_2/HA) to the pure wollastonite over the physical and Mechanical properties. Finally, cell viability studies showed that TiO_2/HA added $CaSiO_3$ ceramics were non-toxic to MG-63 cells up to a concentration of 500 µg/mL concentration and confocal imaging shows spindle shape of cells changed to stellate structure. The study confirmed the bioactive and biocompatibility of TiO_2/HA added $CaSiO_3$ ceramics which make a suitable candidate for bone repair applications.
Keywords: TiO_2/HA/$CaSiO_3$ ceramic composites ; Bio-medical applications; Spark Plasma Sintering.

UNSTEADY MHD WILLIAMSON NANOFLUID FLOW OVER A PERMEABLE INCLINED STRETCHING SHEET WITH CATTANEO-CHRISTOV DOUBLE-DIFFUSION EFFECTS: A SEMI-ANALYTICAL INVESTIGATION

Dr. Asmamaw Abebe Biabeyin
Bahir Dar University, College of Science, Department of Mathematics, Bahir Dar, Ethiopia
ORCİD:ID/0009-0001-4337-6804,

Berihun Gizachew Negash
Bahir Dar University, College of Science, Department of Mathematics, Bahir Dar, Ethiopia

Abstract
This paper investigates the unsteady magnetohydrodynamic (MHD) flow of a Williamson nanofluid across a permeable stretching inclined sheet. The work is intended to fill the information gap regarding the simultaneous effects of unsteadiness, inclined sheet/magnetic field geometry, cross-diffusion, Joule heating, thermal radiation, chemical reaction, heat source/sink and suction/injection. These effects are investigated under non-Fourier and non-Fick transport models in a porous medium. The governing PDEs undergo similarity transformations to produce a system of coupled nonlinear ODEs. The resulting boundary value problem is addressed semi-analytically using the optimal homotopy analysis method (OHAM). The skin friction coefficient, Nusselt number, Sherwood number, velocity, temperature and concentration profiles are analyzed numerically and graphically in relation to significant dimensionless parameters. Results show that fluid velocity is significantly suppressed by the magnetic field and unsteadiness parameters because of the resistive Lorentz force. The skin-friction coefficient increases by about 29.6% when the magnetic parameter is increased from 0.3 to 1.0. When it comes to thermal transport, the Nusselt number drops by around 44% as the Brownian motion parameter increases from 0.1 to 0.7, but geometric optimization performs well; the heat transfer rate is increased by about 26% when the sheet's inclination angle is reduced from $\pi/6$ to $\pi/12$. Additionally, when the thermal radiation parameter is increased from 0.1 to 0.7, the mass transfer rate shows a significant rise of nearly 68%. This study reveals that the Cattaneo-Christov model offers a more realistic representation of transport mechanisms in viscoelastic nanofluids than classical Fourier and Fick laws, providing important insights for improving conductive nanofluid processing and electromagnetic casting.
Keywords: Nanofluid Flow, Double-Diffusion Effects, Semi-Analytical Investigation, unsteady magnetohydrodynamic flow, simultaneous effects of unsteadiness

CALCIUM PHOSPHATE-BASED GLASS-CERAMICS FOR BONE TISSUE ENGINEERING: FROM LABORATORY ADVANCES TO CLINICAL APPLICATION

CHTYBY Nouhaila
Laboratory of Materials, Nanotechnology, and Environment, Mohammed V University in Rabat, Faculty of Sciences, Av. Ibn Battouta, Agdal-Rabat, BP 1014, Morocco

BOURD Youssef
Laboratory of Materials, Nanotechnology, and Environment, Mohammed V University in Rabat, Faculty of Sciences, Av. Ibn Battouta, Agdal-Rabat, BP 1014, Morocco

OUHRA Zineb
Laboratory of Materials, Nanotechnology, and Environment, Mohammed V University in Rabat, Faculty of Sciences, Av. Ibn Battouta, Agdal-Rabat, BP 1014, Morocco

BELLAOUCHOU Abdelkbir
Laboratory of Materials, Nanotechnology, and Environment, Mohammed V University in Rabat, Faculty of Sciences, Av. Ibn Battouta, Agdal-Rabat, BP 1014, Morocco

EL MOUDANE Mouloud
Laboratory of Materials, Nanotechnology, and Environment, Mohammed V University in Rabat, Faculty of Sciences, Av. Ibn Battouta, Agdal-Rabat, BP 1014, Morocco

Abstract
Calcium phosphate (CaP) bioceramics and bioactive glasses have emerged as cornerstone materials in bone tissue engineering due to their compositional similarity to the mineral phase of natural bone. This review provides a comprehensive analysis of the structural diversity, synthesis, and biological characterization of these materials. We examine the physicochemical properties of key CaP phases including stoichiometric and carbonated hydroxyapatite (HA), β-tricalcium phosphate (β-TCP), and biphasic calcium phosphates (BCP) highlighting how crystallinity and phase composition regulate dissolution kinetics and mechanical integrity.
Furthermore, the functional expansion of these systems through therapeutic ion doping (e.g., Mg2+, Sr2+, Zn2+) is discussed as a strategyF to enhance osteogenesis and impart antibacterial properties. The review also evaluates advanced processing techniques such as 3D printing, electrospinning, and freeze-drying, which enable the fabrication of scaffolds with tailored porosity and architecture.
Finally, we critically address the paradigm of biocompatibility, transitioning from the traditional view of chemical inertness to a dynamic, context-dependent assessment of a material's "ability to perform" as outlined by ISO 10993 standards. This synthesis of material science and biological evaluation underscores the necessity of integrated approaches in developing next-generation regenerative implants.
Keywords: Calcium Phosphates; Bioactive Glass; Therapeutic Ions; Tissue Engineering Scaffolds; Biocompatibility; ISO 10993.

ENVIRONMENTAL NANOTECHNOLOGY FOR SUSTAINABLE REMEDIATION: PRINCIPLES, APPLICATIONS, AND CASE STUDIES

Suresh KUMAR
Department of Physics, MM Engineering College, Maharishi Markandeshwar (Deemed to be University), Mullana, Ambala, 133207, Haryana, India

Abstract
Due to the high levels of environmental pollution worldwide, human health, ecosystems, and biodiversity are at risk of extinction and there is an urgent need for the adoption of sustainable and effective remediation technologies. Environmental nanotechnology has emerged as a potent solution to these issues, utilizing the exceptional physicochemical traits of nanomaterials. Based on case studies, this review summarizes the principles, applications, benefits, and future prospects of nanotechnology in environmental remediation. Surface functionality of nanomaterials is tunable due to their high surface area and reactivity. TiO_2 carbon-nanotubes and nanoscale zero-valent iron nanoparticles provide the most effective ways to treat water, air, and soil for better sanitation. The utilization of integrated nanocomposite systems can enhance the efficiency of remediation by utilizing synergistic mechanisms.
Keywords: Pollution, Environmental nanotechnology, Nanomaterials, Remediation solutions

DETECTION OF IRON-RICH PARTICLES IN CUMARU WOOD (*DIPTERYX ODORATA*) BY SEM-EDS ANALYSIS

Clara Gaspar Fossi de SOUZA
University of São Paulo, Department of Materials Science and Engineering, Brazil

Fernando Joaquim Fernandes Tavares ROCHA
University of Aveiro, Department of Geosciences, Portugal

Francisco Antonio Rocco LAHR
University of São Paulo, Department of Materials Science and Engineering, Brazil

ABSTRACT
Cumaru wood (Dipteryx odorata), commonly known in Brazil as “Cumaru-ferro", or "Cumaru-iron" is recognized for its high density, hardness, and excellent mechanical performance, excellent for timber structures. Although the popular nomenclature suggests an association with “iron,” the literature generally relates this designation to the wood’s high density and mechanical strength, rather than to the actual presence of metallic elements within the anatomical structure. In this study, samples obtained from the interior region of the Amazon rainforest were investigated using scanning electron microscopy (SEM) coupled with energy-dispersive X-ray spectroscopy (EDS) to evaluate the microstructure and elemental composition of the wood. During the analyses, spherical particles with distinct morphology were identified within the internal wood structure after opening the sample for microscopy preparation. EDS spectra confirmed a significant presence of iron (Fe) associated with these particles, with localized detection of aluminum (Al) in some regions. The hypothesis of external contamination during machining or sample preparation was considered unlikely, since the particles were detected inside the wood structure and were not observed in other wood samples subjected to the same preparation and analytical procedures. These findings suggest that the detected metallic elements may be associated with intrinsic mineral accumulation or species-specific physiological processes not yet fully described for this tropical hardwood. The results demonstrate the potential of SEM-EDS techniques for investigating inorganic constituents in tropical woods and raise new questions regarding mineral deposition, biomineralization processes, and their possible influence on the technological properties of high-density tropical species. This preliminary study contributes to expanding the understanding of the chemical and microstructural complexity of Amazonian hardwoods.

THE LIMITS OF AI-WRITING DETECTION IN HIGHER EDUCATION: A CRITICAL REVIEW OF TOOLS, EVIDENCE, AND IMPLICATIONS FOR FAIR ASSESSMENT

Lejla Abazi Bexheti
South East European University, Faculty of Contemporary Sciences and Technologies, Tetovo, North Macedonia,
ORCID: ID/0000-0002-4354-146X

Agnesa Bexheti
Master student at South East European University, Faculty of Contemporary Sciences and Technologies, Tetovo, North Macedonia
ORCID: ID/ 0009-0007-1269-1805

ABSTRACT
Universities adopted AI-writing detection tools such as Turnitin AI, GPTZero, and Originality.ai almost as soon as their students began using generative AI, and often before anyone had tested independently whether these tools actually work. This paper reviews what the recent literature says about them. Drawing on studies published between 2023 and 2026, it examines how accurate the detectors are, how often they raise false alarms, whether they treat some writers more harshly than others, and what happens inside institutions when their results are taken at face value. The picture that emerges is not reassuring. Detection scores are too unstable to stand on their own as evidence of misconduct, and they are least reliable in exactly the cases that matter most: lightly edited AI text, and writing by students whose first language is not English. We argue that the sensible institutional response is not better detectors but clearer policies, human judgement, and assessment that is harder to fake in the first place.
Keywords: AI-writing detection, higher education, academic integrity, generative AI, false positives, fair assessment

1. INTRODUCTION
Generative AI tools entered universities faster than universities could decide what to do about them. They open up real possibilities for learning and for the production of academic work (Holmes et al., 2019; Tlili et al., 2023), but they also unsettle long-standing assumptions about originality, authorship, and what a fair assessment actually measures (Susnjak, 2022; Perkins, 2023).
The institutional reflex has been to reach for a counter-technology. Within a year or two of ChatGPT's release, many universities had adopted AI-writing detection systems such as Turnitin AI, GPTZero, Originality.ai, and Copyleaks. These tools promise to tell whether a piece of text was written, in whole or in part, by a machine, and they are now used to screen student submissions and to support academic misconduct cases. Their adoption has run well ahead of the evidence for them. Questions about accuracy, fairness, transparency, and reliability are still very much open.
The doubts are not abstract. Recent work reports that detectors return inconsistent and sometimes plainly wrong results, and that they do so most often on two kinds of text: writing by non-native English speakers, and AI-generated drafts that a person has since edited. Part of the reason lies in how the tools work. Rather than proving who wrote something, most of them estimate a probability from surface features of the language, such as how predictable the wording is and how much the sentence rhythm varies. A system built on probabilities will sometimes be wrong, and the costliest error here is the false positive, where genuinely human writing is labelled as machine output. Around that single failure mode cluster a set of harder questions about due process, bias, student trust, and what responsible use of these tools would even look like.
The stakes rise in multilingual and international settings, and the Western Balkans is one of them. At universities across the region, students routinely study and write their academic work in English even though it is not their first language. Their prose often leans toward the formal, the grammatically tidy, and the structurally simple, and those are precisely the traits a detector is inclined to read as machine-like. Used without clear policy or a human in the loop, the same tool that is meant to protect academic integrity can quietly produce unfair outcomes and corrode the trust between students and the institutions assessing them.

This paper is a critical review of that situation. It draws together research published between 2023 and 2026 on how AI-writing detectors function and on their accuracy, their biases, and their ethical weight, paying particular attention to false-positive rates, to the effect on students writing in a second language, and to what happens when detection scores are used inside academic integrity procedures.

The aim is twofold: to ask whether today's detectors are dependable enough to justify the decisions made on their basis, and to consider what fairer and more durable responses to generative AI might look like. Four questions guide the review:

1. How accurate and reliable are the AI-writing detection tools currently used in higher education?
2. What gives rise to inaccurate detection and, in particular, to false positives?
3. What institutional and ethical problems does the use of these systems create?
4. In an era of generative AI, what other strategies can institutions use to keep assessment fair?

By bringing together recent studies and independent evaluations, the review adds to the ongoing discussion about the responsible use of AI in higher education and argues for assessment that is transparent, ethical, and centred on students.

2. CONCEPTUAL FRAMEWORK AND LITERATURE REVIEW

2.1 Generative Artificial Intelligence in Higher Education

Generative AI, and large language models in particular, can produce fluent text, write and explain code, summarise long documents, translate between languages, and assist with many of the tasks that make up academic work (Bommasani et al., 2021; Kasneci et al., 2023). Used well, these systems carry clear educational benefits (Holmes et al., 2019; Tlili et al., 2023): they can act as tutors, explain difficult material in more than one way, and lower some of the barriers that slow students down.

The same capability is what worries universities. If a model can draft an essay, an assignment, or a report on demand, then a submission no longer guarantees that the student behind it has done the thinking or understood the subject. Institutions have responded by trying to tell machine-written text apart from genuine student work.

The trouble is one of timing. The technology arrived before the policies did. Many universities rolled out detection tools and disciplinary rules before they had worked out the pedagogy or the ethics of living with generative AI, and they are now trying to balance the pull of innovation against their obligations to fairness, transparency, and academic responsibility.

2.2 AI-Writing Detection Tools

The tools themselves form a small and fairly crowded market. Turnitin AI, GPTZero, Originality.ai, Winston AI, and Copyleaks all claim to judge whether a text was produced, fully or partly, by AI (Roe et al., 2024). What almost none of them do is establish authorship directly. Instead they analyse the language statistically and return a probability (Sadasivan et al., 2023).

Two features do most of the work. The first is perplexity, a measure of how predictable the wording is; because a language model finds its own output easy to predict, low perplexity is read as a sign of machine authorship. The second is burstiness, the variation in sentence length and complexity across a passage. Human writing tends to be uneven, lurching between long and short, plain and ornate, while machine text is often smoother. From these two signals a detector estimates the chance that a passage is AI-generated.

The approach has real limits. As newer models grow better at imitating human prose, the statistical gap the detectors depend on narrows. A light edit, a paraphrase, or a quick human revision can pull a score back across the line, and genuinely mixed texts, written partly by a person and partly by a model, are the hardest of all to classify. There is also the matter of opacity. Most of these tools are commercial and closed, so neither the student nor the institution can see how a score was reached. When such a number is then used in a misconduct case, that inability to explain it becomes a problem of fairness and accountability, not just of engineering.

2.3 Accuracy and Reliability of AI-Detection Systems

How accurate are they in practice? Less than their use in disciplinary settings would imply. Accuracy drops sharply once a text has been revised, paraphrased, translated, or stitched together with human-

written passages (Gao et al., 2023), which is to say under exactly the conditions in which a student intent on cheating would be working.

Detectors fail in two directions. A false negative lets AI-generated text pass as human; a false positive does the reverse, flagging real student writing as machine output. Both are damaging, though not symmetrically. False negatives quietly weaken confidence in the whole exercise, while false positives put an individual student under suspicion for something they did not do.

The deeper issue is what a detector can and cannot claim. Because its output is a probability, it can never establish that a particular student used AI, still less that they did so deliberately. It offers a likelihood, not a verdict. Researchers, and in some cases the vendors themselves, have said as much, and yet a number of institutions continue to treat these scores as if they were objective proof. They are better understood as weak signals: worth noticing, but only safe to act on after a human has read the work and weighed the context around it.

2.4 False Positives and Linguistic Bias

If the detectors simply made random errors, that would be bad enough. The evidence suggests something worse: the errors are patterned. Liang et al. (2023) found that writing by students using English as a second language is flagged as AI-generated far more often than writing by native speakers.

The reason is almost mechanical. Second-language writers tend to use simpler sentence structures, a more predictable vocabulary, and steady, grammatically careful patterns, and these are the very features a detector associates with a machine. A student who writes in clear, correct, unadorned English is, on these tools' own logic, more likely to be accused. The trait that good language teaching encourages is the trait that gets penalised.

For bilingual and international universities this is not a minor calibration problem but a question of fairness. Across the Western Balkans, students are expected to produce their academic work in English even though it is no one's mother tongue. Run their writing through a detector that makes no allowance for this, and the tool can end up disadvantaging precisely the students it was never designed to judge, lending technical cover to what is, in effect, discrimination.

And the bias is not only linguistic. Students who lean on grammar-correction software, who write in a highly organised way, or whose communication reflects a neurodivergent style can all be caught the same way. Academic writing as a genre prizes formality, clarity, and consistency, the same qualities a detector reads as suspicious. When errors fall this consistently on identifiable groups, relying on detection scores in integrity cases starts to look not just unreliable but unjust, and institutions that deploy these tools without serious safeguards risk trading away inclusion and due process for the appearance of rigour.

2.5 Ethical and Institutional Implications

These failures carry ethical and institutional weight, and they connect to a wider conversation about how AI should be governed (Floridi et al., 2018; Jobin et al., 2019). The most immediate concern is due process. When the algorithm behind an accusation is proprietary and closed, a student charged with misconduct cannot meaningfully challenge the finding, because no one outside the company can examine how it was produced. The institution ends up leaning on a mechanism it cannot fully explain or independently verify.

A second concern is subtler. Automation bias is the human tendency to trust a computer's output over one's own judgement, and a detector that returns a confident-looking percentage invites exactly that. Staff may credit the tool with more authority than its known limits warrant, and a disciplinary decision can then rest on a number that is, at bottom, uncertain.

Faced with this, a growing number of scholars argue that the answer lies less in better detection than in better assessment. Cotton et al. (2024) and Perkins (2023), among others, call on universities to rethink how they assess at all: to strengthen critical-thinking tasks, to make more use of oral and project-based work, and to build genuine AI literacy among both staff and students. The recurring conclusion across this literature is that an AI-writing detector should never serve as standalone proof of dishonesty. Used ethically, it is one input among several, to be set beside transparent rules, human oversight, and a reading of the particular case.

3. METHODOLOGY

The study is a qualitative critical literature review (Zawacki-Richter et al., 2019). The aim was not to run new experiments but to read the existing evidence closely and judge what it can and cannot support. Sources were gathered through structured searches of openly accessible scholarly platforms, including Google Scholar, the DBLP Computer Science Bibliography, arXiv, and Semantic Scholar. Because both generative AI and the detectors built to police it are so recent, the search concentrated on work published between 2023 and 2026.

Table 1. Common AI-writing detection tools used in higher education.

Detection Tool	Main Function	Reported Limitation
Turnitin AI	Detects AI-generated academic writing	False positives for formal academic writing
GPTZero	Estimates probability of AI-generated text	Reduced accuracy after paraphrasing
Originality.ai	AI-content and plagiarism detection	Inconsistent results across datasets
Copyleaks	AI and plagiarism analysis	Limited transparency of algorithms
Winston AI	AI-generated text identification	Difficulty detecting hybrid human-AI text

The searches combined the following terms:

- "AI-writing detection"
- "academic integrity and artificial intelligence"
- "Turnitin AI detection"
- "false positives in AI detection"
- "generative AI in higher education"
- "AI detection bias"
- "non-native English speakers and AI detectors"

Sources were included when they were:

- peer-reviewed journal articles
- conference papers
- technical reports
- independent evaluations of AI-detection systems
- studies set in higher education contexts
- publications written in English

Material that lacked methodological clarity, or that had no real bearing on AI-writing detection in education, was set aside.

The collected studies were read thematically and grouped by the concerns that kept recurring across them:

1. how AI-writing detectors function;
2. their accuracy and reliability;
3. linguistic bias and false positives;
4. institutional and ethical implications;
5. alternative ways of assessing student work.

Grouping the literature this way made it easier to see where studies agreed, where they contradicted one another, and where the open questions still lie. Throughout, four ideas served as the lens: fairness, transparency, academic integrity, and the ethical use of AI, with steady attention to what automated decision-making means for multilingual settings and for students writing in a second language.

4. RESEARCH FINDINGS AND DISCUSSION

Read together, the studies point one way. As standalone evidence of misconduct, AI-writing detection does not hold up. Independent evaluations report wide swings in accuracy from one platform to the next, and from one dataset or writing situation to another; a tool that looks dependable on one sample misfires on the next.

Table 2. Principal difficulties with AI-writing detection systems.

Challenge	Description	Potential Impact
False positives	Human-written work identified as AI-generated	Unfair academic misconduct accusations
Linguistic bias	Non-native English writing flagged more frequently	Discrimination against multilingual students
Lack of transparency	Proprietary algorithms cannot be independently verified	Limited accountability and due process
Automation bias	Overreliance on AI-generated scores by staff	Misinterpretation of uncertain results
Rapid AI evolution	Newer AI models become harder to detect	Decreasing long-term reliability
Assessment limitations	Detectors focus on detection rather than learning	Weak pedagogical response to AI adoption

The errors are not evenly distributed. Students who write in a highly structured way, and students writing in English as a second language, are flagged more often than others, because the detectors cannot reliably separate careful, grammatically correct academic prose from machine-generated text.

Set side by side, the tools differ in degree rather than in kind: all are moderate at best in accuracy, several carry a high risk of bias, and most are opaque, which is why the literature treats every one of them as supporting material rather than proof.

Table 3. Comparative summary of common detection tools.

Tool	Accuracy	Bias Risk	Transparency	Recommended Use
Turnitin AI	Moderate	High	Low	Supporting evidence only
GPTZero	Moderate	High	Medium	Initial screening
Originality.ai	Moderate	Medium	Low	Supplementary review
Copyleaks	Moderate	Medium	Low	Supplementary review
Winston AI	Moderate	Medium	Low	Supplementary review

Alongside the accuracy problem runs the ethical one: the lack of due process, the opacity of the tools, and the readiness of institutions to lean on them harder than the evidence allows. It is no surprise that the literature increasingly converges on the same prescription, namely human oversight, contextual judgement, and a redesign of assessment itself, rather than a search for the perfect detector.

5. CONCLUSION

Generative AI has put higher education under real pressure, and the first instinct of many universities, to meet a new technology with a detection technology, is understandable. What this review suggests is that the instinct does not survive contact with the evidence. As a standalone basis for misconduct decisions, current AI-writing detectors are too unreliable, too inconsistent, and too ethically fraught to bear that weight.

The reasons recur throughout the literature. The tools produce false positives, and they do so most readily for students with structured writing styles and for those working in a second language.

Their accuracy collapses once AI text has been edited, paraphrased, or blended with a student's own words. And because their output is probabilistic, they cannot establish either authorship or intent; a score is not a confession.

The ethical costs follow from these facts: thin due process, automation bias, opacity, and unfairness, with the added danger that leaning too hard on detection erodes the trust between students and their institutions and risks outcomes that are discriminatory in practice.

The more promising path runs in a different direction. Rather than placing detection at the centre, universities would do better to write clear and honest policies, to raise AI literacy among staff and students alike, and to redesign assessment so that it rewards genuine learning and critical thinking. Where integrity is in question, human reading and attention to context should remain decisive. As these technologies keep advancing, the task for institutions is a balanced and ethically grounded one: to defend academic standards and the rights, equity, and inclusion of their students at the same time, rather than sacrificing the second for the appearance of the first.

6. LIMITATIONS

This is a literature review, not an experimental study, so it tests no detector directly; its conclusions are only as strong as the studies it draws on. Empirical evaluation across a range of real educational settings is still needed, and that is work this paper can point toward but not itself provide.

7. FUTURE RESEARCH DIRECTIONS

Several directions follow naturally. Detectors should be tested on genuinely multilingual datasets rather than mostly English ones; institutional policies should be compared to see what actually protects students; student perceptions of these tools deserve study in their own right; and the assessment-redesign strategies so often recommended should be evaluated in practice, in classrooms where AI is already part of how students work.

REFERENCES

Bommasani, R., Hudson, D. A., Adeli, E., et al. (2021). On the opportunities and risks of foundation models. arXiv preprint arXiv:2108.07258.

Cotton, D. R. E., Cotton, P. A., & Shipway, J. R. (2024). Chatting and cheating: Ensuring academic integrity in the era of ChatGPT. Innovations in Education and Teaching International, 61(2), 228–239.

Floridi, L., Cowls, J., Beltrametti, M., et al. (2018). AI4People—An ethical framework for a good AI society: Opportunities, risks, principles, and recommendations. Minds and Machines, 28, 689–707.

Gao, C. A., Howard, F. M., Markov, N. S., et al. (2023). Comparing scientific abstracts generated by ChatGPT to original abstracts using an artificial intelligence output detector, plagiarism detector, and blinded human reviewers. NPJ Digital Medicine, 6(1), 75.

Holmes, W., Bialik, M., & Fadel, C. (2019). Artificial intelligence in education: Promises and implications for teaching and learning. Center for Curriculum Redesign.

Jobin, A., Ienca, M., & Vayena, E. (2019). The global landscape of AI ethics guidelines. Nature Machine Intelligence, 1(9), 389–399.

Kasneci, E., Sessler, K., Küchemann, S., et al. (2023). ChatGPT for good? On opportunities and challenges of large language models for education. Learning and Individual Differences, 103, 102274.

Liang, W., et al. (2023). GPT detectors are biased against non-native English writers. arXiv preprint arXiv:2304.02819.

OpenAI. (2023). AI text classifier documentation. Retrieved from https://openai.com

Perkins, M. (2023). Academic integrity considerations of AI large language models in higher education: Implications for educational practice and assessment. Journal of University Teaching & Learning Practice, 20(2).

Roe, J., Perkins, M., & MacVaugh, J. (2024). AI detection tools in higher education: A critical review of reliability and ethical implications. Computers and Education: Artificial Intelligence, 6, 100197.

Sadasivan, V. S., et al. (2023). Can AI-generated text be reliably detected? Patterns, 4(9), 100843.
Susnjak, T. (2022). ChatGPT: The end of online exam integrity? International Journal of Educational Technology in Higher Education, 19(1), 1–8.
Tlili, A., Shehata, B., Adarkwah, M. A., et al. (2023). What if the devil is my guardian angel: ChatGPT as a case study of using chatbots in education. Smart Learning Environments, 10(15).
Weber-Wulff, D., et al. (2023). Testing of detection tools for AI-generated text. International Journal for Educational Integrity, 19(1), 1–20.
Zawacki-Richter, O., Marín, V. I., Bond, M., & Gouverneur, F. (2019). Systematic review of research on artificial intelligence applications in higher education. International Journal of Educational Technology in Higher Education, 16(39).

CIRCULAR ECONOMY APPROACHES IN NANO-FERTILIZER DEVELOPMENT FOR ENHANCED NUTRITIONAL QUALITY OF CROPS

Prof. Dr. Marina S.T. STOJANOVA
University of Ss. Cyril and Methodius, Faculty of Agricultural Sciences and Food, Skopje, North Macedonia
ORCID: 0000-0002-6941-3386

Acad. Prof. Dr. Dragutin A. DJUKIC
University of Kragujevac, Faculty of Agronomy, Čačak, Serbia
ORCID: 0000-0002-8454-4384

Dr. Monika STOJANOVA
Association for Scientific-research, Educational and Cultural Activities "Open Science", Ohrid, North Macedonia
ORCID: 0000-0002-6525-7099

Milos RABRENOVIC
Association for Scientific-research, Educational and Cultural Activities "Open Science", Ohrid, North Macedonia / Montenegro

Abstract
The increasing demand for sustainable agricultural production has accelerated the search for innovative fertilization strategies that simultaneously improve crop quality and reduce environmental impacts. Conventional fertilizers are often associated with nutrient losses, soil degradation, and contamination of water resources, highlighting the urgent need for more efficient and eco-friendly alternatives. In this context, nano-fertilizers have emerged as a promising technology due to their controlled nutrient release, higher nutrient use efficiency, and ability to enhance plant growth and nutritional composition. At the same time, the principles of the circular economy promote the valorization of agricultural and food waste into high-value products, contributing to resource efficiency and waste minimization.
This review paper aims to examine recent circular economy approaches in the development of nano-fertilizers derived from agricultural, food, and biowaste materials, with a particular focus on their effects on the nutritional quality of crops. The study summarizes current methods for the green synthesis of nano-fertilizers using biodegradable and renewable resources, including crop residues, biochar, fruit peels, and organic waste streams. Furthermore, the review discusses the mechanisms through which nano-fertilizers influence nutrient uptake, mineral accumulation, antioxidant activity, and shelf life of agricultural products.
Special attention is given to the environmental and economic benefits of integrating nano-enabled fertilization into circular agricultural systems, including reduced dependence on synthetic fertilizers, lower greenhouse gas emissions, and improved soil sustainability. Additionally, the paper addresses potential risks related to nanoparticle toxicity, regulatory challenges, and the need for long-term field studies to ensure safe agricultural applications.
Overall, circular economy-based nano-fertilizers represent a promising pathway toward sustainable food production, improved crop nutritional quality, and enhanced resource efficiency within modern agricultural systems.
Keywords: Nano-fertilizers, circular economy, sustainable agriculture, crop nutritional quality, agricultural waste valorization.

KNUDSEN LAYER PHENOMENA IN RAREFIED GAS FLOW: A COMPREHENSIVE THEORETICAL REVIEW

Yassine BOUHOUCHI
Research team in Smart Electrical, Mechanical and Energy Systems (SEMES), Sultan Moulay Slimane University, Polydisciplinary Faculty, Beni Mellal, Morocco.
ORCİD: ID/0009-0005-1755-3079

Meryem maiss
Research team in Smart Electrical, Mechanical and Energy Systems (SEMES), Sultan Moulay Slimane University, Polydisciplinary Faculty, Beni Mellal, Morocco.
ORCİD: ID/0000-0001-8737-4782

Youness IGHRIS
Research team in Smart Electrical, Mechanical and Energy Systems (SEMES), Sultan Moulay Slimane University, Polydisciplinary Faculty, Beni Mellal, Morocco.
ORCİD: ID/0009-0008-8951-955X

Mohsine QAFFOU
Research team in Smart Electrical, Mechanical and Energy Systems (SEMES), Sultan Moulay Slimane University, Polydisciplinary Faculty, Beni Mellal, Morocco.
ORCİD: ID/0009-0001-4540-6683

Jamal BALITI
Research team in Smart Electrical, Mechanical and Energy Systems (SEMES), Sultan Moulay Slimane University, Polydisciplinary Faculty, Beni Mellal, Morocco.
ORCİD: ID/0000-0002-6287-9028

Abstract
Rarefied gas flows encountered in micro- and nanoscale systems display non-equilibrium effects that are not captured by continuum descriptions. The deviations are most pronounced in the Knudsen layer bordering solid boundaries, where transport is governed by molecular interactions. The present review outlines theoretical fundamentals of Knudsen layer phenomena through the Boltzmann equation and asymptotic kinetic theory frameworks. Special attention is given to analytical expressions for the velocity slip and temperature jump obtained from boundary layer analysis and moment methods. Classical half-space problems are revisited in order to clarify the structure of distribution functions and higher-order moments near walls. The historical development from Maxwell boundary conditions to modern regularized moment systems including R13 models, is systematically synthesized from a unified analytical stand point. Matched asymptotic expansions and eigenfunction solutions of the linearized Boltzmann equation are used to analyze breakdown mechanisms of the Navier-Stokes equations in the near-wall region. Despite many advances, a coherent theoretical synthesis linking classical solutions and modern moment closures is yet to be achieved, in particular the rigorous coupling of half-space solutions, slip coefficients and higher-order boundary conditions for a wide range of Knudsen number regimes. This review combines several analytical results and solves open problems, providing a consistent scheme for future theoretical development of rarefied gas dynamics.
Keywords: Knudsen layer, Boltzmann equation, velocity slip, temperature jump, half-space problems, kinetic theory, R13 models, Navier-Stokes breakdown

Özet
Nadir ve mikro/ nanometre ölçekli sistemlerde karşılaşılan seyrelmiş gaz akışları, sürekli ortam (kontinuum) yaklaşımlarıyla açıklanamayan denge-dışı etkiler sergiler. Bu sapmalar, özellikle katı yüzeyleri çevreleyen Knudsen tabakasında belirgindir; burada taşınım moleküler etkileşimler tarafından yönetilir. Bu derleme, Boltzmann denklemi ve asimptotik kinetik kuram çerçeveleri aracılığıyla Knudsen tabakası fenomenlerinin teorik temellerini ortaya koymaktadır.

Sınır tabakası analizi ve moment yöntemleri kullanılarak elde edilen hız kayması (slip) ve sıcaklık sıçraması için analitik ifadelere özel önem verilmektedir. Klasik yarı-uzay problemleri, dağılım fonksiyonlarının ve duvar yakınındaki yüksek mertebeden momentlerin yapısını açıklığa kavuşturmak amacıyla yeniden ele alınmaktadır. Maxwell sınır koşullarından modern düzenlenmiş moment sistemlerine, özellikle R13 modellerine kadar olan tarihsel gelişim, bütünleşik bir analitik bakış açısıyla sistematik olarak özetlenmektedir. Eşleştirilmiş asimptotik açılımlar ve Boltzmann denkleminin lineerleştirilmiş halinin özfonksiyon çözümleri, duvar yakın bölgesinde Navier–Stokes denklemlerinin geçerlilik kaybı mekanizmalarını analiz etmek için kullanılmaktadır. Çok sayıda ilerlemeye rağmen, klasik çözümler ile modern moment kapamaları arasında tutarlı bir teorik sentez henüz tam olarak sağlanamamıştır; özellikle yarı-uzay çözümlerinin, kayma katsayılarının ve yüksek mertebeden sınır koşullarının geniş Knudsen sayısı aralıkları için sıkı biçimde bağlanması açık bir problemdir. Bu derleme, çeşitli analitik sonuçları birleştirerek bazı açık problemleri ele almakta ve seyrelmiş gaz dinamiğinin gelecekteki teorik gelişimi için tutarlı bir şema sunmaktadır.

Anahtar kelimeler: Knudsen tabakası, Boltzmann denklemi, hız kayması (velocity slip), sıcaklık sıçraması (temperature jump), yarı-uzay problemleri, kinetik teori, R13 modelleri, Navier–Stokes denklemlerinin geçerlilik kaybı (breakdown).

RADIOLOGICAL ASSESSMENT OF NATURAL RADIONUCLIDES IN THERMAL SPRINGS OF EASTERN ALGERIA

Dr. Hadda KEBIR
Mohamed El Bachir El Ibrahimi University, Sciences and Technology Faculty, Matter Sciences Department, Bordj Bouarreridj, Laboratory of Materials Physics, Radiation and Nanostructures (LMPRN), Algeria,
ORCİD: 0009-0003-4505-3261

Abstract
Natural radionuclide concentration fluctuations are fundamentally driven by the unique chemical composition of specific geographic locations. This study evaluates the activity concentrations of natural radionuclides focusing on the three natural decay series ^{238}U, ^{235}U and ^{232}Th alongside 40K in two selected thermal springs located in Eastern Algeria. Measurements were conducted utilizing high-resolution gamma-ray spectroscopy. In the analyzed water samples, the activities of ^{235}U, ^{234}Th, ^{210}Pb, and ^{226}Ra fell below the minimum detectable activity (MDA), with ^{238}U emerging as the predominant radionuclide. The activity of ^{238}U was quantified by calculating the mean activity of two distinct photo-peaks from its daughter products: ^{214}Pb at 351.92 keV 37.2 % and ^{214}Bi at 609.31 keV 45 %. The determined activity concentrations of ^{238}U derived from ^{214}Bi and ^{214}Pb concentrations varied between 0.56 ± 0.20 and 1.13 ± 0.20 Bq/ L. Furthermore, the annual effective dose for an adult, calculated based on the ingestion of 1 L of water containing the observed ^{238}U levels, ranged from 9.20 to 18.56 µSv.
Keywords: Gamma spectroscopy, Activity concentrations, Water sample, Thermal springs, Annual effective dose

ADVANCED BIODEGRADABLE ALGINATE BEADS WITH TUNABLE CONTROLLED-RELEASE PROPERTIES FOR BIOMEDICAL AND AGRICULTURAL DELIVERY

BOURD Youssef
Laboratory of Materials, Nanotechnology, and Environment,
Mohammed V University in Rabat, Faculty of Sciences, Av. Ibn Battouta, Agdal-Rabat, BP 1014, Morocco
ORCID NO: 0009-0009-1874-6330

EL MOUZAHIM Mouad
Department of Chemistry, Life Sciences and Environmental Sustainability,
University of Parma, INSTM, UdR Parma, Parco Area delle Scienze 17/A, Parma, 43124, Italy
ORCID NO: 0000-0003-4670-8437

EDDARAI El Mehdi
Laboratory of Materials, Nanotechnology, and Environment,
Mohammed V University in Rabat, Faculty of Sciences, Av. Ibn Battouta, Agdal-Rabat, BP 1014, Morocco
ORCID NO: 0000-0002-6544-3633

BELLAOUCHOU Abdelkbir
Laboratory of Materials, Nanotechnology, and Environment,
Mohammed V University in Rabat, Faculty of Sciences, Av. Ibn Battouta, Agdal-Rabat, BP 1014, Morocco
ORCID NO: 0000-0003-2328-2015

BOUSSEN Ratiba
Laboratory of Materials, Nanotechnology, and Environment,
Mohammed V University in Rabat, Faculty of Sciences, Av. Ibn Battouta, Agdal-Rabat, BP 1014, Morocco
ORCID NO: 0000-0001-6115-2436

Abstract
The development of biodegradable delivery systems based on natural polymers has gained considerable attention in both biomedical and agricultural fields due to their sustainability, biocompatibility, and controlled-release capabilities. In this study, an innovative encapsulation system for Methylene Blue (MB) was developed using sodium alginate beads cross-linked with varying concentrations of Calcium Chloride ($CaCl_2$). The influence of cross-linker concentration on the structural, physicochemical, and release properties of the beads was systematically investigated to optimize their performance for potential drug delivery and agrochemical applications.
Increasing $CaCl_2$ concentration significantly enhanced bead integrity and morphological stability, producing highly spherical particles that maintained their structure in both hydrated and dehydrated states. The denser polymeric network formed at higher calcium concentrations improved encapsulation efficiency while optimizing moisture retention, thereby ensuring better protection and retention of the encapsulated compound. Release studies conducted in aqueous and soil media demonstrated that increasing cross-linking density effectively reduced the release rate of Methylene Blue, enabling a more sustained and controlled diffusion profile over time. Despite their enhanced mechanical stability, the formulated beads exhibited favorable biodegradation behavior, confirming their environmentally friendly nature and suitability for sustainable applications.
These findings demonstrate that precise modulation of $CaCl_2$ cross-linking density represents an effective strategy for engineering high-performance alginate-based carriers with tunable release characteristics. The developed system shows strong potential for targeted delivery of therapeutic agents in biomedical applications as well as controlled release of active compounds in agriculture.
Keywords: Sodium alginate, biodegradable beads, controlled release, methylene blue, encapsulation, release kinetics, drug delivery, agricultural applications

IN VITRO ROOTING POTENTIALITIES OF ROSEMARY AND THYME ESSENTIAL OILS ON PEAR (*PYRUS COMMUNIS* L.) VITROPLANTS

Dr. Chokri BAYOUDH
LR21AGR03-Production and Protection for a Sustainable Horticulture, Regional Research Centre on Horticulture and Organic Agriculture (CRRHAB), 4042 Chott-Mariem, IRESA, Tunisia,
ORCID: 0000-0002-7531-2979

Mrs Yassmine GHRAIRI
Higher Institute of Biotechnology of Monastir (ISBM), University of Monastir, 5000 Monastir, Tunisia.

Mrs Afifa MAJDOUB
Regional Research Centre on Horticulture and Organic Agriculture (CRRHAB), 4042 Chott-Mariem, IRESA, Tunisia.

Pr. Taoufik BETTAIEB
Laboratory of Horticultural Sciences, National Agronomic Institute of Tunisia, University of Carthage, 43 Avenue Charles Nicolle, 1082 Tunis, Tunisia.

ABSTRACT
Tunisian pear sector is with an important economic value. However, pear (*Pyrus communis* L.) crop is nowadays widely threatened by fire blight, a severe bacterial disease caused by *Erwinia amylovora*. Classical propagation techniques (cuttings and grafting) of local pear varieties are less effective. In fact, traditional rooting of local pear cuttings is often difficult, and rooting rates are generally low. The use of *in vitro* culture technique would permit rapid propagation and widespread of this crop and adequate rooting of plantlets with high rooting rates and quality. *In vitro* rooting of local pear is currently achieved by natural or synthetic auxins, which are, often, expensive and toxic to handlers and to the environment. Substituting these auxins with essential oils (EOs) of certain plants could be effective for *in vitro* rooting and without harmful effects on humans or the environment. In this context, the biostimulant effects of two essential oils, rosemary and thyme, at doses of 25, 50 and 100 $\mu l.L^{-1}$, on *in vitro* rooting of local pear plantlets *cv. Arbi* were studied. Preliminary results showed that the two essential oils had low rooting capacities on *in vitro* plantlets compared to IBA auxin. In addition, EO_{Rm} appeared more effective than EO_{Th}, thus ensuring a best rooting rate of 58.34% and a highest root length of 13.7 mm with 50 $\mu l.L^{-1}$ dose. The combination of two EOs at equal doses of 50 $\mu l.L^{-1}$ EO_{Rm} + 50 $\mu l.L^{-1}$ EO_{Th} leaded to the highest root number (1.75). Moreover, the addition of EO_{Th} to IBA enriched rooting media reduced the efficacy of this rooting auxin and exhibited high phytotoxicity levels (100%) on pear vitroplants. Only that the two EOs (EO_{Rm} and EO_{Th}) have totally inhibited the callus formation on vitroplant collets.
Keywords: Essential oils (EOs), *in vitro* rooting, local pear, rooting rate, rosemary, thymus.

AI-DRIVEN CLINICAL DECISION SUPPORT SYSTEM FOR EARLY DETECTION AND RISK STRATIFICATION OF BREAST CANCER IN U.S. HEALTHCARE SYSTEMS

Anik Biswas
College of Graduate and Professional Studies, Master of Science in Information Studies, Trine University, Angola, Indiana, USA
ORCID ID: 0009-0007-0392-7740

Abstract
Breast cancer remains one of the leading causes of cancer-related mortality in the United States, where early detection and accurate risk stratification are critical for improving patient outcomes and reducing healthcare costs. However, variability in clinical interpretation and increasing screening demand continue to challenge radiologists and healthcare providers. This study proposes an AI-driven Clinical Decision Support System (CDSS) designed to enhance the early detection and risk stratification of breast cancer within U.S. healthcare systems.
The proposed framework leverages deep learning-based transfer learning models to automatically extract high-level imaging features from mammography and medical imaging data. To improve diagnostic reliability, the system integrates class imbalance handling techniques, including synthetic oversampling and cost-sensitive learning, along with ensemble learning strategies to enhance robustness across heterogeneous patient populations. The model is trained and validated using publicly available benchmark datasets, and performance is evaluated using accuracy, precision, recall, F1-score, and AUC-ROC metrics.
Experimental results demonstrate that the proposed system achieves superior predictive performance compared to conventional machine learning approaches and baseline deep learning models, particularly in identifying early-stage malignant cases. The integration of risk stratification further enables prioritization of high-risk patients, supporting timely clinical intervention.
This research highlights the potential of AI-assisted clinical decision support systems to improve diagnostic accuracy, reduce human error, and enhance efficiency in U.S. healthcare delivery. The proposed approach can be extended to other cancer types and integrated into real-world hospital information systems to support data-driven medical decision-making.
Keywords: Artificial Intelligence, Breast Cancer, Clinical Decision Support System, Deep Learning, Risk Stratification, Healthcare Analytics

A ZIGZAG SEARCH ALGORITHM FOR UNMANNED AERIAL VEHICLE-BASED ODOR SOURCE LOCALIZATION

Shoaib Ahsan Shah
Master's Student, Electrical and Information Engineering, Tianjin University, Tianjin, China

ABSTRACT
Odor Source Localization (OSL) is a critical capability for applications such as gas leak detection, environmental monitoring, search and rescue operations, and hazardous material identification. Unmanned Aerial Vehicles (UAVs) offer significant advantages over ground-based platforms for OSL tasks due to their three-dimensional mobility, ability to access inaccessible or hazardous regions, and rapid area coverage. However, locating an odor source in turbulent and intermittent plume environments remains challenging due to the discontinuous and stochastic nature of chemical distributions in airflow. This study presents a UAV-based OSL approach employing a bio-inspired zigzag search algorithm derived from the plume-tracking behavior of moths. The proposed strategy guides a quadrotor UAV along a crosswind zigzag trajectory, enabling it to repeatedly traverse and detect the odor plume while progressively advancing upwind toward the source. The algorithm integrates real-time gas concentration measurements from an onboard chemical sensor with wind direction estimation to adaptively adjust the sweep width and turning angle. Upon plume loss, a casting sub-behavior is invoked to re-acquire the trail before resuming directed upwind search. The algorithm was implemented and evaluated through simulation in a Gazebo/ROS environment under varying wind speeds and source configurations. Performance is assessed in terms of localization accuracy, total search time, path efficiency, and energy consumption, and benchmarked against conventional spiral and grid search strategies. Preliminary results indicate that the zigzag approach achieves robust source localization with reduced search time under steady and moderately turbulent flow conditions, supporting its viability for real-world UAV deployment in chemical sensing missions.
Keywords: Unmanned Aerial Vehicle (UAV); Odor Source Localization (OSL); Zigzag Algorithm; Plume Tracking; Bio-inspired Robotics; Gas Sensing

DIGITAL AGRICULTURE AND AI ADOPTION FOR SUSTAINABLE FARMING IN DEVELOPING COUNTRIES

Fahad AMJAD
The Islamia University of Bahawalpur, Faculty of Agriculture and Environment Science, Department of Agronomy, Bahawalpur- Pakistan
ORCID: 0009-0003-7318-9887

Abdul REHMAN
The Islamia University of Bahawalpur, Faculty of Agriculture and Environment Science, Department of Agronomy, Bahawalpur- Pakistan
ORCID: 0000-0002-4789-3462

Muhammad ZAIN
University of Bonn, Faculty of Mathematics and Natural Sciences, Department of Plant Science, Bonn, Germany
ORCID: 0009-0007-1912-1557

Faiqa ABID
Centre for Agriculture and Bioscience International, Haroonabad - Pakistan
ORCID: 0009-0004-0811-6670, +92 334 4731822

Abstract
Developing countries continue to experience various challenges, such as climate change, food insecurity, resource shortages, low productivity, and population increase, integrating digital technology within their agricultural production system becomes essential in ensuring sustainable agriculture. Digital agriculture, integrating various technologies, such as machine learning, remote sensing, drones, IoT devices, precision irrigation, and agricultural mobile advice platforms, are capable of increasing crop productivity and resource use efficiency. Digital agriculture and AI can apply in numerous areas of farming, which include crop monitoring and surveillance, water management through irrigation, disease and pest identification, soil management, nutrient management through fertilizer optimization, weed management, crop production forecasts, post-production and logistics, decision-making tools, and efficiency in resource utilization. Several studies indicated that combining UAV data with satellite information allows enhancing the efficiency of crop yield forecasting up to 83%, and applying AI technologies for early crop disease diagnosis provides the accuracy of 81-95%, and reduces irrigation expenses by 20-25% and nitrogen fertilization by 31 kg ha^{-1}. However, the adoption of digital agriculture and AI technologies in developing countries is driven by various socio-economic, technological, institutional and environmental drivers that could potentially ease or hinder their deployment. Furthermore, this study provides recommendations regarding the introduction of policy frameworks, development of farmer training programs, and improvement of infrastructure development, as well as cooperation of different parties involved in the process.
Keywords: digital agricultural, remote sensing, IoT sensors, decision support systems, machine learning, resource use efficiency

SMART NANOEMULGELS FROM SUSTAINABLE POLYMER DOTS

Hebat-Allah S. Tohamy
Cellulose and Paper Department, National Research Centre, 33 El Bohouth Str., P.O. 12622, Dokki Giza, Egypt**.**

ABSTRACT

To address the critical global challenges of food waste and pathogen contamination, this study introduces a novel, sustainable, and multi-functional fluorescent polymer dot (FPD) nanoemulgel engineered for comprehensive food safety monitoring. Synthesized from dialdehyde alginate (DAA) via a simple, eco-friendly microwave-assisted oxidation and carbonization route, the structural and electronic properties of the resulting DAA-FPDs were validated through transmission electron microscopy (TEM; particle size range of 15–88 nm) and Density Functional Theory (DFT) calculations. The engineered nanoemulgel exhibits a remarkable pH-responsive dual functionality ideal for intelligent packaging systems. At an acidic threshold (pH 3), protonation of the carboxyl groups drives distinct acid-induced emulgelation and structural solidification. Simultaneously, the material acts as a clear, colorimetric visual indicator, exhibiting a pronounced naked-eye color shift from vibrant orange at neutral pH to dark brown/black under alkaline conditions (pH 12), effectively signaling structural or chemical spoilage. Beyond visual tracking, the DAA-FPDs function as a highly sensitive, intensity-based fluorescent biosensor for real-time microbial detection. Governed by the distinct cell wall chemistries of target pathogens and the pH-dependent surface charge of the polymer dots, the sensor demonstrated exceptional differential sensitivity, achieving a limit of detection (LOD) of 65.07 CFU/mL for Gram-negative *Escherichia coli* and 155.48 CFU/mL for Gram-positive *Staphylococcus aureus*. Crucially, the platform doubles as an active protective agent, displaying potent broad-spectrum antimicrobial efficacy with zones of inhibition reaching up to 46 mm against *S. aureus*. Ultimately, this work presents a green, biodegradable, and multi-functional nanoemulgel framework that seamlessly integrates structural, colorimetric, and fluorescent sensing with active antimicrobial defense, offering a comprehensive and scalable platform to enhance global food security.

STREET FOODS: A POTENTIAL THREAT TO THE FOOD SAFETY AND A MAJOR PUBLIC HEALTH CONCERN

Iyman Binti FAYAZ
Guest Lecturer, Division of Veterinary Public Health and Epidemiology, Faculty of Veterinary Sciences & Animal Husbandry, SKUAST Kashmir, India

Mohammad Mateen ZEHGEER
Veterinary Officer, Central Animal House Facility, Jamia Hamdard University, New Delhi, India

Abstract
Street-vended foods are widely consumed in India because of their affordability, unique taste, and easy accessibility; however, poor hygienic practices during preparation, storage, and handling may contribute to the transmission of foodborne pathogens and antimicrobial-resistant bacteria. The present study was undertaken to evaluate the microbiological quality and public health significance of two popular street foods, *panipuri* and *bhelpuri*, sold in different areas of Srinagar city, Kashmir. A total of 300 samples comprising 150 samples each of panipuri and bhelpuri were collected aseptically and processed within one hour of collection. Isolation and enumeration of bacterial contaminants were performed using standard microbiological procedures. Samples were initially enriched in buffered peptone water followed by inoculation on selective and differential media including **MacConkey agar** and **Eosin Methylene Blue (EMB) agar** for isolation and presumptive identification of *Escherichia coli*. Typical colonies showing metallic green sheen on EMB agar and lactose-fermenting pink colonies on MacConkey agar were further subjected to biochemical characterization and molecular confirmation. Molecular characterization was carried out for the detection of enteropathogenic *E. coli* (EPEC) and enterotoxigenic *E. coli* (ETEC) strains through amplification of virulence-associated genes. Additionally, antimicrobial susceptibility testing was performed against a panel of commonly used antibiotics including Ampicillin, Amoxicillin-clavulanic acid, Cefotaxime, Ceftriaxone, Ciprofloxacin, Levofloxacin, Gentamicin, Tetracycline, Chloramphenicol, Streptomycin, Azithromycin, and Trimethoprim-sulfamethoxazole using the Kirby–Bauer disc diffusion method.
Out of the 300 samples analyzed, 81 samples were confirmed positive for *E. coli*, with higher contamination observed in panipuri (45/150) compared to bhelpuri (36/150). Molecular analysis revealed the occurrence of virulence-associated genes characteristic of pathogenic *E. coli* strains, including the **eaeA** gene associated with EPEC and the **lt** and **st** enterotoxin genes associated with ETEC pathotypes. All isolates were positive for EPEC-associated virulence markers, while 49 isolates were identified as ETEC. Antibiogram profiling demonstrated comparatively higher sensitivity towards Ampicillin (82%) and Levofloxacin (78%), whereas considerable resistance was observed against Tetracycline, Cefotaxime, Streptomycin, and Trimethoprim-sulfamethoxazole, suggesting the emergence of multidrug-resistant *E. coli* strains in street-vended foods. The detection of virulent and antibiotic-resistant *E. coli* in ready-to-eat street foods highlights a serious public health concern and emphasizes the potential risk of foodborne outbreaks.
The findings of this study underscore the urgent need for strict hygienic practices during food preparation and vending, routine microbiological surveillance, antimicrobial resistance monitoring, vendor awareness programs, and implementation of effective food safety regulations to minimize contamination and safeguard consumer health.
Keywords : Panipuri**,** bhelpuri, E.coli, street foods, EPEC, ETEC, Hazard.

AGRONOMIC BIOFORTIFICATION AS A SUSTAINABLE STRATEGY TO COMBAT HIDDEN HUNGER AND IMPROVE GLOBAL FOOD SECURITY

Faiqa ABID
Centre for Agriculture and Bioscience International, Haroonabad, Pakistan
ORCID ID: 0009-0004-0811-6670

Abdul REHMAN
The Islamia University of Bahawalpur, Faculty of Agriculture and Environment Science, Department of Agronomy, Pakistan
ORCID ID: 0000-0002-4789-3462

Fahad AMJAD
The Islamia University of Bahawalpur, Faculty of Agriculture and Environment Science, Department of Agronomy, Pakistan
ORCID ID: 0009-0003-7318-9887

Muhammad ZAIN
University of Bonn, Faculty of Mathematics and Natural Sciences, Department of Plant Science, Germany
ORCID ID: 0009-0007-1912-1557

Abstract
Micronutrient malnutrition popularly referred to as hidden hunger continues to be one of the most significant public health problems of the 21st century that is largely unappreciated. Hidden hunger silently affects more than two billion people around the world by damaging their immunity, brain functioning and productivity while at the same time over 733 million people were suffering from severe hunger in 2023. Millions of people globally suffer from iron and zinc deficiency, which results in poor growth and development, poor immune response, and poor cognitive abilities especially in developing countries where diverse diets are lacking. Agronomic biofortification has recently been identified as an effective and low-cost way to address these deficiencies. Agronomic biofortification increases the availability of key micronutrients in crops without affecting the yield making it the most realistic solution to tackle hidden hunger in terms of producing micronutrient-rich crops from existing cultivars. Techniques such as soil fertilization, foliar fertilization, seed priming, bio-fertilizers, and nano-fertilizers have proved capable of boosting the iron concentration in grains by 5-57% and zinc concentration by 10-95%. Micronutrient fortification can apply for major cereals such as rice, wheat, maize, and millets along with pulses and oilseeds using soil and foliar application methods. This review, critically discuss agronomic biofortification approaches, analyze response to different crops and nutrients, explore existing knowledge gaps, and finally propose integrated agronomic policies to achieve UN SDG 2: Zero Hunger through biofortification.
Keywords: biofortification, hidden hunger, SDG, foliar application, agronomic biofortification, zero hunger

INTERFACIAL ADHESION IN NATURAL FIBER-REINFORCED POLYMER COMPOSITES: MECHANISMS AND IMPROVEMENT STRATEGIES

PhD Candidate Kaouthar BOUMANE
Moulay Ismail University, Team of Innovative Materials and Mechanical Manufacturing Processes, ENSAM Meknes, Morocco
ORCID ID: 0009-0006-4835-060X

Asst. Prof. Mostapha KARAOUI
Moulay Ismail University, Team of Innovative Materials and Mechanical Manufacturing Processes, ENSAM Meknes, Morocco
ORCID ID: 0000-0002-7331-4823

Prof. Mohammed ALAMI
Moulay Ismail University, Team of Innovative Materials and Mechanical Manufacturing Processes, ENSAM Meknes, Morocco

Prof. Mohammed ASSOUAG
Moulay Ismail University, Team of Innovative Materials and Mechanical Manufacturing Processes, ENSAM Meknes, Morocco

Abstract
Natural fiber-reinforced polymer composites have emerged as promising sustainable materials due to their low density, renewability, and environmental advantages compared to conventional synthetic composites. However, the inherent hydrophilic nature of natural fibers creates a fundamental incompatibility with hydrophobic polymer matrices, making interfacial adhesion the critical determinant of composite mechanical performance.
This work investigates the fundamental role of interfacial adhesion in governing the mechanical performance of natural fiber-reinforced polymer composites. The interfacial region is critically analyzed in terms of physicochemical incompatibility, surface polarity, and the presence of microvoids that reduce stress transfer efficiency. These mechanisms directly influence key mechanical properties such as tensile strength, stiffness.
Different strategies to improve interfacial adhesion are discussed, including chemical treatments (alkali treatment, silane modification), the use of coupling agents (such as maleic anhydride-grafted polymers), and physical surface modifications aimed at enhancing fiber–matrix compatibility. The impact of these approaches on stress transfer efficiency and composite durability is highlighted.
Overall, this study emphasizes that interfacial engineering is a key factor in unlocking the full potential of natural fiber-reinforced polymer composites for structural and semi-structural applications, enabling the development of high-performance and sustainable materials.
Keywords: Polymer composites, Natural fibers, Interfacial adhesion, Mechanical performance

STRUCTURAL ENGINEERING AND IONIC CONDUCTIVITY OPTIMIZATION IN LI_2O–BI_2O_3–NB_2O_5–P_2O_5 PHOSPHATE GLASSES INCORPORATING NIOBIUM FOR SOLID-STATE LITHIUM-ION ELECTROLYTES

OUHRA Zineb
Laboratory of Materials, Nanotechnology, and Environment,
Mohammed V University in Rabat, Faculty of Sciences, Av. Ibn Battouta, Agdal-Rabat, BP 1014, Morocco

El Hawary Maha
Laboratory of Materials, Nanotechnology, and Environment,
Mohammed V University in Rabat, Faculty of Sciences, Av. Ibn Battouta, Agdal-Rabat, BP 1014, Morocco

CHTYBY Nouhaila
Laboratory of Materials, Nanotechnology, and Environment,
Mohammed V University in Rabat, Faculty of Sciences, Av. Ibn Battouta, Agdal-Rabat, BP 1014, Morocco

BOURD Youssef
Laboratory of Materials, Nanotechnology, and Environment,
Mohammed V University in Rabat, Faculty of Sciences, Av. Ibn Battouta, Agdal-Rabat, BP 1014, Morocco

BELLAOUCHOU Abdelkbir
Laboratory of Materials, Nanotechnology, and Environment,
Mohammed V University in Rabat, Faculty of Sciences, Av. Ibn Battouta, Agdal-Rabat, BP 1014, Morocco

EL MOUDANE Mouloud
Laboratory of Materials, Nanotechnology, and Environment,
Mohammed V University in Rabat, Faculty of Sciences, Av. Ibn Battouta, Agdal-Rabat, BP 1014, Morocco

Abstract
A novel series of $(27.5-x)Li_2O–2.5Bi_2O_3–xNb_2O_5–70P_2O_5$ ($0 \leq x \leq 7.5$ mol%) glass matrices was synthesized via the conventional melt-quenching protocol. XRD and DSC analyses rigorously corroborated the amorphous character of all specimens.
Physicochemical evaluations indicated that progressive niobium incorporation systematically modulates density and molar volume, signifying enhanced network compaction and altered structural connectivity. Concurrently, FTIR and Raman spectroscopies evidenced the prevalence of pyrophosphate moieties and elucidated the pivotal role of Nb–O linkages in driving structural reorganization.
While SEM imaging confirmed a topologically homogeneous and defect-free morphology, electrochemical assessments revealed a divergent compositional trend: ionic conductivity is augmented by elevated alkali concentrations but concomitantly attenuated by niobium doping. These dynamics were strictly validated by Arrhenius-derived activation energies.
Keywords: Phosphate glasses, Niobium integration, Structural reorganization, Ion-transport dynamics, Melt-quenching, Ionic conductivity.

DIGITAL LEADERSHIP: A MULTIDISCIPLINARY REVIEW OF EMERGING RESEARCH AREAS

DİJİTAL LİDERLİK: YENİ ARAŞTIRMA ALANLARININ ÇOK DİSİPLİNLİ BİR İNCELEMESİ

Dr. Serap Yalçınyiğit
Yildiz Technical University, Department of Business Administration, Istanbul, Türkiye.
ORCID: 0000-0002-6928-7172

ABSTRACT

The rapid integration of artificial intelligence (AI) and digital technologies into organizational processes has significantly transformed the nature of leadership, giving rise to the concept of digital leadership as a multidisciplinary research domain. In this transformation journey, this emerging leadership style stands out as a multifaceted and critical concept encompassing leaders' abilities to guide digital transformation, align technological infrastructures with strategic goals, and ensure employee adaptation to this process. Despite the growing body of literature, the concept remains fragmented, with limited understanding of its thematic evolution and future research directions. This study aims to provide a comprehensive review of digital leadership research in the post-pandemic era by identifying key themes, intellectual structures, and emerging gaps. This review thoroughly examines the current understanding, the role, and directions of digital leadership from a multidisciplinary perspective. Drawing on a dataset of 108 articles indexed in the Web of Science database between 2020 and 2025; this study adopts a multidisciplinary review approach combining bibliometric analysis and text-mining based thematic analysis by using R. Lastly, topic modeling (LDA) was used to extract latent thematic structures from the dataset. Initially, these articles underwent bibliometric analysis to provide a quantitative overview (*research disciplines*, *year*, *countries*, *institutions*), followed by interpretive analysis to derive qualitative insights. This study contributes to the literature by offering a structured synthesis of digital leadership research and proposing a future research agenda that integrates multidiscipliner perspectives. The findings provide valuable insights for both scholars and practitioners seeking to navigate leadership challenges in the age of AI.

Keywords: Digital leadership, post-pandemic research, systematic literature review, thematic analysis, research gaps

1. INTRODUCTION

The rapid development of digital technologies, and especially AI applications, is fundamentally transforming the structure, business processes, and competitive dynamics of organizations. This transformation is not limited to changes in technological infrastructure but also necessitates a reshaping of leadership approaches (Verhoef et al., 2021). In this context, the concept of digital leadership has emerged as a critical research area directly related to organizations' capacity to effectively manage digital transformation processes (Petry, 2018).

Digital transformation is considered a multidimensional phenomenon that redefines organizations' value creation processes (Bharadwaj et al., 2013). In this process, leaders have become more than just actors managing technological investments; they have become key elements shaping digital strategies, developing organizational competencies, and facilitating employee adaptation to this transformation (El Sawy et al., 2020). Therefore, digital leadership is considered a strategic capacity that ensures alignment between technological infrastructures and organizational strategies and plays a decisive role in creating a competitive advantage (Nadkarni & Prügl, 2021).

In the literature, digital leadership is addressed as a concept located at the intersection of different disciplines. While management and business literature focuses on the effects of digital leadership on organizational performance and competitive advantage; information systems literature focuses on technological transformation and digital competencies. On the other hand, the fields of organizational behavior and psychology examine the effects of digital leadership on employee attitudes, motivation, and behaviors (Cortellazzo et al., 2019; Avolio et al., 2014). In recent years, the sustainability perspective has also been integrated into this field, and the environmental and social impacts of digital leadership have begun to be discussed (George et al., 2021).

This multidisciplinary structure causes the literature to exhibit a fragmented and scattered appearance despite the rapid expansion of digital leadership research. Existing studies mostly focus on specific sub-themes, but research that comprehensively reveals the overall thematic structure and conceptual development of the field is limited (Vial, 2019). Particularly with the acceleration of digitalization in the post-pandemic period, there has been a significant increase in digital leadership research; however, the thematic structure of these studies and the directions in which they are developing have not yet been systematically revealed.

In this study, while the structural characteristics of the literature are determined through bibliometric analysis, the latent thematic structure of the field is analyzed using text mining and topic modeling techniques. In this context, the study offers two main contributions. Firstly, it reveals the multidisciplinary structure of the digital leadership literature, defining the intellectual boundaries of the field. Secondly, it provides a roadmap for future research by analyzing the thematic structure of digital leadership research using a data-driven approach. In this respect, the study treats digital leadership not merely as a leadership style, but as a multifaceted concept situated at the intersection of technology, human behavior, and organizational processes.

2. METHODS

In this study, the concept of digital leadership, which constantly appears as a multidisciplinary concept in the literature, is addressed through a systematic literature review. Systematic literature review was chosen because it is considered a robust tool for grasping the cumulative contributions of scientific studies (Rahman et al., 2020). The nature of this method is highly valuable due to its adherence to rigorous research and justification standards (Paul et al., 2021). The research framework was determined by narrowing down the articles in the field with search criteria thought to serve the review question. Publications included in the research were accessed through the Web of Science database (Ismayil & Tuncalp, 2024). Publications from 2020-2025 that matched the year criterion reflecting the post-pandemic and current reality, using the keyword "digital leadership" as the search criterion, were included in the study. To ensure reliability and reproducibility such literature reviews require a meticulously designed protocol with careful planning (Xiao & Watson, 2019). The Figure 1 visualizes the protocol of this systematic literature review and summarizes the methodology which is employed:

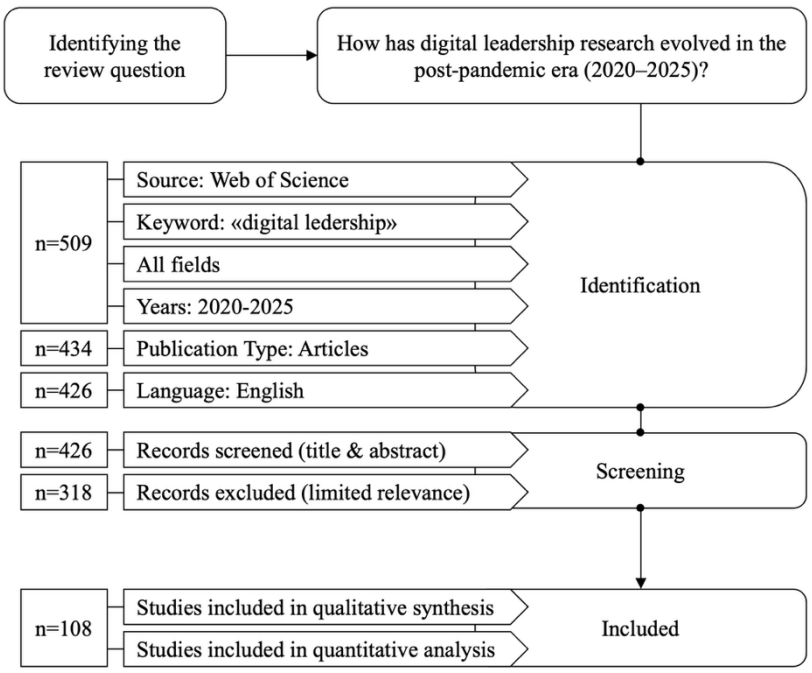


Figure 1. Review protocol

The number of articles accessed through keywords is initially 509. The publications were organized by using a reference management tool (EndNote 20.4). Since only one database was used, because of its ease of use and extensive coverage (Donthu et al., 2021), no duplicate records were found. Publications were classified and evaluated by year, publication type, and publication language. Publications other than English and Turkish were excluded from the scope of the study due to language barriers, and non-article publications were excluded because peer-review processes are not as distinctive as articles (Mongeon & PaulHus, 2016). During the screening phase, 426 articles were reviewed based on their titles and abstracts. 318 of these were excluded because they had little or no relevance to the research question. The abstracts of the remaining 108 articles were reread and their relevance to the research question was re-evaluated. All these articles, which were found to serve the research question "How has digital leadership research evolved in the post-pandemic era (2020–2025)?", were included in the study for analysis using quantitative analysis and qualitative synthesis methods. The research methodology consists of two stages. Descriptive and bibliometric analyses were used for the first stage, and text-mining was used for the second stage. Analyses for both stages were completed using R (version 4.4.2). The findings were systematically visualized through a collection of numerous tables and figures. Thematic insights were documented and interpreted based on the authors' analytical perspectives to illustrate research trajectories. To balance the researcher's role, not only descriptive analyses but also thematic analysis were performed using a coding-based software program.

3. FINDINGS

3.1. AN OVERVIEW: BIBLIOMETRIC ANALYSIS

In the first stage of the review, bibliometric analyses were conducted to define the review sample. The aim was to present an up-to-date portrait of the existing literature.

Given the broad range of disciplines covered by this study, it's evident that even in descriptive statistics, the digital leadership concept includes studies falling into multiple discipline categories, revealing its multidisciplinary nature. Table 1 visualizes the disciplinary categorization of the studies in the sample.

Table 1: The Multidiscipliner Nature of the Concept

Disciplines	**Frequency**	**%**
Management	35	32.41
Business	20	18.52
Environmental Studies	16	14.82
Psychology Multidisciplinary	16	14.82
Green Sustainable Science Technology	14	12.96
Environmental Sciences	13	12.04
Information Science Library Science	10	9.26
Education Educational Research	8	7.41
Social Sciences Interdisciplinary	7	6.48
Others (≤ 4)	49	45.37

Note: Due to publications falling into multiple categories such as multidisciplinary topics, the total may exceed 100%.

To highlight the multidisciplinary nature of the digital leadership concept, sample articles were categorized according to their disciplines. The highest number of studies were observed in the fields of management (n=35), business (n=20), environmental studies (n=16), and psychology multidisciplinary (n=16). The distribution of articles by year is also presented in Table 2. Thus, the increasing volume of literature on the concept of digital leadership has been identified.

Table 2. Distribution by Years

Year	**Frequency**	**%**
2025	59	54.63
2024	23	21.30
2023	12	11.11

2022	12	11.11
2021	2	1.85

When examined according to the countries where the institutions of the article authors are located, China (~45%) hosts nearly half of all publications. Pakistan (~9%) and Türkiye (~8%) are also among the prominent research countries.

Table 3. Distribution by Countries

Country	**Frequency**	**%**
China	49	45.37
Pakistan	10	9.26
Türkiye	9	8.33
South Korea	8	7.41
England	7	6.48
Germany	6	5.56
Italy	6	5.56
USA	6	5.56
India	5	4.63
Saudi Arabia	5	4.63
Netherlands	4	3.70
Egypt	4	3.70
Australia	3	2.78
Malaysia	3	2.78
Oman	3	2.78
Others	26	24.07

Note: Due to publications falling into multiple categories such as being affiliated more than one countries, the total may exceed 100%.

The bibliometric analysis also includes a final examination of distributions by institution. These institutions are not limited to universities; in fact, the Egyptian Knowledge Bank stands out as the most frequently associated institution with publications. Following closely behind are universities located in China.

Table 4. Distribution by Institutions

Institution	**Frequency**	**%**
Egyptian Knowledge Bank	4	3.70
Harbin Institute of Technology	3	2.78
Jiangsu University	3	2.78
University of Barishal	3	2.78
University of Sadat City	3	2.78
Xiangtan University	3	2.78
Zhejiang Shuren University	3	2.78
Others	95	87.96

Note: Due to publications falling into multiple categories such as being affiliated more than one institutions, the total may exceed 100%.

Overall, bibliometric findings reveal that digital leadership is a rapidly growing, multidisciplinary, and globally expanding research field (Cortellazzo et al., 2019). This structure shows that the field has broad potential both theoretically and practically.

3.2. THEMATIC ANALYSIS

In the second phase of the study, in-depth reading and text-mining-based thematic analyses were conducted to identify research themes in the literature.

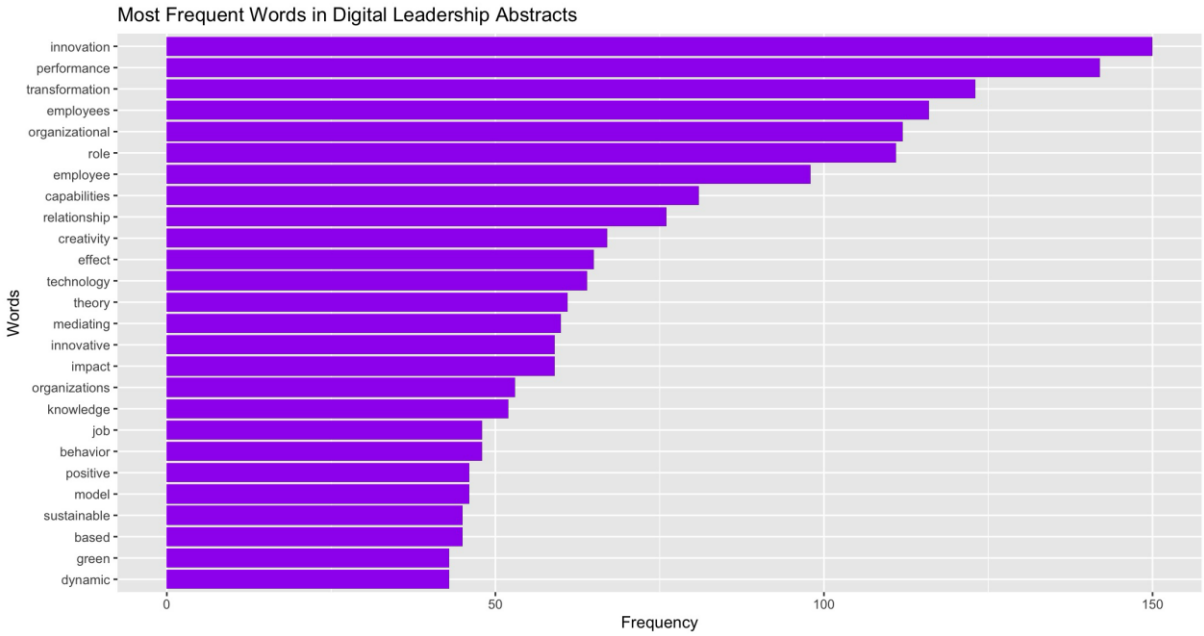


Figure 2. The Most Frequent Words

At this stage, the findings regarding the most frequently used words in the literature were examined first. It is observed that the digital leadership literature is primarily structured around three main axes: innovation, performance, and transformation. However, the prominence of concepts such as employees, organizational, capabilities, and creativity reveals that digital leadership is not merely a technological transformation process, but is also closely related to employee behavior and organizational dynamics. These findings demonstrate that digital leadership research has a multidimensional structure that considers the effects at both individual and organizational levels.

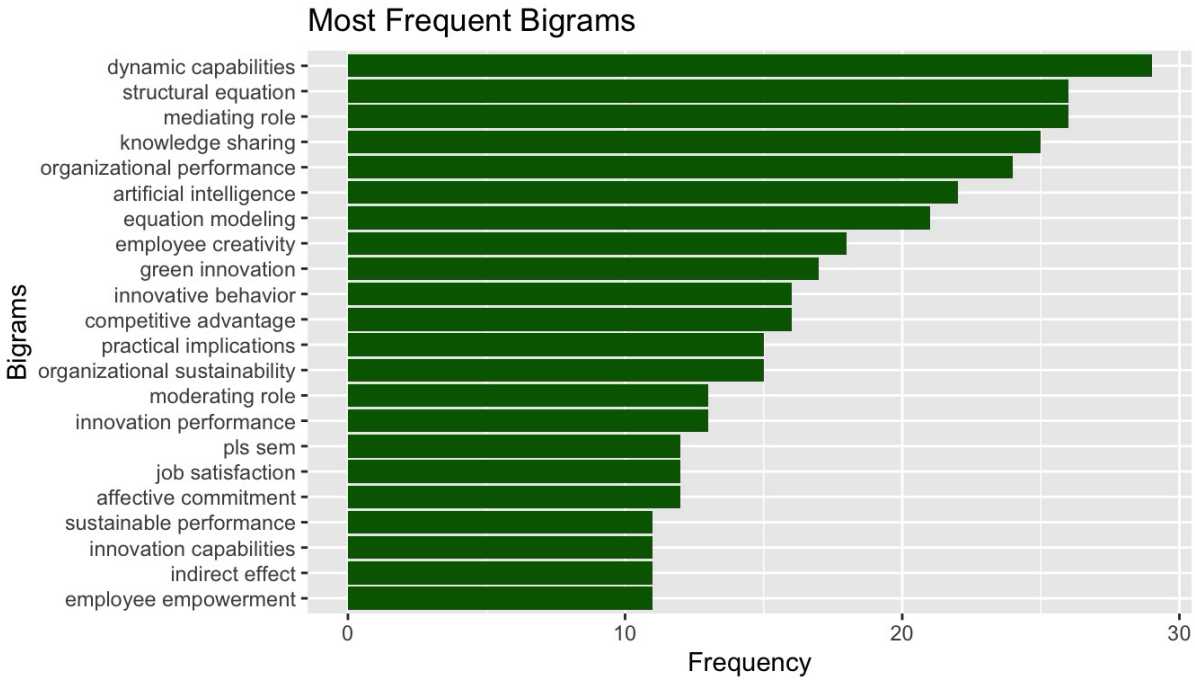


Figure 3. The Most Frequent Bigrams

The bigram analysis was conducted to more clearly reveal the conceptual relationships in the literature. The prominence of concepts such as dynamic capabilities, organizational performance, knowledge sharing, and AI indicates that digital leadership studies primarily focus on organizational performance and competency development processes. Furthermore, expressions like green innovation, sustainable performance, and innovation capabilities reveal a strong intersection between digital leadership and the fields of sustainability and innovation. In addition, the frequency of methodological terms such as mediating role, moderating role, and structural equation modeling suggests that the field is largely shaped by quantitative and model-based studies.

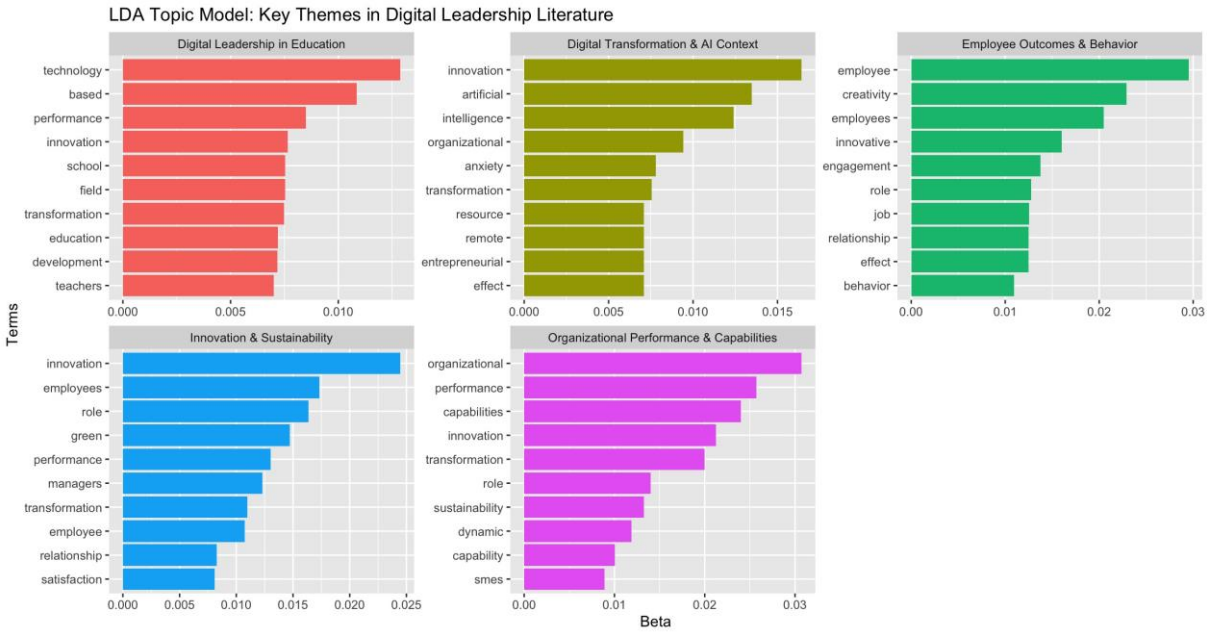


Figure 4. LDA Topic Model

Finally, the LDA results show that the digital leadership literature clusters around five key themes. The first theme focuses on employee behaviors and outcomes, highlighting the impact of digital leadership on employee creativity, engagement, and behavior. The second theme relates to organizational performance and competencies, revealing the role of digital leadership in organizational transformation and performance. The third theme encompasses the context of digital transformation and AI, demonstrating how technological advancements shape leadership processes. The fourth theme focuses on innovation and sustainability, revealing the relationship between digital leadership and green innovation and sustainable performance. Lastly, the fifth theme focuses on digital leadership applications in education, showing that this concept is addressed in different contexts at the sectoral level.

4. CONCLUSION AND DISCUSSION

The findings reveal that digital leadership exhibits a multi-layered and multidisciplinary structure. Digital leadership functions as a bridge between technology-oriented processes and human behavior. In this context, digital leadership can be considered not only a leadership style but also an interface concept at the heart of organizational transformation.

The bibliometric findings show that digital leadership research has gained significant momentum in recent years (Cortellazzo et al., 2019). The rapid increase in the number of publications, particularly in the post-2023 period, reveals that the impact of digital transformation and AI applications on organizational life has significantly increased academic interest (Benitez et al., 2022). This indicates that digital leadership is still a developing and dynamic research field. Examining the country distribution, it is seen that a significant portion of the studies come from developing economies, especially from Asia-centric countries, primarily China.

This finding shows that academic interest in digital leadership is more intense in countries experiencing rapid digitalization processes (Nambisan et al., 2019). At the same time, this reveals that the field is addressed in different contexts on a global scale and that there is high geographical diversity. When Web of Science categories and research areas are considered together, it is understood that the digital leadership literature exhibits a distinctly multidisciplinary structure. Although a significant portion of the studies are concentrated in the fields of management and business, it is seen that different fields such as psychology, environmental sciences, and information systems also make significant contributions to the literature. This distribution shows that digital leadership is not only an organizational leadership approach but also a holistic concept that brings together technological infrastructures, human behavior, and sustainability dimensions (Vial, 2019; George et al., 2021). Finally, the findings regarding institutions reveal that the literature has a rather scattered structure and is not concentrated around specific institutions. This indicates that digital leadership research is produced in different academic contexts and that the field has not yet clustered around specific research centers.
On the other hand, the results of the thematic analysis also point to broad research areas. Discussions regarding the thematic analysis are presented in Table 5.

Table 5. Thematic Interpretations

Themes	**Intellectual Structure**	**Multidisciplinary Research Questions**
Employee Outcomes and Behavior	This theme focuses on the impact of digital leadership on employee-level outcomes such as creativity, engagement, job performance, and behavioral responses. Beyond traditional leadership outcomes, this theme highlights the increasing importance of psychological and behavioral dynamics in digitally transformed workplaces. In particular, digital leadership appears to play a crucial role in fostering proactive and innovative employee behaviors, which are essential for organizational adaptability in rapidly changing environments (Cortellazzo et al., 2019).	RQ1: Through which psychological mechanisms (e.g., job commitment, psychological empowerment) does digital leadership influence employees' self-initiated behaviors? RQ2: How does digital leadership shape employees' creativity and innovative behavior in AI-powered work environments?
Organizational Performance and Capabilities	This theme captures the relationship between digital leadership and organizational-level outcomes. Digital leadership is not merely a managerial function but a strategic capability that enables organizations to respond effectively to digital disruption. This theme also implies that digital leadership contributes to the alignment between technological resources and organizational strategies, thereby supporting sustained competitive advantage (Ul Amin & Khan, 2024).	RQ3: How does digital leadership support the development of dynamic competencies in organizations, and how does this process reflect on performance? RQ4: How does the role of digital leadership on organizational agility differ across different sectors?
Digital Transformation and AI Context	This theme reflects the technological context in which digital leadership operates. This suggests that digital leadership is increasingly embedded within complex socio-technical systems, where leaders must simultaneously manage technological integration and human adaptation (Shahzad, 2024). The inclusion of terms related to stress and anxiety further indicates that digital transformation is not only a technical process but also a psychologically demanding transition for employees.	RQ5: How does the role of leaders in the digital transformation process shape the perception of technostress and uncertainty? RQ6: How is the use of AI-based decision support systems transforming leadership processes and decision-making dynamics?

Innovation and Sustainability	This theme emphasizes the role of digital leadership in fostering innovation and sustainability. The integration of sustainability-related concepts indicates a shift in the literature toward broader societal and environmental considerations (George et al., 2021). This theme reflects the emerging expectation that digital leaders should not only drive technological advancement but also contribute to sustainable development and responsible innovation.	RQ7: How does digital leadership trigger green innovation processes in organizations and impact sustainable performance? RQ8: What strategic role does leadership play in integrating digital technologies with sustainability goals?
Digital Leadership in Education	The final theme reflects the application of digital leadership in the education sector. This theme highlights the sector-specific relevance of digital leadership, particularly in contexts where digital transformation has fundamentally altered traditional modes of teaching and learning (Niță & Guțu, 2023; Connolly et al., 2023). It also suggests that education serves as a critical testing ground for digital leadership practices, especially in response to disruptions such as the COVID-19 pandemic.	RQ9: How does digital leadership indirectly shape student success and learning experience in remote education processes? RQ10: How do digital leadership practices in the education sector affect organizational resilience during times of crisis?

These themes collectively indicate that digital leadership operates across interconnected levels, linking technological capabilities, employee behavior, and organizational outcomes. When these findings are considered together, it becomes clear that digital leadership exhibits a multi-level structure and is a holistic concept that brings together individual (employee), organizational (performance and competencies), and contextual (technology and industry) dimensions.

This study examines the literature on digital leadership from a systematic and multidisciplinary perspective, revealing the thematic structure of the field. The findings demonstrate that digital leadership is a construct that brings together the fields of management, technology, and human behavior. Suggestions for future research include:

- Further in-depth investigation of the employee-level impacts of digital leadership
- Utilization of multilevel research designs
- Theoretical development of the interaction between AI and leadership
- Addressing the ethical and social dimensions of digital leadership

Furthermore, the results of the thematic analysis show that digital leadership is generally associated with organizational outcomes, but its effects at the employee level are relatively less studied. This presents an important research area for future studies.

This study contributes by revealing the latent thematic structure of digital leadership research through a data-driven and multidisciplinary approach. Unlike previous reviews that focus primarily on conceptual discussions, this study provides a data-driven synthesis of digital leadership literature using text-mining and topic modeling techniques. In conclusion, digital leadership plays a critical role in the sustainable success of organizations in the age of AI, and research in this area needs to be approached from an interdisciplinary perspective.

REFERENCES

Avolio, B. J., Sosik, J. J., Kahai, S. S., & Baker, B. (2014). E-leadership: Re-examining transformations in leadership source and transmission. *The Leadership Quarterly*, 25(1), 105–131. https://doi.org/10.1016/j.leaqua.2013.11.003

Benitez, J., Ayala, N. F., & Frank, A. G. (2022). Industry 4.0 innovation ecosystems: An evolutionary perspective on value cocreation. *Technological Forecasting and Social Change*, 174, 121-137. https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2020.107735

Bharadwaj, A., El Sawy, O. A., Pavlou, P. A., & Venkatraman, N. (2013). Digital business strategy: Toward a next generation of insights. MIS Quarterly, 37(2), 471–482. https://doi.org/10.25300/MISQ/2013/37:2.3

Connolly, C., O'Brien, E., & O'Ceallaigh, T. J. (2023). Ensuring knowledge sustainability in a digital era: Empowering digital transformation through digital educational leadership. *Technology, Knowledge and Learning*, 1-17. https://doi.org/10.1007/s10758-023-09707-0

Cortellazzo, L., Bruni, E., & Zampieri, R. (2019). The role of leadership in a digitalized world: A review. *Frontiers in Psychology*, 10, 1938. https://doi.org/10.3389/fpsyg.2019.01938

Donthu, N., Kumar, S., Mukherjee, D., Pandey, N., & Lim, W. M. (2021). How to conduct a bibliometric analysis: An overview and guidelines. *Journal of Business Research*, 133, 285–296. https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2021.04.070

El Sawy, O. A., Kræmmergaard, P., Amsinck, H., & Vinther, A. L. (2020). How LEGO built the foundations and enterprise capabilities for digital leadership. In *Strategic information management* (pp. 174-201). Routledge.

George, G., Merrill, R. K., & Schillebeeckx, S. J. (2021). Digital sustainability and entrepreneurship: How digital innovations are helping tackle climate change and sustainable development. *Entrepreneurship Theory and Practice*, 45(5), 999–1027. https://doi.org/10.1177/1042258719899425

Ismayil, Y., & Tuncalp, D. (2024). Research in new ventures' nonmarket strategies: Contributions and opportunities. *Management Review Quarterly*, 74(3), 777–822. https://doi.org/10.1007/s11301-022-00317-1

Mongeon, P., & Paul-Hus, A. (2016). The journal coverage of web of science and scopus: A comparative analysis. *Scientometrics*, 106, 213–228. https://doi.org/10.1007/s11192-015-1765-5

Nadkarni, S., & Prügl, R. (2021). Digital transformation: A review, synthesis, and opportunities for future research. *Management Review Quarterly*, 71(2), 233–341. https://doi.org/10.1007/s11301-020-00185-7

Nambisan, S., Wright, M., & Feldman, M. (2019). The digital transformation of innovation and entrepreneurship. *Research Policy*, 48(8), 103773. https://doi.org/10.1016/j.respol.2019.03.018

Niță, V., & Guțu, I. (2023). The role of leadership and digital transformation in higher education students' work engagement. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, *20*(6), 5124. https://doi.org/10.3390/ijerph20065124

Paul, J., Lim, W. M., O'Cass, A., Hao, A. W., & Bresciani, S. (2021). Scientific procedures and rationales for systematic literature reviews (SPAR-4-SLR). *International Journal of Consumer Studies*, 45(4), O1–O16. https://doi.org/10.1111/ijcs.12695

Petry, T. (2018). Digital leadership. In *Knowledge management in digital change: New findings and practical cases* (pp. 209-218). Cham: Springer International Publishing.

Rahman, A., Björk, P., & Ravald, A. (2020). Effects of healthcare service provider's organizational socialization and support on patients' well-being. *Services Marketing Quarterly*, 41(2), 105–123. https://doi.org/10.1080/15332969.2020.1742978

Shahzad, M. U. (2024). Core competencies for digital leadership development: a perspective from the lens of paradox theory. The Bottom Line, 37(4), 454-472. https://doi.org/10.1108/BL-10-2023-0278

Ul Amin, N., & Khan, M. A. (2024). Driving Competitive Advantage in the Digital Era: The Role of Dynamic Capabilities, Innovation, and Leadership. *Dinasti International Journal of Economics, Finance & Accounting (DIJEFA)*, *5*(5). https://doi.org/10.22059/JIBM.2022.333405.4290

Verhoef, P. C., Broekhuizen, T., Bart, Y., Bhattacharya, A., Dong, J. Q., Fabian, N., & Haenlein, M. (2021). Digital transformation: A multidisciplinary reflection and research agenda. *Journal of Business Research*, 122, 889–901. https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2019.09.022

Vial, G. (2019). Understanding digital transformation: A review and a research agenda. *Journal of Strategic Information Systems*, 28(2), 118–144. https://doi.org/10.1016/j.jsis.2019.01.003

Xiao, Y., & Watson, M. (2019). Guidance on conducting a systematic literature review. *Journal of Planning Education and Research*, 39(1), 93–112. https://doi.org/10.1177/0739456X17723971

EXAMINATION OF THE CREATIVITY LEVELS OF TEAM AND INDIVIDUAL ATHLETES
TAKIM VE BİREYSEL SPORCULARIN YARATICILIK DÜZEYLERİNİN İNCELENMESİ

Lecturer Meryem Gezer SEVİNÇ
Ondokuz Mayıs University, Yaşar Doğu Faculty of Sports Sciences, Samsun, Turkey,
ORCID ID: 0009-0008-2382-3292

Prof. Dr. Tülin AKMAN
Ondokuz Mayıs University, Yaşar Doğu Faculty of Sports Sciences, Samsun, Turkey,
ORCID ID: 000-0001-7378-596X

Assoc. Prof. Dr. Şaban ÜNVER
Ondokuz Mayıs University, Yaşar Doğu Faculty of Sports Sciences, Samsun, Turkey,
ORCID ID: 000-0001-5660-8910

ABSTRACT
This study explores the concept of creativity, defined in modern sports science as the ability of athletes to adapt to unexpected situations and produce original solutions. The primary objective is to investigate the creativity levels of licensed athletes at Samsun Ondokuz Mayıs University, Yaşar Doğu Faculty of Sport Sciences, in relation to branch type, sports age, and various demographic variables. The research utilizes a relational screening model, a quantitative research method. The study group consists of 150 licensed athletes (77 team and 73 individual athletes) studying in different departments during the 2025–2026 academic year. Data were collected using a "Personal Information Form" and the 19-item "Creativity Scale for Athletes" developed by Güngör et al. (2020).
Since the data did not follow a normal distribution, non-parametric tests including Mann-Whitney U, Kruskal-Wallis, and Spearman's Rho correlation analysis were employed for data analysis. Findings revealed no statistically significant difference in creativity levels based on gender ($p = .162$). Similarly, no significant differences were found between team and individual sports ($p = .674$) or between the different academic departments ($p = .515$). Correlation analysis showed no significant relationship between creativity scores and age, height, or body weight. However, a key finding of the research was a positive and statistically significant relationship between sports age (experience duration) and creativity levels ($r_s = .227$, $p = .005$). This suggests that creativity develops through time spent on the field and accumulated experience rather than physical traits. In conclusion, it is recommended that coaches focus on long-term training strategies that challenge cognitive decision-making processes to enhance athlete creativity.
Keywords: Sports Creativity, Sports Age, Experience.

ÖZET
Bu araştırma, modern spor bilimleri literatüründe sporcuların beklenmedik durumlara uyum sağlama ve özgün çözümler üretme yeteneği olarak tanımlanan yaratıcılık kavramını ele almaktadır. Çalışmanın temel amacı, Samsun Ondokuz Mayıs Üniversitesi Yaşar Doğu Spor Bilimleri Fakültesi'nde eğitim gören lisanslı sporcuların yaratıcılık düzeylerini; branş türü, spor yaşı ve çeşitli demografik değişkenler açısından derinlemesine incelemektir. Araştırmada nicel araştırma yöntemlerinden ilişkisel tarama modeli benimsenmiştir. Araştırma grubu, 2025–2026 eğitim-öğretim yılında farklı bölümlerde öğrenim gören, 77'si takım sporu ve 73'ü bireysel spor branşlarıyla uğraşan toplam 150 lisanslı sporcudan oluşturulmuştur. Veri toplama sürecinde "Kişisel Bilgi Formu" ve Güngör vd. (2020) tarafından geliştirilen, 19 maddelik tek boyutlu "Sporcular İçin Yaratıcılık Ölçeği" kullanılmıştır.
Verilerin analizi aşamasında normal dağılım göstermeyen değişkenler için parametrik olmayan testlerden Mann-Whitney U, Kruskal-Wallis ve Spearman Sıra Farkları Korelasyon analizi tercih edilmiştir. Elde edilen bulgular, kadın ve erkek sporcular arasında yaratıcılık düzeyleri bakımından istatistiksel olarak anlamlı bir fark olmadığını ortaya koymuştur ($p = .162$). Benzer şekilde, takım sporları ile bireysel sporlar ($p = .674$) ve sporcuların eğitim gördüğü bölümler ($p = .515$) arasında da anlamlı bir farklılık saptanmamıştır. Korelasyon analizi sonuçlarına göre; sporcuların yaşı, boyu ve vücut ağırlığı ile yaratıcılık puanları arasında anlamlı bir ilişki bulunamamıştır.

Ancak, araştırmanın en dikkat çekici sonucu olarak spor yaşı (deneyim süresi) ile yaratıcılık düzeyi arasında pozitif yönde ve istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki tespit edilmiştir (r_s = .227, p = .005). Bu bulgu, yaratıcılığın fiziksel özelliklerden ziyade sahada geçirilen süre ve kazanılan deneyimle geliştiğini desteklemektedir. Sonuç olarak, antrenörlerin sporcuların yaratıcılığını artırmak için fiziksel parametrelerden ziyade bilişsel karar verme süreçlerini zorlayan uzun süreli antrenman stratejilerine odaklanmaları önerilmektedir.
Anahtar Kelimeler: Spor Yaratıcılığı, Spor Yaşı, Deneyim.

GİRİŞ

Yaratıcılık, modern spor bilimleri literatüründe sporcuların beklenmedik durumlara uyum sağlama, özgün çözümler üretme ve oyunun gidişatını değiştirecek kararlar alma yeteneği olarak tanımlanmaktadır (Memmert, 2017). Spor bağlamında yaratıcılık, sadece teknik becerilerin sergilenmesi değil, aynı zamanda taktiksel bir zekanın ve motorik esnekliğin dışa vurumu olarak kabul edilir (Güllü, 2021,). Geleneksel yaklaşımlar spor performasını fiziksel ve fizyolojik parametrelerle açıklamaya çalışırken, çağdaş araştırmalar bilişsel süreçlerin, özellikle de yaratıcı düşüncenin elit düzeydeki performans üzerindeki belirleyici rolüne odaklanmaktadır (Furley & Memmert, 2015).

Takım sporları ve bireysel sporlar, sporcuların maruz kaldığı bilişsel yük ve karar verme mekanizmaları açısından köklü farklılıklar barındırır. Takım sporlarında sporcu, sadece kendi hareketlerini değil, aynı zamanda takım arkadaşlarının ve rakiplerinin konumlarını sürekli olarak analiz etmek ve bu dinamik yapı içerisinde yaratıcı boşluklar bulmak zorundadır (Santos vd., 2016,). Öte yandan, bireysel sporcuların yaratıcılığı genellikle teknik bir formun optimizasyonu veya doğrudan rakibe karşı geliştirilen stratejik manevralar üzerinde yoğunlaşır (Baker vd., 2003). Bu durum, spor branşının türünün yaratıcılık düzeyleri üzerinde farklı etkiler yaratabileceği hipotezini güçlendirmektedir.

Yaratıcılığın gelişimi, sadece genetik yatkınlıkla değil, aynı zamanda sporcunun içinde bulunduğu çevresel faktörler ve deneyim süresiyle de yakından ilişkilidir. "Deliberate play" (amaçlı oyun) kavramı, özellikle erken yaşlarda spora katılan bireylerin serbest oyun ortamlarında daha yüksek yaratıcılık sergilediğini ortaya koymaktadır (Côté vd., 2007). Spor yaşının artmasıyla birlikte biriken deneyim, sporcunun saha içindeki olayları daha hızlı öngörmesine ve alışılagelmişin dışında çözümler üretmesine olanak tanır (Memmert & Furley, 2007).

Literatürde sporcuların demografik özelliklerinin (yaş, boy, vücut ağırlığı) yaratıcılık üzerindeki etkisine dair çalışmalar sınırlı olsa da, fiziksel olgunlaşmanın özgüven ve risk alma davranışları üzerindeki dolaylı etkisi, yaratıcı performansı etkileyebilir (Güngör vd., 2020). Bu çalışma, Samsun Ondokuz Mayıs Üniversitesi Yaşar Doğu Spor Bilimleri Fakültesi'nde eğitim gören lisanslı sporcuların yaratıcılık düzeylerini branş türü, spor yaşı ve demografik değişkenler açısından inceleyerek literatürdeki bu boşluğu doldurmayı amaçlamaktadır.

MATERYAL VE YÖNTEM

Araştırmanın modeli:

Bu araştırmada, nicel araştırma yöntemlerinden ilişkisel tarama modeli kullanılmıştır.

Araştırmanın grubu:

Araştırmanın çalışma grubu, 2025–2026 eğitim-öğretim yılında Samsun ili Ondokuz Mayıs Üniversitesi Yaşar doğu Spor Bilimleri Fakültesi'nde farklı bölümlerde öğrenim gören 18 yaş üstü toplam 150 lisanslı sporcudan oluşturulmuştur (77 sporcu takım; 73 sporcu bireysel sporcu). Araştırmada 2 veri toplama aracı kullanılmıştır. Veri toplama sürecinde kullanılacak araçlar Google form'da hazırlanarak elektronik ortamda toplanmıştır.

Veri Toplama Araçları:

Kişisel Bilgi Toplama Formu

Araştırmanın amacına uygun olabilmesi için, katılım sağlayan öğrencilerin demografik bilgileri, yaşı, boyu, kilosu, kaç yıldır spor yaptığı, branş türü ve bölüm bilgisi gibi verileri belirlemek ve analiz etmek amacıyla hazırlanmış sorular kullanılmıştır.

Sporcular İçin Yaratıcılık Ölçeği

Sporcular için Yaratıcılık Ölçeği: Güngör, Esentürk, İlhan ve Yenel (2020) tarafından geliştirilen ölçek tek boyuttan ve 19 maddeden oluşmaktadır. Ölçek 5'li likert olarak derecelendirilmiştir. Ölçek "Tamamen Katılıyorum (5)", "Katılıyorum(4)", "Kararsızım (3)", "Katılmıyorum (2)", "Hiç Katılmıyorum (1)" şeklinde puanlanmaktadır. Ölçekten alınan puan yükseldikçe yaratıcılık düzeyi de artmaktadır.

İstatistik

Verilerin normal dağılıma uygunluğu Kolmogorov-Smirnov testi ile incelenmiş ve değişkenlerin normal dağılım göstermediği belirlenmiştir. Bu nedenle iki bağımsız grubun karşılaştırılmasında parametrik olmayan testlerden Mann-Whitney U testi, ikiden fazla grubun karşılaştırılmasında ise Kruskal-Wallis testi, ikiden fazla grubun karşılaştırılmasında ise Kruskal-Wallis testi kullanılmıştır. Anlamlılık düzeyi $p < .05$ olarak kabul edilmiştir.

Mann-Whitney U testi sonucunda elde edilen U değeri, iki grubun sıra toplamlarına dayalı olarak hesaplanan test istatistiğini ifade etmektedir. Z değeri**,** U istatistiğinin standartlaştırılmış halidir ve gruplar arasındaki farkın yönünü ve büyüklüğünü göstermektedir.

Test sonucunda etki büyüklüğü (effect size) aşağıdaki formül kullanılarak hesaplanmıştır:

$r = Z / \sqrt{N}$

- **Z** = Standartlaştırılmış test istatistiği
- **N** = Toplam örneklem sayısı

Etki büyüklüğü katsayısı olan **r**, gruplar arasındaki farkın büyüklüğünü ve pratik önemini göstermektedir. r değerinin sınıflandırılmasında Cohen (1988) tarafından önerilen kriterler dikkate alınmıştır:

- r = .10 → Küçük etki
- r = .30 → Orta etki
- r = .50 → Büyük etki

r değeri istatistiksel anlamlılıktan bağımsız olarak farkın büyüklüğünü göstermekte olup, sonuçların yorumlanmasında tamamlayıcı bir ölçüt olarak kullanılmıştır.

Kruskal-Wallis testi için etki büyüklüğü epsilon kare (ε^2) katsayısı ile hesaplanmıştır. ε^2 değeri aşağıdaki formül kullanılarak elde edilmiştir: $\varepsilon^2 = (\chi^2 - k + 1) / (N - k)$

Burada χ^2 Kruskal-Wallis test istatistiğini, k grup sayısını ve N toplam örneklem sayısını ifade etmektedir. ε^2 değerinin yorumlanmasında genel olarak .01 küçük, .06 orta ve .14 büyük etki düzeyi olarak kabul edilmektedir.

Değişkenler arasındaki ilişkilerin belirlenmesinde parametrik olmayan korelasyon analizlerinden Spearman sıra farkları korelasyon katsayısı (Spearman's rho, r_s) kullanılmıştır. Spearman korelasyon katsayısı, değişkenler arasındaki ilişkinin yönünü ve gücünü göstermektedir. Korelasyon katsayısının yorumlanmasında genel olarak;

- 0.00–0.19 → Çok zayıf ilişki
- 0.20–0.39 → Zayıf ilişki
- 0.40–0.59 → Orta düzey ilişki
- 0.60–0.79 → Yüksek ilişki
- 0.80–1.00 → Çok yüksek ilişki

aralıkları esas alınmıştır.

Ayrıca, çalışmada kullanılan Sporcular İçin Yaratıcılık Ölçeği'nin iç tutarlılığı Cronbach Alpha katsayısı ile değerlendirilmiştir. Ölçeğin bu araştırmadaki Cronbach Alpha değeri $\alpha = .950$ (19 madde) olarak bulunmuş olup, bu değer ölçeğin çok yüksek düzeyde iç tutarlılığa sahip olduğunu göstermektedir.

Tüm istatistiksel analizler SPSS 21 paket programı kullanılarak gerçekleştirilmiştir.

BULGULAR

Tablo 1: Katılımcıların Cinsiyete Göre Tanımlayıcı Özellikleri

	Cinsiyet	N	Ortalama	Standart Sapma
Yaş	erkek	91	21.70	5.091
	kadın	59	20.86	2.05492

boy	erkek	91	169.24	39.279
	kadın	59	155.06	41.246
VA	erkek	91	73.47	9.000
	kadın	59	58.33	10.261
SporYaşı	erkek	91	8.98	3.743
	kadın	59	8.57	4.818

Bu tablo, araştırmaya katılan sporcuların cinsiyet bazlı demografik ve fiziksel profillerini özetlemektedir.

Tablo 2: Katılımcıların cinsiyete göre spor yaratıcılığı düzeylerinin karşılaştırılması

	Cinsiyet	N	Median	Min	max	ortalama	Standart sapma	U	Z	P	r
Spor Yaratıcılığı Düzeyleri	erkek	91	76	21	95	75.33	10.772	2322	-1.398	0,162	.11
	kadın	59	76	39	95	78.02	10.718				

Cinsiyete göre spor yaratıcılığı düzeylerinin karşılaştırılmasında Mann-Whitney U testi uygulanmıştır. Analiz sonucunda kadın sporcular arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmamıştır (U = 2322, Z = -1.398, p = .162). Etki büyüklüğü r = .11 olarak hesaplanmıştır.

Tablo 3: Branş türüne göre spor yaratıcılığı düzeylerinin karşılaştırılması

	Branş Türü	N	Median	Min	max	ortalama	Standart sapma	U	Z	P	r
Spor Yaratıcılığı Düzeyleri	takım	77	76	21	95	77.06	11.226	2699	-.420	0.674	.03
	bireysel	73	76	39	95	76.86	10.374				

Branş türüne göre spor yaratıcılığı düzeylerinin karşılaştırılmasında takım sporcuları ile bireysel sporcular arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmamıştır (U = 2699, Z = -0.420, p = .674). Etki büyüklüğü r = .03 olarak hesaplanmıştır.

Tablo 4: Eğitim görülen bölüme göre spor yaratıcılığı düzeylerinin karşılaştırılması

	Branş Türü	N	Median	Min	max	Ortalama	Standart sapma	χ^2	sd	p	ε^2
Spor Yaratıcılığı Düzeyleri	Antrenörlük Eğitimi	83	77	39	95	77.9639	9.925	1.328	2	.515	.00
	Beden Eğitimi ve Spor Öğretmenliği	33	76	21	95	75.5758	12.705				
	Spor Yöneticiliği	34	76	53	95	75.8824	10.867				

Eğitim görülen bölüme göre spor yaratıcılığı düzeylerinin karşılaştırılmasında Kruskal-Wallis testi uygulanmıştır. Analiz sonucunda bölümler arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmamıştır ($\chi^2(2) = 1.328$, p = .515). Etki büyüklüğü $\varepsilon^2 = .00$ olarak hesaplanmıştır.

Tablo 5: Yaş, boy, VA, Spor Yaşı ile spor yaratıcılığı düzeyi arasındaki ilişki

		Yaş	Boy	VA	Spor Yaşı
Spor yaratıcılığı düzeyi toplam puanı	Spearman's Korelasyon katsayısı	.134	.015	-.012	.227**
	p	.102	.851	.881	.005
	N	150	150	150	150

**p<0.01

Yaş, boy, vücut ağırlığı (VA) ve spor yaşı ile spor yaratıcılığı düzeyi arasındaki ilişki Spearman sıra farkları korelasyon analizi ile incelenmiştir. Analiz sonuçlarına göre spor yaratıcılığı toplam puanı ile yaş ($r_s = .134$, p = .102), boy ($r_s = .015$, p = .851) ve vücut ağırlığı ($r_s = -.012$, p = .881) arasında istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki bulunmamıştır.

Spor yaşı ile spor yaratıcılığı düzeyi arasında pozitif yönde ve istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki tespit edilmiştir (r_s = .227, p = .005). Bu ilişkinin düzeyi zayıf olarak belirlenmiştir.

TARTIŞMA

Bu çalışmada kadın ve erkek sporcuların spor yaratıcılığı düzeyleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmadığı görülmektedir. Her iki grubun medyan değerlerinin eşit olması ve ortalamaların birbirine yakın olması, cinsiyetin spor yaratıcılığı üzerinde belirleyici bir faktör olmadığını göstermektedir. Ayrıca etki büyüklüğünün düşük (r = .11) olması, farkın pratikte de oldukça sınırlı olduğunu desteklemektedir. Bu bulgular, spor yaratıcılığının cinsiyetten ziyade bireysel özellikler, antrenman düzeyi veya çevresel faktörlerden daha fazla etkilenebileceğini düşündürmektedir

Bu çalışmada elde edilen temel bulgular, takım sporları ve bireysel sporlar arasında yaratıcılık düzeyleri açısından istatistiksel olarak anlamlı bir fark olmadığını göstermiştir. Bu sonuç, literatürdeki bazı çalışmalarla paralellik gösterirken bazılarıyla çelişmektedir. Örneğin, Memmert (2011) takım sporlarının doğası gereği daha fazla taktiksel yaratıcılık gerektirdiğini savunurken, mevcut bulgularımız üniversite düzeyindeki sporcularda branş ayrımının yaratıcılık algısında belirleyici olmadığını kanıtlamaktadır. Bu durum, her iki branş türündeki sporcuların da benzer eğitim süreçlerinden geçmesi ve benzer bilişsel zorluklarla karşılaşmasıyla açıklanabilir.

Çalışmanın en dikkat çekici bulgusu, spor yaşı ile spor yaratıcılığı düzeyi arasında pozitif yönlü ve anlamlı bir ilişkinin tespit edilmesidir (r_s = .227, p = .005). Bu veri, spor sahasında geçirilen sürenin ve kazanılan deneyimin yaratıcı düşünceyi doğrudan beslediğini doğrulamaktadır. Ericsson (2017) tarafından ortaya konan "deliberate practice" (amaçlı çalışma) kuramı, uzmanlaşmanın binlerce saatlik pratik gerektirdiğini vurgular Bizim bulgularımız da, sporcunun teknik ve taktiksel repertuvarı geliştikçe, bu bilgi birikimini yaratıcı bir şekilde kullanma becerisinin arttığını destekler niteliktedir.

Analiz sonuçlarımıza göre yaş, boy ve vücut ağırlığı ile yaratıcılık düzeyi arasında anlamlı bir ilişki bulunmamıştır. Bu sonuç, yaratıcılığın fiziksel antropometrik özelliklerden ziyade bilişsel ve psikolojik süreçlere dayalı bir yetkinlik olduğunu göstermektedir. Benzer şekilde, Bowden vd. (2005) yaratıcı içgörünün fiziksel özelliklerden bağımsız, beynin sağ hemisferindeki sinirsel aktivite ve problem çözme yeteneği ile ilişkili olduğunu belirtmiştir. Dolayısıyla, bir sporcunun boyunun uzun olması veya vücut ağırlığının farklı olması, onun saha içinde yaratıcı bir çözüm üretme kapasitesini doğrudan etkilememektedir.

Sonuç olarak, spor yaratıcılığı branş türünden bağımsız, ancak spor tecrübesiyle (spor yaşı) doğrudan ilişkili bir kavramdır. Antrenörlerin ve spor eğitimcilerinin, sporcuların yaratıcılıklarını geliştirmek için fiziksel özelliklere odaklanmak yerine, uzun süreli deneyimi teşvik eden ve karar verme becerilerini zorlayan senaryolar üzerinde durmaları önerilmektedir (Rasmussen vd., 2017).

KAYNAKÇA

Baker, J., Côté, J., & Abernethy, B. (2003). Learning from the experts: Practice activities of expert decision makers in sport. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 74(3), 342-347. https://doi.org/10.1080/02640410310001019 64

Bowden, E. M., Jung-Beeman, M., Fleck, J., & Kounios, J. (2005). New approaches to demystifying insight. *Trends in Cognitive Sciences*, 9(7), 322-328. https://doi.org/10.1111/j.1467-8721.2005.00359.x

Cohen, J. (1988). *Statistical Power Analysis for the Behavioral Sciences* (2nd ed.). Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.

Côté, J., Baker, J., & Abernethy, B. (2007). Practice and play in the development of sport expertise. *Handbook of Sport Psychology*, 3, 184-202. https://doi.org/10.1080/10413200701188941

Ericsson, K. A. (2017). Expertise and individual differences: The search for the structure and acquisition of experts' superior performance. *Journal of Intelligence*, 5(4), 30. https://doi.org/10.1111/jps.12067

Furley, P., & Memmert, D. (2015). Creativity and cognitive control in business, sports, and science. *Journal of Applied Social Psychology*, 45(11), 606-614. https://doi.org/10.1080/02640414.2014.992036

Güllü, S. (2021). Examination of sport creativity levels of sports sciences faculty students. *International Journal of Disabilities, Sports & Health Sciences*, 4(2), 160-170. https://doi.org/10.33438/ijdshs.948259

Güngör, N. B., Esentürk, O. K., İlhan, E. L., & Yenel, F. (2020). Geliştirme ve geçerlik çalışması: Sporcular için yaratıcılık ölçeği (SYÖ). *Ondokuz Mayıs Üniversitesi Spor Bilimleri Dergisi*, 5(1), 1-19. https://doi.org/10.22282/ojst.713532.

Memmert, D. (2011). Sports creativity. *Encyclopedia of Creativity*, 2, 373-378. https://doi.org/10.1080/17408989.2010.548066

Memmert, D. (2017). *Teaching Tactical Creativity in Sport: Research and Practice*. Routledge. https://doi.org/10.4324/9781315625973

Memmert, D., & Furley, P. (2007). "I spy with my little eye!": Breadth of attention, creativity, and tactical decision making in team sports. *Psychology of Sport and Exercise*, 8(3), 365-381. https://doi.org/10.1080/17461390701735013

Rasmussen, L. J., Østergaard, L. D., & Glaveanu, V. P. (2017). Creativity as a developmental resource in sport training. *International Journal of Sports Science & Coaching*, 12(4), 491-506. https://doi.org/10.1177/1747954117743765

Santos, S., Memmert, D., Sampaio, J., & Leite, N. (2016). The effects of the Skills4Genius sports-based training program in creative thinking. *PLOS ONE*, 11(2), e0148123. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0148123

SPORCULARDA SPOR YARALANMALARINA KARŞI DUYULAN KAYGISININ İNCELENMESİ

INVESTIGATION OF ANXIETY REGARDING SPORTS INJURIES IN ATHLETES

Lecturer Meryem Gezer SEVİNÇ
Ondokuz Mayıs University, Yaşar Doğu Faculty of Sports Sciences, Samsun, Turkey,
ORCID ID: 0009-0008-2382-3292

Prof. Dr. Tülin AKMAN
Ondokuz Mayıs University, Yaşar Doğu Faculty of Sports Sciences, Samsun, Turkey,
ORCID ID: 000-0001-7378-596X,

Assoc. Prof. Dr. Şaban ÜNVER
Ondokuz Mayıs University, Yaşar Doğu Faculty of Sports Sciences, Samsun, Turkey,
ORCID ID: 000-0001-5660-8910,

ABSTRACT

The primary objective of this study is to examine the anxiety levels regarding sports injuries among students at Ondokuz Mayıs University, Yaşar Doğu Faculty of Sport Sciences, in terms of various demographic variables. The research sample consists of a total of 150 volunteer participants (83 males and 67 females) aged between 18 and 38 years. Data were collected using a "Personal Information Form" and the 19-item "Sport Injury Anxiety Scale" (SIAS), originally developed by Rex and Metzler (2016) and adapted into Turkish by Caz et al. (2019) . Due to the non-normal distribution of the data, Mann Whitney-U and Kruskal Wallis tests, which are non-parametric statistical methods, were employed for data analysis.

The findings of the study indicated that the participants' overall levels of sports injury anxiety were at a moderate level. Statistical analyses revealed no significant differences in injury anxiety levels based on gender, academic department, frequency of sports participation, or type of sport branch (individual or team) ($P>0.05$). However, the most prominent finding of the research was that participants who engage in sports as licensed athletes had significantly higher scores in the "Anxiety of Experiencing Pain" sub-dimension compared to non-licensed participants ($P=0.047$). This result suggests that the professionalization of athletic performance and the status of being a licensed athlete increase individuals' sensitivity toward physical pain. In conclusion, it is suggested that in the process of managing sports injuries, not only physical treatment methods but also psychological barriers—such as the fear of pain and re-injury observed particularly in licensed athletes—should be integrated into rehabilitation programs for the future professional lives of sport sciences students.

Keywords: Sports injury, anxiety, anxiety of experiencing pain, licensed athletes.

ÖZET

Bu araştırmanın temel amacı, Ondokuz Mayıs Üniversitesi Yaşar Doğu Spor Bilimleri Fakültesi öğrencilerinde spor yaralanmalarına karşı duyulan kaygı düzeylerini farklı demografik değişkenler açısından derinlemesine incelemektir. Araştırmanın örneklem grubunu, yaşları 18 ile 38 arasında değişen 83 erkek ve 67 kadın olmak üzere toplam 150 gönüllü lisans öğrencisi oluşturmaktadır. Çalışmada veri toplama aracı olarak, araştırmacı tarafından geliştirilen "Kişisel Bilgi Formu" ile Rex ve Metzler (2016) tarafından geliştirilen ve Türkçe uyarlaması Caz ve ark. (2019) tarafından yapılan 19 maddelik "Spor Yaralanması Kaygı Ölçeği" (SYKÖ) kullanılmıştır. Elde edilen veriler, normal dağılım göstermediği için non-parametrik test yöntemlerinden olan Mann Whitney-U ve Kruskal Wallis testleri kullanılarak analiz edilmiştir.

Araştırma sonucunda elde edilen bulgular, katılımcıların genel spor yaralanması kaygı düzeylerinin orta seviyede olduğunu göstermiştir. Yapılan analizler neticesinde; katılımcıların cinsiyetleri, öğrenim gördükleri bölümler, spor yapma sıklıkları ve uğraştıkları branş türü (ferdi veya takım sporu) ile yaralanma kaygı düzeyleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark saptanmamıştır ($P>0.05$). Ancak, araştırmanın en dikkat çekici bulgusu olarak, lisanslı olarak spor yapan öğrencilerin "Acı Çekme Kaygısı" alt boyutundaki puanlarının, lisanslı olmayan öğrencilere göre anlamlı derecede daha yüksek

olduğu belirlenmiştir (P=0.047). Bu durum, sportif performansın profesyonelleşmesi ve lisanslı sporcu statüsünün getirdiği sorumlulukların, bireylerin fiziksel acıya yönelik duyarlılığını artırdığı şeklinde yorumlanmaktadır. Sonuç olarak, spor yaralanmasıyla mücadele süreçlerinde sadece fiziksel rehabilitasyonun değil, özellikle lisanslı sporcularda gözlemlenen acı çekme ve kariyer sonlanması gibi psikolojik bariyerlerin de dikkate alınması gerektiği düşünülmektedir.
Anahtar Kelimeler: Spor yaralanması, kaygı, acı çekme kaygısı, lisanslı sporcular.

GİRİŞ

Spor yaralanmaları, atletik performansın ayrılmaz bir parçası olarak kabul edilmekle birlikte, sporcular üzerinde hem fiziksel hem de derin psikolojik etkiler bırakmaktadır. Yaralanma süreci sadece doku hasarı ile sınırlı kalmayıp, sporcunun kimlik algısını, sosyal çevresindeki konumunu ve gelecekteki performansına dair beklentilerini de sarsmaktadır. Spor yaralanması sonrası ortaya çıkan kaygı, rehabilitasyon sürecinin başarısını ve sahaya dönüş (return-to-play) hızını belirleyen en kritik psikolojik faktörlerden biridir (Nippert & Smith, 2008) Literatürde "Spor Yaralanması Kaygı Ölçeği" (SYKÖ) ile ölçülen bu durum; yeteneği kaybetme, zayıf algılanma, acı çekme ve yeniden yaralanma gibi farklı boyutlarda ele alınmaktadır (Rex & Metzler, 2016).

Üniversite düzeyindeki spor bilimleri öğrencilerinin, hem akademik hem de uygulama temelli bir eğitim sürecinden geçmeleri, onları sakatlık riskine karşı daha hassas bir konuma getirmektedir. Spor yaralanmalarına karşı duyulan kaygı, bireyin sadece fiziksel sağlığını değil, aynı zamanda profesyonel kariyer gelişimini de tehdit eden bir unsur olarak karşımıza çıkar. Özellikle "yeniden yaralanma kaygısı" (kinesiophobia), sporcuların yaralanma sonrası tam iyileşme sağlansa bile maksimal performans sergilemelerini engelleyen bilişsel bir bariyer oluşturabilmektedir (Ardern ve ark., 2013). Bu kaygı türü, sporcunun hareket stratejilerini değiştirerek biyomekanik riskleri artırabilir ve paradoksal bir şekilde yeni yaralanmalara davetiye çıkarabilir.

Kaygının demografik değişkenlerle ilişkisi üzerine yapılan çalışmalar, cinsiyetin spor psikolojisinde önemli bir belirleyici olduğunu savunsa da, çağdaş bulgular bu durumun branş ve deneyim seviyesine göre değişebileceğini göstermektedir. Kadın sporcuların bazen acı çekme veya sosyal destek kaybı konularında daha yüksek duyarlılık gösterdiği rapor edilse de, elit düzeydeki sporcularda bu farkların kapandığı gözlemlenmektedir (Ford ve ark., 2000). Spor bilimleri fakültelerinde öğrenim gören öğrencilerin ise sporcu kimliklerinin (athletic identity) yüksek olması, yaralanma durumunda "yetenek kaybı" veya "takımı hayal kırıklığına uğratma" gibi sosyal-psikolojik kaygıları tetikleyebilmektedir (Brewer ve ark., 1993).

Özellikle lisanslı sporcular ile spor yapmayan bireyler arasındaki kaygı farklılıkları, rekabetçi ortamın getirdiği baskı ile açıklanmaktadır. Lisanslı sporcular için sakatlık, sadece fiziksel bir acı değil, aynı zamanda bir kariyer kesintisidir. Bu bağlamda, acı çekme kaygısının bu grupta daha belirgin olması, sporun profesyonel doğası gereği hissedilen bedensel stresin bir yansıması olarak değerlendirilebilir (Wiese-Bjornstal, 2010). Bu çalışma, Ondokuz Mayıs Üniversitesi Yaşar Doğu Spor Bilimleri Fakültesi öğrencilerinin spor yaralanmalarına karşı duydukları kaygıyı çeşitli değişkenler açısından inceleyerek, sporcu sağlığı ve psikolojisi alanındaki yerel literatüre katkı sağlamayı amaçlamaktadır.

YÖNTEM

Araştırma Modeli

Bu araştırma, var olan bir durumu betimlemeyi amaçlayan nicel araştırma yöntemlerinden genel tarama modeline dayalı bir çalışmadır.

Evren ve Örneklem

Araştırmanın evrenini Ondokuz Mayıs Üniversitesi Yaşar Doğu Spor Bilimleri Fakültesi öğrencileri oluşturmaktadır. Örneklem ise uygun örnekleme yöntemiyle seçilmiş, yaşları 18 ile 38 arasında değişen ($Ort=21.9$ civarı), 83 erkek ve 67 kadından oluşan toplam 150 gönüllü katılımcıdan meydana gelmektedir.

Veri Toplama Araçları

Verilerin toplanmasında iki temel araç kullanılmıştır:

1. **Kişisel Bilgi Formu:** Katılımcıların yaş, cinsiyet, fiziksel özellikler, spor branşı ve lisans durumu gibi demografik bilgilerini belirlemek amacıyla araştırmacı tarafından hazırlanmıştır.
2. **Spor Yaralanması Kaygı Ölçeği (SYKÖ):** Rex ve Metzler (2016) tarafından geliştirilen, Türkçe uyarlaması Caz ve ark. (2019) tarafından yapılan ölçektir. Ölçek 19 madde ve 6 alt boyuttan (Yeteneği Kaybetme, Zayıf Algılanma, Acı Çekme, Hayal Kırıklığına Uğratma, Sosyal Desteği Kaybetme, Yeniden Yaralanma) oluşmaktadır. 5'li Likert tipindedir.

Verilerin Analizi

Elde edilen veriler istatistik paket programı ile analiz edilmiştir. Verilerin normal dağılım göstermediği (Skeweess-Kurtosis değerleri incelenerek) saptandığından, analizlerde non-parametric testler kullanılmıştır. İki grup karşılaştırmalarında Mann Whitney-U, ikiden fazla grup karşılaştırmalarında Kruskal Wallis testi tercih edilmiştir. Anlamlılık düzeyi $p<0.05$ olarak kabul edilmiştir.

BULGULAR

Tablo 1: Katılımcıların fiziksel özellikleri

	Cinsiyet	N	Ortalama	Standart Sapma
yaş	erkek	83	22.72	3.901
	kadın	67	21.01	2.093
boy	erkek	83	178.87	6.718
	kadın	67	164.56	5.508
VA	erkek	83	74.32	13.630
	kadın	67	55.99	11.800

Araştırmaya katılan 83 erkek ve 67 kadının yaş, boy ve vücut ağırlığı (VA) ortalamaları ile standart sapmaları sunulmaktadır.

Tablo 2: Katılımcıların cinsiyetine göre Spor Yaralanmalarına karşı duyulan Kaygı Düzeylerinin karşılaştırılması

	Cinsiyet	N	Ortalama	Standart Sapma	P
Yeteneğini Kaybetme Kaygısı	kadın	83	7.43	2.405	0,998
	erkek	67	7.43	2.647	
Zayıf Algılanma Kaygısı	kadın	83	6.15	2.582	0,692
	erkek	67	5.97	3.171	
Acı Çekme Kaygısı	kadın	83	9.50	2.182	0,112
	erkek	67	10.11	2.507	
Hayal Kırıklığına Uğratma Kaygısı	kadın	83	8.19	2.981	0.204
	erkek	67	7.55	3.144	
Sosyal Desteği Kaybetme Kaygısı	kadın	83	6.91	2.825	0.291
	erkek	67	6.38	3.275	
Yeniden Yaralanma Kaygısı	kadın	83	12.09	3.743	0.588
	erkek	67	12.43	3.802	
Spor Yaralanma Ölçeği Toplam Puan	kadın	83	50.30	11.965	0.841
	erkek	67	49.89	13.307	

Kadın ve erkek katılımcıların Spor Yaralanması Kaygı Ölçeği toplam puanları ve alt boyut (yetenek kaybı, zayıf algılanma, acı çekme vb.) puanları karşılaştırılmıştır. Tüm alt boyutlarda ve toplam puanda cinsiyetler arası istatistiksel olarak anlamlı bir fark saptanmamıştır ($P>0.05$).

Tablo 3: Katılımcıların öğrenim görülen bölüme göre Spor Yaralanmalarına karşı duyulan Kaygı Düzeylerinin karşılaştırılması

	Bölüm	N	Ortalama	Standart Sapma	P
Yeteneğini Kaybetme Kaygısı	Ant Eğitimi	74	7.39	2.657	0.842
	SBF'de öğrenim görülen diğer bölümler	76	7.47	2.369	
Zayıf Algılanma Kaygısı	Ant Eğitimi	74	6.21	3.066	0.587
	SBF'de öğrenim görülen diğer bölümler	76	5.93	2.639	

Acı Çekme Kaygısı	Ant Eğitimi	74	9.78	2.456	0.985
	SBF'de öğrenim görülen diğer bölümler	76	9.77	2.248	
Hayal Kırıklığına Uğratma Kaygısı	Ant Eğitimi	74	7.74	3.252	0.521
	SBF'de öğrenim görülen diğer bölümler	76	8.06	2.876	
Sosyal Desteği Kaybetme Kaygısı	Ant Eğitimi	74	6.66	3.197	0.944
	SBF'de öğrenim görülen diğer bölümler	76	6.69	2.889	
Yeniden Yaralanma Kaygısı	Ant Eğitimi	74	12.29	3.943	0.871
	SBF'de öğrenim görülen diğer bölümler	76	12.19	3.600	
Spor Yaralanma Ölçeği Toplam Puan	Ant Eğitimi	74	50.09	14.184	0.981
	SBF'de öğrenim görülen diğer bölümler	76	50.14	10.798	

Antrenörlük Eğitimi bölümü ile fakültedeki diğer bölümlerde öğrenim gören öğrencilerin kaygı düzeyleri karşılaştırılmıştır. Hiçbir alt boyutta bölümler arasında istatistiksel bir fark bulunmamıştır (P > 0.05).

Tablo 4: Katılımcıların spor yapma sıklığına göre Spor Yaralanmalarına karşı duyulan Kaygı Düzeylerinin karşılaştırılması

	Ne sıklıkta spor yapıyorsunuz	N	Ortalama	Standart Sapma	P
Yeteneğini Kaybetme Kaygısı	her gün	23	7.08	2.810	0.757
	haftada 3-4 gün	83	7.53	2.558	
	spor yapmam	44	7.43	2.276	
Zayıf Algılanma Kaygısı	her gün	23	6.04	3.522	0.482
	haftada 3-4 gün	83	5.85	2.750	
	spor yapmam	44	6.50	2.671	
Acı Çekme Kaygısı	her gün	23	10.39	2.210	0.318
	haftada 3-4 gün	83	9.56	2.524	
	spor yapmam	44	9.86	2.029	
Hayal Kırıklığına Uğratma Kaygısı	her gün	23	7.82	3.563	0.494
	haftada 3-4 gün	83	7.68	3.036	
	spor yapmam	44	8.36	2.845	
Sosyal Desteği Kaybetme Kaygısı	her gün	23	6.73	3.887	0.633
	haftada 3-4 gün	83	6.48	2.985	
	spor yapmam	44	7.02	2.645	
Yeniden Yaralanma Kaygısı	her gün	23	13.04	3.878	0.465
	haftada 3-4 gün	83	11.96	3.868	
	spor yapmam	44	12.36	3.504	
Spor Yaralanma Ölçeği Toplam Puan	her gün	23	51.13	15.286	0.529
	haftada 3-4 gün	83	49.08	12.456	
	spor yapmam	44	51.54	11.171	

Her gün, haftada 3-4 gün spor yapanlar ile hiç yapmayanların kaygı puanları incelenmiştir. Spor yapma sıklığının yaralanma kaygısı üzerinde anlamlı bir etkisi olmadığı görülmüştür (P > 0.05).

Tablo 5: Lisanslı ve lisansı olmayan Katılımcıların Spor Yaralanmalarına karşı duyulan Kaygı Düzeylerinin karşılaştırılması

	Lisanslı olarak spor yapıyor musunuz	N	Ortalama	Standart Sapma	P
Yeteneğini Kaybetme Kaygısı	evet	110	7.49	2.496	0.643
	hayır	40	7.27	2.561	
Zayıf Algılanma Kaygısı	evet	110	5.99	2.807	0.559
	hayır	40	6.30	2.997	
Acı Çekme Kaygısı	evet	110	10.00	2.236	0.047*
	hayır	40	9.15	2.547	
Hayal Kırıklığına Uğratma Kaygısı	evet	110	7.89	3.048	0.917
	hayır	40	7.95	3.137	
Sosyal Desteği Kaybetme Kaygısı	evet	110	6.64	3.117	0.818
	hayır	40	6.77	2.832	
Yeniden Yaralanma Kaygısı	evet	110	12.50	3.626	0.172
	hayır	40	11.55	4.075	
Spor Yaralanma Ölçeği Toplam Puan	evet	110	50.52	11.754	0.511
	hayır	40	49.00	14.591	

Lisanslı ve lisanssız spor yapan katılımcılar karşılaştırılmıştır. "Acı Çekme Kaygısı" alt boyutunda lisanslı sporcular lehine istatistiksel olarak anlamlı bir fark (P = 0.047) tespit edilmiş; diğer boyutlarda fark görülmemiştir.

Tablo 6: Ferdi ve Takım Sporu ile uğraşan Katılımcıların Spor Yaralanmalarına karşı duyulan Kaygı Düzeylerinin karşılaştırılması

	Branş	N	Ortalama	Standart Sapma	P
Yeteneğini Kaybetme Kaygısı	ferdi	68	7.40	2.430	0.781
	takım	82	7.52	2.559	
Zayıf Algılanma Kaygısı	ferdi	68	6.03	2.992	0.827
	takım	82	6.13	2.765	
Acı Çekme Kaygısı	ferdi	68	9.90	2.528	0.735
	takım	82	9.78	2.090	
Hayal Kırıklığına Uğratma Kaygısı	ferdi	68	7.60	2.827	0.216
	takım	82	8.23	3.209	
Sosyal Desteği Kaybetme Kaygısı	ferdi	68	6.54	2.982	0.558
	takım	82	6.84	3.097	
Yeniden Yaralanma Kaygısı	ferdi	68	12.04	4.005	0.402
	takım	82	12.56	3.457	
Spor Yaralanma Ölçeği Toplam Puan	ferdi	68	49.54	12.326	0.456
	takım	82	51.07	12.377	

Ferdi sporlar ile takım sporlarıyla uğraşan katılımcıların kaygı düzeyleri kıyaslanmıştır. Yapılan analiz sonucunda branş türüne göre kaygı puanlarında anlamlı bir farklılık oluşmadığı belirlenmiştir ($p > 0.05$).

TARTIŞMA

Sonuç olarak, Ondokuz Mayıs Üniversitesi bünyesindeki bu çalışma, spor yaralanması kaygısının eğitim durumu veya cinsiyetten ziyade, bireyin sporun içindeki profesyonel statüsü (lisanslı olup olmaması) ve buna bağlı gelişen bedensel farkındalıklarla (acı algısı) ilişkili olduğunu göstermektedir. Spor yaralanmalarıyla mücadelede sadece fiziksel tedavi yöntemlerinin değil, "acı çekme" ve "yeniden yaralanma" gibi psikolojik bariyerlerin de rehabilitasyon programlarına dahil edilmesi, spor bilimleri öğrencilerinin gelecekteki profesyonel yaşamları için kritik önem taşımaktadır.

Ondokuz Mayıs Üniversitesi Yaşar Doğu Spor Bilimleri Fakültesi öğrencilerinin katılımıyla gerçekleştirilen bu çalışmada, spor yaralanmalarına karşı duyulan kaygı düzeyleri cinsiyet, bölüm, spor sıklığı ve lisans durumu gibi değişkenler üzerinden analiz edilmiştir. Elde edilen bulgular, katılımcıların

genel kaygı puanlarının orta düzeyde olduğunu ve çoğu demografik değişkenin kaygı düzeyleri üzerinde belirleyici bir etkisi olmadığını göstermektedir.

Çalışmamızın cinsiyet değişkenine ilişkin bulguları, kadın ve erkek öğrenciler arasında spor yaralanması kaygısı (toplam ve alt boyutlar) açısından anlamlı bir fark olmadığını ortaya koymuştur. Bu bulgu Ford ve ark.'ı (2000) tarafından belirtilen, spor düzeyi arttıkça cinsiyetler arası farkın kapandığı görüşüyle paralellik göstermektedir. Literatürde bazı çalışmalar kadınların acı çekme ve yeniden yaralanma konusunda daha yüksek kaygı yaşadığını belirtse de (Vickers, 2004) mevcut bulgularımız bu görüşü desteklememektedir. Bu durum, spor bilimleri fakültesindeki öğrencilerin benzer fiziksel aktivite düzeylerine sahip olmaları ve sporcu kimliklerinin cinsiyetten bağımsız olarak benzer bir psikolojik dayanıklılık (resilience) seviyesi geliştirmesiyle açıklanabilir.

Benzer şekilde, öğrenim görülen bölümün (Antrenörlük Eğitimi vs. diğer bölümler) kaygı üzerinde etkili olmadığı görülmüştür. Bu sonuç, spor bilimleri müfredatının genel olarak sakatlık bilgisi ve koruyucu spor yöntemleri konusunda tüm bölümlerde benzer bir farkındalık yarattığını düşündürmektedir.

Çalışmanın en dikkat çekici bulgusu, lisanslı sporcuların "Acı Çekme Kaygısı" alt boyutunda, lisanslı olmayanlara göre anlamlı düzeyde daha yüksek puan almasıdır. Bu bulgu, rekabetçi sporun getirdiği yüksek antrenman yoğunluğu ve daha önce yaşanmış olması muhtemel yaralanma deneyimlerinin bir sonucu olabilir. Lisanslı sporcular için "acı", antrenman ve maçın kaçınılmaz bir parçasıdır ancak bu acının bir sakatlığa dönüşme ihtimali, onların kariyerlerini tehdit ettiği için daha yüksek bir kaygı kaynağına dönüşmektedir. Nitekim, sporcuların acı algısı ve bu acıyla başa çıkma stratejileri, onların performans seviyeleriyle doğrudan ilişkilidir (Sullivan ve ark., 2000). Lisanslı sporcularda acı çekme kaygısının yüksek çıkması, Wiese-Bjornstal (2010)'un belirttiği gibi sakatlığın bu bireyler için sadece fiziksel bir sorun değil, bir 'kariyer tehdidi' olmasıyla açıklanabilir

Spor yapma sıklığı değişkeni incelendiğinde, her gün spor yapanlar ile hiç yapmayanlar arasında anlamlı bir fark saptanmamıştır. Bu şaşırtıcı bir bulgu olarak değerlendirilebilir; zira aktivite sıklığı arttıkça yaralanma riskinin artması beklenir. Ancak bulgularımız, bireylerin aktivite miktarı ne olursa olsun, yaralanmaya karşı duyulan psikolojik tepkinin sabit bir bilişsel şema üzerinden yürüdüğünü göstermektedir. Ayrıca, ferdi ve takım sporları arasında da kaygı düzeyleri açısından istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunamamıştır. Takım sporcularının "Hayal Kırıklığına Uğratma Kaygısı" ferdi sporculara göre sayısal olarak daha yüksek olsa da, bu farkın istatistiksel sınıra ulaşmaması, modern spor eğitiminde bireysel sorumluluğun her iki branş türünde de benzer ağırlıkta olduğunu kanıtlar niteliktedir (Podlog ve ark., 2011).

ÖNERİLER

Gelecek çalışmalarda sakatlık geçmişi olan ve olmayan sporcuların kaygı düzeyleri boylamsal (longitudinal) olarak incelenebilir. Antrenörlerin, sporcuların "acı çekme kaygısını" yönetmek için psikolojik destek süreçlerine dahil edilmesi önerilir.

KAYNAKÇA

Ardern, C. L., Taylor, N. F., Feller, J. A., & Webster, K. E. (2013). A systematic review of the psychological factors associated with returning to sport following injury. *British Journal of Sports Medicine*, 47(17), 1120-1126. https://doi.org/10.1136/bjsports-2012-091335

Brewer, B. W., Van Raalte, J. L., & Linder, D. E. (1993). Athletic identity: Hercules' muscles or Achilles' heel?. *The Sport Psychologist*, 7(2), 119-135. https://doi.org/10.1123/tsp.7.2.119

Caz, C., Kayani, O., & Şeker, R. (2019). Spor yaralanması kaygı ölçeğinin Türkçe formunun geçerlik ve güvenirlik çalışması. *Spormetre Beden Eğitimi ve Spor Bilimleri Dergisi*, 17(1), 42-51. https://doi.org/10.33688/aucbd.457813

Ford, I. W., Eklund, R. C., & Gordon, S. (2000). An examination of psychosocial variables moderating the relationship between life stress and injury in competitive sport. *Journal of Sports Sciences*, 18(5), 301-312. https://doi.org/10.1080/02640410050120061

Nippert, A. H., & Smith, A. M. (2008). Psychologic aspects of sport injury. *Sports Health*, 1(3), 190-192. https://doi.org/10.1177/1941738108323295

Podlog, L., Wadey, R., Stark, A., Newton, M., & Hall, M. S. (2011). Positive and negative injury-related changes in athletes: A developmental perspective. *Psychology of Sport and Exercise*, 12(4), 365-373. https://doi.org/10.1016/j.psychsport.2011.02.003

Rex, S. A., & Metzler, J. N. (2016). Development and validation of the Sport Injury Anxiety Scale. *Journal of Applied Sport Psychology*, 28(1), 28-44. https://doi.org/10.1080/10413200.2015.1086448

Sullivan, M. J., Tripp, D. A., & Santor, D. (2000). Gender differences in catastrophizing and pain attitudes. *Pain*, 87(2), 155-162. https://doi.org/10.1016/S0304-3959(00)00332-2

Vickers, A. (2004). Sex differences in health-related quality of life. *Psychology, Health & Medicine*, 9(4), 433-442. https://doi.org/10.1080/1354850041233128447

Wiese-Bjornstal, D. M. (2010). Psychology and socioculture of sport injury: Quo vadis?. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 13(5), 469-474. https://doi.org/10.1016/j.jsams.2009.10.454

Sullivan, M. J., Tripp, D. A., & Santor, D. (2000). Gender differences in catastrophizing and pain attitudes. *Pain*, 87(2), 155-162. https://doi.org/10.1016/S0304-3959(00)00332-2

Vickers, A. (2004). Sex differences in health-related quality of life. *Psychology, Health & Medicine*, 9(4), 433-442. https://doi.org/10.1080/1354850041233128447

Wiese-Bjornstal, D. M. (2010). Psychology and socioculture of sport injury: Quo vadis?. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 13(5), 469-474. https://doi.org/10.1016/j.jsams.2009.10.454

GÜNLÜK YAŞAMDA TEKRARLAYICI OLUMSUZ DÜŞÜNME: RUMİNATİF DÜŞÜNCE VE ENDİŞE ÜZERİNE NİTEL BİR DOKÜMAN ANALİZİ

REPETITIVE NEGATIVE THINKING IN DAILY LIFE: A QUALITATIVE DOCUMENT ANALYSIS ON RUMINATIVE THINKING AND ANXIETY

Zeynep ADABAĞLI
Topkapı University, Altunizade, Istanbul, Turkey
ORCİD: 0009-0006-8912-7818

Abstract
The aim of this study is to examine the effects of rumination and worry, which are commonly observed in daily life, on psychological well-being and to reveal how these cognitive patterns are shaped within the context of modern life conditions. Today, increasing uncertainty, chronic stress, performance pressure, and social comparison processes intensify individuals' tendencies toward repetitive negative thinking. While rumination is associated with repetitive thoughts centered on past experiences, mistakes, and negative events, worry involves continuous mental preparation for potential future threats. These two cognitive processes complicate individuals' emotion regulation abilities and negatively affect psychological well-being. The study was conducted using the document analysis design, one of the qualitative research methods. Within the scope of the study, national and international literature related to rumination, worry, and repetitive negative thinking was examined. Based on the reviewed studies, the common cognitive characteristics of rumination and worry, their distinguishing aspects, and their effects on individuals' daily life experiences were evaluated. The findings indicate that repetitive and difficult-to-control thoughts play a significant role in maintaining anxiety, stress, and depressive symptoms. Furthermore, these thinking patterns negatively affect decision-making processes, social relationships, and academic and occupational functioning. It was determined that interpersonal conflicts, academic pressures, uncertainties in work life, and negative experiences in social relationships trigger rumination and worry processes in daily life. As a result, the study reveals that rumination and worry are not only processes associated with specific psychopathologies, but also transdiagnostic cognitive patterns frequently observed in daily life in relation to the stress factors of modern life. It is believed that the study will contribute to the development of intervention programs targeting repetitive negative thinking processes in psychological counseling and clinical practices.
Keywords: Rumination, Worry, Repetitive Negative Thinking, Psychological Well-Being, Daily Life

Özet
Bu çalışmanın amacı, günlük yaşamda yaygın olarak görülen ruminatif düşünce ve endişe süreçlerinin psikolojik iyi oluş üzerindeki etkilerini incelemek ve bu bilişsel örüntülerin modern yaşam koşulları bağlamında nasıl şekillendiğini ortaya koymaktır. Günümüzde artan belirsizlik, kronik stres, performans baskısı ve sosyal karşılaştırma süreçleri bireylerin tekrar edici olumsuz düşünme eğilimlerini artırmaktadır. Ruminasyon geçmiş yaşantılar, hatalar ve olumsuz deneyimler etrafında şekillenen yineleyici düşüncelerle ilişkilendirilirken; endişe, gelecekte ortaya çıkabilecek tehditlere yönelik sürekli zihinsel hazırlık süreçlerini içermektedir. Bu iki bilişsel süreç, bireylerin duygu düzenleme becerilerini zorlaştırmakta ve psikolojik iyi oluş üzerinde olumsuz etkiler oluşturmaktadır. Araştırma, nitel araştırma yöntemlerinden doküman analizi deseni doğrultusunda gerçekleştirilmiştir. Çalışma kapsamında ruminasyon, endişe ve tekrarlayıcı olumsuz düşünme kavramlarına ilişkin ulusal ve uluslararası alanyazın incelenmiştir. İncelenen çalışmalar doğrultusunda ruminasyon ve endişenin ortak bilişsel özellikleri, birbirinden ayrılan yönleri ve bireylerin günlük yaşam deneyimleri üzerindeki etkileri değerlendirilmiştir. Bulgular, tekrar edici ve kontrol edilmesi güç düşüncelerin kaygı, stres ve depresif belirtilerin sürdürülmesinde önemli rol oynadığını göstermektedir. Ayrıca bu düşünme biçimlerinin karar verme süreçleri, sosyal ilişkiler, akademik ve mesleki işlevsellik üzerinde olumsuz etkiler oluşturduğu görülmektedir. Günlük yaşamda kişilerarası çatışmalar, akademik baskılar, iş yaşamındaki belirsizlikler ve sosyal ilişkilerde yaşanan olumsuz deneyimlerin ruminatif düşünce ve endişe süreçlerini tetiklediği belirlenmiştir.

Sonuç olarak çalışma, ruminasyon ve endişenin yalnızca belirli psikopatolojilerle ilişkili süreçler olmadığını, aynı zamanda modern yaşamın stres faktörleriyle bağlantılı biçimde günlük yaşam içerisinde sık görülen transdiagnostik bilişsel örüntüler olduğunu ortaya koymaktadır. Çalışmanın, psikolojik danışma ve klinik uygulamalarda tekrar edici olumsuz düşünme süreçlerine yönelik müdahale programlarının geliştirilmesine katkı sağlayacağı düşünülmektedir.
Anahtar kelimeler: Ruminasyon, Endişe, Tekrarlayıcı Olumsuz Düşünme, Psikolojik İyi Oluş, Günlük Yaşam

DİJİTAL GÖÇEBELİK VE KÜLTÜR ELÇİLERİNİN DİJİTAL KÜLTÜREL DİPLOMASİDEKİ ETKİLERİ

THE INFLUENCE OF DIGITAL NOMADS AND CULTURAL AMBASSADORS IN DIGITAL CULTURAL DIPLOMACY

Prof. Dr. Aslı BÜYÜKOKUTAN TÖRET
Eskişehir Osmangazi University, Faculty of Humanities and Social Sciences, Department of Turkish Language and Literature, Eskişehir, Turkiye,
ORCID: 0000-0001-8732-6043

Lecturer Zülal SÖĞÜT
Eskişehir Osmangazi University, Turkish Language Teaching, Application & Research Center, Eskişehir, Türkiye,
ORCID: 0000-0001-5998-6909

ÖZET

Günümüz dünyasında dijitalleşme, uluslararası ilişkilerin ve kültürel etkileşimlerin doğasını kökten değiştirmiş; bu dönüşüm, klasik diplomasi araçlarının yanında "dijital kültürel diplomasi" kavramının da belirginleşmesine sebep olmuştur. Bu sürecin en dinamik aktörlerinden biri hâline gelen dijital göçebeler ve sosyal medya içerik üreticileri (influencerlar), bireysel deneyimlerini paylaşan gezginler olmanın yanı sıra ülkelerin kültürel imajını inşa eden gönüllü birer kültür elçisi konumuna gelmiştir. Bu çalışma, dijital göçebelerin ve yüksek takipçili influencerların sosyal medya paylaşımlarının dijital kültürel diplomasi üzerindeki etkilerini ve bu paylaşımların hedef kitledeki algı oluşturma potansiyelini kavramsal düzeyde incelemeyi amaçlamaktadır.

Bu çalışmada söz konusu kavramlar, dijital kültürel diplomasi açısından, işlev ve temsil olmak üzere iki halk bilimsel eksen üzerinden incelemektedir. Çalışma, dijital göçebeyi etkisini takipçileriyle kurduğu parasosyal güven bağından alan bir "gönüllü kültür elçisi" olarak konumlandırmakta; paylaşımlarını ise kültürel aktarım, icra (performans) ve elektronik kültür ortamında folklor kavramları çerçevesinde ele almaktadır. İşlevsel kuram temelinde, bu içeriklerin küresel izleyici, içerik üreticisinin takipçi topluluğu ve mirası taşıyan kaynak topluluk olmak üzere en az üç yöne doğru işlev gördüğü ileri sürülmektedir. Temsil ekseninde ise dijital görünürlüğün seçici olduğu, platform algoritmaları ve dikkat ekonomisiyle biçimlendiği ve bir "miras üretimi" süreci olarak egzotikleştirme ile bağlamdan kopma riskleri taşıdığı tartışılmaktadır. Özellikle yerel mutfak, misafirperverlik ve gündelik yaşam pratikleri gibi somut olmayan kültürel miras (SOKÜM) unsurlarının izleyicide psikolojik yakınlık ve merak uyandırma kapasitesi yüksektir.

Sonuç olarak, influencerların sunduğu "deneyim odaklı" ve "samimi" içeriklerin, resmî kurumların yürüttüğü tanıtım faaliyetlerine kıyasla daha yüksek bir güven ve etkileşim potansiyeli taşıdığı görülmektedir. Çalışma, sürecin bir uygulamalı halk bilim meselesi olarak ele alınmasını; topluluk katılımını, geleneğin canlılığının korunmasını ve temsil çeşitliliğini gözeten kolaylaştırıcı modellerin geliştirilmesini önermektedir.

Anahtar Kelimeler: Dijital kültürel diplomasi, dijital göçebelik, gönüllü kültür elçisi, somut olmayan kültürel miras, uygulamalı halk bilim.

ABSTRACT

In today's world, digitalization has fundamentally changed the nature of international relations and cultural interactions; this transformation has led to the emergence of the concept of "digital cultural diplomacy" alongside classical diplomatic tools. Digital nomads and social media content creators (influencers), who have become one of the most dynamic actors in this process, have transformed from travelers sharing their individual experiences into voluntary cultural ambassadors who shape the cultural image of countries. This study aims to conceptually examine the effects of social media posts by digital nomads and high-follower influencers on digital cultural diplomacy and the potential of these posts to shape perceptions among the target audience. In this study, these concepts are examined through two folkloric axes: function and representation, from the perspective of digital cultural diplomacy. The study positions the digital nomad as a "voluntary cultural ambassador" whose influence stems from the

parasocial trust bond they establish with their followers; and examines their posts within the framework of cultural transmission, performance, and folklore in the electronic culture environment. Based on functional theory, it is argued that this content functions in at least three directions: a global audience, the content creator's follower community, and the source community carrying the heritage. On the representational axis, it is argued that digital visibility is selective, shaped by platform algorithms and the attention economy, and carries the risks of exoticization and decontextualization as a process of "heritage production." In particular, intangible cultural heritage (ICCH) elements such as local cuisine, hospitality, and daily life practices have a high capacity to evoke psychological closeness and curiosity in the audience.
Consequently, it is observed that the "experience-oriented" and "authentic" content offered by influencers carries a higher potential for trust and interaction compared to the promotional activities carried out by official institutions. This study proposes that the process be addressed as an applied folklore issue; and that facilitating models be developed that consider community participation, the preservation of tradition's vitality, and the diversity of representation.
Keywords: Digital cultural diplomacy, digital nomadism, volunteer cultural ambassador, intangible cultural heritage, applied folklore.

GİRİŞ

21. yüzyılın ilk çeyreğinde uluslararası ilişkilerin ve kültürlerarası etkileşimin dokusu, dijital ağların aracılığıyla yeniden örülmüştür. Devletlerin bir zamanlar büyükelçilikler, kültür merkezleri ve resmî yayın kuruluşları aracılığıyla yürüttüğü tanıtım faaliyetleri, bugün büyük ölçüde bireysel kullanıcıların ürettiği içeriklerle, herhangi bir resmî sıfat taşımayan gezginlerin paylaşımlarıyla iç içe geçmiş vaziyettedir. Bir ülkenin imajı, yalnızca o ülkenin kendi anlatısı üzerinden değil; sınırlarını geçip gündelik hayatın içine sızan, deneyimlerini eş zamanlı olarak milyonlarca takipçiyle paylaşan dijital göçebeler ve sosyal medya içerik üreticileriyle de inşa edilmeye başlanmıştır. Bu durum, kültürel temsil ve kültürel aktarım gibi halk bilimini doğrudan ilgilendiren süreçlerin failini ve mecrasını köklü biçimde değiştirmiştir.
Joseph Nye'a (2005: 14) göre bir devlet, başka ülkelerin onun değerlerine imrenmesi, refah düzeyini örnek alması ve açıklığını arzulaması gibi durumlara zorlamaya başvurmadan ulaşabilmektedir. Bu çekiciliğin üç ana kaynağı vardır: siyasi değerler, dış politika ve ülkenin kültürü. Görüldüğü gibi kültür, yumuşak gücün en görünür ve geçişken bileşenlerindendir. Yumuşak güç, bir ülkenin kültürü, değerleri ve dış politikasının çekiciliği yoluyla başkalarını zorlamadan ikna edebilme kapasitesidir (Gallarotti, 2011: 3). Kültür, bu denklemde merkezî bir kaynak olarak karşımıza çıkmaktadır. Bir toplumun mutfağı, el sanatları, müziği, anlatıları ve gündelik yaşam pratikleri, o toplumu "çekici" kılan başlıca unsurlardır. İşte bu noktada da karşımıza yumuşak gücün en önemli enstrümanlarından olan kültürel diplomasi kavramı çıkmaktadır.
Kültürel diplomasi, çekiciliğin bilinçli ve örgütlü biçimde dolaşıma sokulmasıdır (Mark 2009: 11). Sanat sergileri, müzik turneleri, dil öğretim merkezleri, burs programları ve mutfak tanıtımları, devletlerin yüzyıllardır kullandığı kültürel diplomasi araçlarıdır. Ne var ki bu klasik araçların tamamı kültürel diplomasi içerisinde ortak bir özelliğe dayanmaktadır: Kültürel mesaj, büyük ölçüde devlet ya da onun yetkilendirdiği kurumlar tarafından üretilir, tek bir merkezden ve görece yavaş bir ritimle hedef kamuoyuna ulaştırılır. 21. yüzyılın dijital dönüşümü ise bu kurumsal ve merkezî modelin zeminini kaydırmıştır. İnternet ve sosyal medya, kültürel temsilin hangi mecralarda, kimler eliyle ve hangi hızla dolaşacağını köklü biçimde yeniden tanımlamış; böylece kültürel diplomasi yeni bir evreye, dijital evresine geçmiştir.
Dijitalleşmenin yaygınlaşmasıyla birlikte dolaşıma sokulan kültürel unsurların üretim ve aktarımında çeşitli biçimsel değişimler gündeme gelmiştir. Manuel Castells'ın (2010) "ağ toplumu" olarak adlandırdığı yapıda iletişim, merkezî kurumların tekelinden çıkıp yatay, çok yönlü ve kullanıcı eksenli akışlara dijital kanallardan yayılmaya başlamıştır. İşte bu toplumda "dijital kültürel diplomasi", kültürel diplomasinin dijital ağlar üzerinden, etkileşimli ve büyük ölçüde merkezinden kopmuş biçimde yürütülmesini ifade etmektedir. Bu yeni evrede iki köklü değişim göze çarpar. Birincisi, iletişimin yönü değişmiştir: kitlesel öz iletişim, herhangi bir birey kitlesel ölçekte içerik üretip yayabilir hâle gelmiştir (Durmuş, 2022: 320-323). İkincisi, mesajın faili çoğullaşmıştır; devletin resmî sesinin yanında hatta çoğu zaman onun önünde, sıradan kullanıcıların sesi yükselmektedir.

Kültürel diplomasinin tarihsel seyri de bu saptamayı desteklemektedir. 20. yüzyıl boyunca devletler, kültür merkezleri, dil enstitüleri, sanat turneleri ve uluslararası yayıncılık aracılığıyla kendi kültürel imgelerini yurt dışına taşımaya çalışmıştır. Bu klasik araçların ortak özelliği, merkezîlik ve denetimdir (İletişim Bakanlığı, 2022: 74): Mesaj, devlet tarafından üretilir, biçimlendirilir ve dağıtılır. Dijital çağ, bu modelin iki temel varsayımını sarsmıştır. Birincisi, mesajın üreticisinin devlet olması varsayımıdır çünkü artık herhangi bir birey, devletten bağımsız olarak ve çoğu zaman ondan daha geniş bir kitleye ulaşabilmektedir. İkincisi, denetimin etkiyi artırdığı varsayımıdır çünkü dijital izleyici, denetimli ve cilalı mesaja değil, denetimsiz ve sahici görünen mesaja güvenmektedir. Bu iki sarsıntı, kültürel diplomasinin ağırlık merkezini resmî kurumlardan gönüllü aktörlere kaydırmış; böylece dijital göçebeyi ve influencerı kuramsal tartışmanın merkezine taşımıştır.

Bu ekonominin işleyişini biçimlendiren bir başka belirleyici, platformların teknik ve algoritmik mantığıdır. Instagram, YouTube ve benzeri mecralar, içeriği yansız biçimde iletmez; görsel olarak çarpıcı, kısa, duygusal ve etkileşim üreten içeriği görünürlük bakımından ödüllendiren algoritmalar aracılığıyla dolaşımı yönlendirir (Şahin Sarı, 2025: 49-62). Bu durum, hangi kültürel unsurların küresel görünürlük kazanacağını doğrudan etkiler: Sessiz, yavaş ve bağlam bilgisi gerektiren miras unsurları algoritmik olarak dezavantajlıyken; renkli, hareketli ve anında etkileyici unsurlar öne çıkar. Dolayısıyla dijital kültürel diplomasi, yalnızca insan failler (dijital göçebeler, izleyiciler) arasında değil; aynı zamanda bu faillerle platformların görünürlük rejimleri arasında işleyen bir süreçtir.

Bununla birlikte, dijital kültürel diplomasi olumsuz temsilleri, klişeleri ve hatta dezenformasyonu da hızla yayabilmektedir. Bir ülkeye dair tek bir olumsuz viral içerik, yılların kurduğu olumlu algıyı sarsabilir (Çakır, 2015: 15-30). Dolayısıyla bu alan, devletler için hem fırsat hem de kırılganlık üretir; yönetilmesi gereken ancak doğası gereği tam olarak yönetilemeyen bir etkileşim alanıdır. Bu çoğullaşma, kültürel temsilin denetimini zorlaştırırken inandırıcılığını artırır. İzleyici, devletin parasıyla hazırlandığını bildiği bir tanıtım içeriğine kuşkuyla yaklaşırken, kişisel bir yolculuğun parçası gibi görünen bir paylaşıma daha kolay güvenir. Appadurai'ın (1996) "medya görünümleri" kavramı burada açıklayıcıdır: Dolaşıma giren imgeler, izleyicinin başka yerlere ve yaşamlara dair hayal kurma kapasitesini besler; bu hayaller ise turistik arzunun, göç isteğinin ve kültürel merakın hammaddesidir. Dijital kültürel diplomasi, işte bu hayal gücü ekonomisinin içinde işlemektedir.

Alanyazına bakıldığında, kültürel diplomasinin failleri olan dijital göçebelik olgusunun ağırlıklı olarak turizm yönetimi, çalışma sosyolojisi ve bilişim çalışmaları çerçevesinde ele alındığı; influencer etkisinin ise pazarlama ve iletişim disiplinlerinde incelendiği görülmektedir. Buna karşılık, bu iki olgunun kesişiminde beliren kültürel aktarım sürecinin halk bilimsel bir çerçevede, somut olmayan kültürel miras (SOKÜM) kavramıyla ilişkilendirilerek ele alınması görece zayıf kalmıştır. Bu çalışma ise dijital kültürel diplomasiyi yalnızca uluslararası ilişkiler ya da iletişim açısından değil; geleneğin aktarımı, icrası ve dönüşümü açısından okumayı önermektedir.

Resmî bir sıfatı, görevlendirmesi ya da ödeneği bulunmayan dijital göçebeler ve influencerların, ülkenin kültürel imajını nasıl inşa ettiği, bu faillerin hangi koşullarda "gönüllü kültür elçisi" olabileceği ve halk bilimsel açıdan bakıldığında söz konusu sürecin, geleneğin ve SOKÜM'ün aktarımına dair ne söylediği soruları bu çalışma kapsamında ele alınacaktır. Bu sorular, çalışmanın bundan sonraki seyrini belirleyen iki halk bilimsel ekseni açığa çıkarır: işlev ve temsil. Bir yandan dijital göçebe paylaşımlarının kültürel dolaşımda hangi işlevleri yerine getirdiğini, öte yandan bu dolaşımın geleneği ne ölçüde ve hangi sadakatle temsil ettiğini sormak gerekir. Bu iki eksen birbirinden bağımsız değildir çünkü bir paylaşımın yerine getirdiği işlev, büyük ölçüde onun neyi nasıl temsil ettiğine bağlıdır. İzleyiciyi eğiten, ona haz veren ya da önyargısını kıran bir içerik, aynı zamanda bir geleneği belirli bir biçimde çerçeveleyerek temsil eder. Dolayısıyla işlev ile temsil, dijital kültürel diplomasinin halk bilimsel çözümlemesinde iç içe geçen iki yüzdür. Bu çözümlemeye geçmeden önce, söz konusu paylaşımların failini kısaca açıklamak gerekmektedir.

Gönüllü Kültür Elçileri: Dijital Göçebeler

Taşınabilir teknolojiler ve uzaktan çalışma imkânları sayesinde belirli bir mekâna bağlı kalmaksızın yaşayıp üreten bireyler, ziyaret ettikleri ülkelerde çoğu zaman haftalar, hatta aylar boyunca kalarak gündelik hayatın içine sıradan bir turistten çok daha derin biçimde girerler. Onları kültürel aktarım açısından ayrıcalıklı kılan da bu derinlikli temastır: Gördükleri, tattıkları ve deneyimledikleri kültürü eş zamanlı olarak geniş bir izleyici kitlesiyle paylaşırlar.

Üstelik bu bireylerin önemli bir bölümü, deneyimlerini düzenli içeriğe dönüştüren birer sosyal medya üreticisi olduğundan, dijital göçebelik ile içerik üreticiliği çoğu zaman iç içe geçer. Bu nedenle, söz konusu aktörlerin bir ülkenin kültürel imajını hangi mekanizmalarla inşa ettiğini anlamak için, önce onların izleyicileriyle kurduğu ilişkinin doğasına bakmak gerekir.

Sosyal medya içerik üreticisi ya da yaygın adıyla "influencer", Abidin'in (2018) tanımıyla, çevrim içi mahremiyet ve erişilebilirlik izlenimi üreterek takipçileriyle süreklilik taşıyan bir ilişki kuran ve bu ilişkiyi mesleğe dönüştüren bir internet ünlüsü tipidir. Burada karşımıza "sahicilik" ya da "hesaplı sahicilik" kavramları çıkmaktadır (Mercan ve Aytaç: 2024: 330-336) Influencerın gücü, kusursuz bir imaj sunmasında değil, gündelik, kusurlu ve "gerçek" görünen bir benlik performansı sergileyerek takipçilerinde "ona güvenebilirim" duygusu uyandırmasında belirginleşmektedir.

Bu güven ilişkisinin kuramsal kökeni, Horton ve Wohl'un (1956) yarım yüzyıldan uzun süre önce kavramsallaştırdığı "parasosyal etkileşim"e uzanır. Yazarlar, kitle iletişim araçlarının izleyicide, medya figürüyle sanki yüz yüze ve karşılıklı bir dostluk kuruyormuş yanılsaması yarattığını gözlemlemiştir. Televizyon çağında tek yönlü işleyen bu mekanizma, sosyal medya çağında beğeni, yorum ve doğrudan mesajla pekişerek çok daha yoğun bir bağa dönüşmüştür. Takipçi, izlediği dijital göçebenin yemek tercihlerini, yorgunluğunu ve şaşkınlığını paylaştıkça onunla bir "arkadaşlık" kurar; bu arkadaşın övdüğü bir kente, tavsiye ettiği bir yemeğe ya da hayran kaldığı bir zanaata duyduğu güven, hiçbir resmî kampanyanın kolayca üretemeyeceği türdendir.

İşte bu noktada "gönüllü kültür elçisi" kavramı belirginleşir. Herhangi bir resmî görevlendirmesi bulunmayan dijital göçebe, ziyaret ettiği kültürü kendi iradesiyle dünyaya taşıyan bir "gönüllü kültür elçisi" olarak işlev görür; etkisinin kaynağında ise takipçileriyle kurduğu, samimiyet ve güven temelli parasosyal bağ yatar (Horton & Wohl, 1956; Abidin, 2018). İşte bu gönüllü ve güvene dayalı konum, paylaşımların hem işlevlerini hem de temsil biçimlerini doğrudan biçimlendirir. Klasik kültür elçisi, bir devlet tarafından atanan, görevlendirilen ve denetlenen resmî bir figürdür. Dijital göçebe ise herhangi bir görevlendirme olmaksızın, kendi iradesiyle ve çoğu zaman ticari saiklerle, ziyaret ettiği ülkenin kültürünü dünyaya taşır. Bu gönüllülük, paradoksal biçimde, elçiliğin etkisini artırır: Çünkü izleyici, anlatıcının bir devletin sözcüsü değil, bağımsız bir tanık olduğunu varsayar. Ne var ki bu varsayım her zaman geçerli değildir; influencer pazarlaması ve sponsorlu içerik uygulamalarının yaygınlaşması, "gönüllülük" ile "görevlendirilmişlik" arasındaki sınırı giderek bulanıklaştırmaktadır.

Dijital göçebenin geçim kaynağı çoğu zaman ürettiği içeriğin kendisi olduğundan, kültürel temsil bir geçim stratejisine dönüşür. Bu durum, hangi kültürel unsurların öne çıkarılacağına dair seçimleri yalnızca kültürel değil, aynı zamanda ekonomik saiklerle biçimlendirir: Daha çok etkileşim getiren, daha kolay tüketilen ve reklam değeri yüksek içerikler tercih edilirken ticari getirisi düşük ama kültürel açıdan zengin unsurlar geri planda kalabilir. Böylece SOKÜM'ün dijital temsili, kısmen de ekonomik tabana yerleştirilmeye çalışılır. Halk bilimsel açıdan bu, geleneğin değerinin onun topluluk için taşıdığı anlamdan koparılıp ölçülebilir bir etkileşim metriğine indirgenmesi riskini barındırmaktadır. Dijital kültürel diplomasinin etik bir çerçevede ele alınması, yalnızca içerik üreticilerinin değil mirası taşıyan toplulukların da sorumluluklarını birlikte düşünmeyi gerektirir.

Gelenek ve Somut Olmayan Kültürel Mirasın Aktarımındaki Dönüşüm

Halk bilimi, en yalın tanımıyla, bir topluluğun kuşaktan kuşağa aktardığı bilgi, beceri, anlatı ve pratiklerin bilimidir. Gelenek, sabit bir kalıt değil; her icrada yeniden üretilen, canlı ve değişken bir süreçtir. Somut olmayan kültürel miras kavramı, bu canlı sürecin uluslararası ölçekte tanınması anlamına gelmektedir.

UNESCO'nun 2003 tarihli Somut Olmayan Kültürel Mirasın Korunması Sözleşmesi, bu mirası "toplulukların, grupların ve kimi durumlarda bireylerin, kültürel miraslarının bir parçası olarak tanımladıkları uygulamalar, temsiller, anlatımlar, bilgiler ve beceriler" olarak tanımlamaktadır (UNESCO, 2003). Sözleşme; mirası somut bir nesnede değil, onu icra eden ve aktaran insanda yaşadığını kabul etmektedir. Öcal Oğuz'un (2009) belirttiği gibi, bu miras "sürekli biçimde yeniden yaratılır" ve topluluğa kimlik ile devamlılık duygusu verir. Bir başka deyişle, SOKÜM ancak aktarıldığı sürece vardır. Dijital göçebelerin paylaşımları, bu aktarım sürecine yeni bir aktör ve yeni bir mecra ekler. Geleneksel halk bilimsel modelde aktarım, çoğunlukla topluluk içinde, usta-çırak ilişkisinde ya da kuşaklar arasında gerçekleşmekteydi. Dijital çağda ise aktarımın bir kısmı, topluluğun dışından gelen ve onu yeniden çerçeveleyen tanıklar eliyle, topluluğun sınırlarının çok ötesindeki izleyicilere doğru

gerçekleşmektedir. Bu fail değişikliği, kültürel aktarımın doğasını dönüştürür. İçeriden aktarımda gelenek, anlamıyla birlikte taşınır; dışarıdan aktarımda ise çoğu zaman görüntüsüyle, estetik yüzeyiyle taşınır. Bir cezve kahvenin köpüğünün yakın çekimi, milyonlarca izleyiciye ulaşabilir ancak o kahvenin etrafında örülen sohbet kültürü, fal geleneği ve komşuluk ilişkisi, yani onu somut olmayan kültürel miras yapan anlam katmanı, çoğu zaman karede görünmez kalır.

Halk bilimi geleneğinde, kültürel olgulara iki temel bakış açısıyla yaklaşılır: Topluluğun kendi içinden, mensuplarının anlam dünyasını esas alan "içeriden" (emik) bakış ile dışarıdan bir gözlemcinin çözümleyici kavramlarına dayanan "dışarıdan" (etik) bakış. Geleneksel aktarımda taşıyıcı, çoğunlukla içeriden biridir: Geleneği yaşayan, ona inanan ve onu kendi kimliğinin parçası olarak gören bir topluluk üyesidir. Dijital göçebe ise tanım gereği dışarıdan biridir; geleneğe hayranlık ve merakla yaklaşır ancak onu yaşamaz, yalnızca temsil eder. Bir dijital göçebe, Gaziantep mutfağındaki bir baklava ustasını ya da Anadolu'daki bir kilim dokuyucusunu kaydedip paylaştığında, geleneksel el sanatları ya da mutfak kültürü gibi bir SOKÜM unsurunun küresel dolaşımına aracılık eden etik bir bakış sunmaktadır.

Halk biliminin temel kavramları, dijital göçebe aracılığıyla işleyen aktarımı çözümlemekte oldukça elverişlidir. Boratav (1984) ve Örnek'in (2000) vurguladığı üzere folklor; bir halkın yaşayışını, dünya görüşünü ve estetik dünyasını yansıtan ürünlerin bütünüdür ve yeniden biçimlenen, çok varyantlı ve canlı bir süreçtir. Dijital göçebe de bir yöresel yemeği, bir el sanatını, bir misafirperverlik âdetini kendi görsel diliyle, anlatı kalıplarıyla ve takipçi beklentileriyle çerçeveleyerek aktardığında, o unsurun yeni bir varyantını üretmiş olur. Geleneksel unsurların elektronik kültür ortamında yeniden yaratılması, halk bilimsel açıdan bir yozlaşmadan çok, geleneğin yeni ortama ait koşullara uyarlanarak sürdürülmesidir. Bu çerçevede dijital göçebe, geleneğin küresel dolaşımında yeni varyantlar üreten bir aktarım failidir.

Özdemir (2013), medya ve yeni teknolojilerin somut olmayan kültürel mirasın görünürlüğü açısından hem koruyucu hem de dönüştürücü bir işlev gördüğüne dikkat çekerek her aktarımın, aynı zamanda bir yeniden bağlamlandırma olduğunu ifade eder. Bu yeniden bağlamlandırma, halk bilimsel açıdan dikkatle değerlendirilmesi gereken bir olgudur. Dijital göçebenin sunduğu kültür, çoğu zaman "dışarıdan bir bakış"tır; merakla, hayranlıkla, kimi zaman da yüzeysel bir egzotikleştirmeyle yüklüdür. Bir geleneğin bağlamından koparılıp estetik bir "anlık" olarak sunulması, onu görünür kılarken aynı zamanda anlamından soyutlayabilir. Örneğin, dinî ya da törensel bir işlevi olan bir pratiğin yalnızca "görsel olarak çarpıcı" bir içerik olarak sunulması, o pratiğin topluluk için taşıdığı anlamı silikleştirebilir. Dolayısıyla dijital göçebe aracılığıyla gerçekleşen kültürel aktarım, bir yandan SOKÜM'e önemli bir görünürlük kazandırırken öte yandan onu metalaştırma ve klişeleştirme riski taşır. Yine de bu sürecin yalnızca bir kayıp olarak okunması eksik olur. Geleneğin dinamik doğasını vurgulayan performans kuramı çerçevesinde, her yeni icra bağlamı geleneği yeniden canlandırma potansiyeli taşır (Ersoy, 2004: 4-6). Bir dijital göçebenin paylaşımı sayesinde dünya çapında merak uyandıran bir yöresel yemek ya da bir el sanatı, yerel topluluk içinde de yeniden değer kazanabilir; gençlerin gözünde "geri" sayılan bir pratik, küresel ilginin nesnesi olduğunda yeniden saygınlık kazanabilir. Böylece dijital aktarım, geleneğin sürdürülebilirliğine katkıda bulunabilir.

Bu durumu kavramak için turizm ve halk bilimi kesişiminde geliştirilmiş iki kavram aydınlatıcıdır. Birincisi, MacCannell'ın (1976) "sahnelenmiş sahicilik" kavramıdır: Ziyaretçiye sunulan "gerçek" kültürel deneyim, çoğu zaman özellikle onun için düzenlenmiş, sahnelenmiş bir gösteridir; turist "ön sahne"de sergileneni hakiki sanır, oysa "arka sahne"deki gerçek hayat çoğu zaman erişiminin dışındadır. Dijital göçebenin paylaşımı da benzer bir sahnelenmişlik taşıyabilir; hatta kamera ve takipçi beklentisi, yerel aktörleri kendi geleneklerini "gösterilebilir" biçimde yeniden düzenlemeye yöneltebilir. İkincisi, geleneğin asıl bağlamından koparılıp turistik ya da ticari amaçla yeniden üretilmesini ifade eden folklorizm olgusudur; bir halk dansının sahne için kısaltılması ya da bir yöresel yemeğin "Instagramlık" biçimde sunulması bu olgunun örnekleridir. Bu kavramlar, dijital göçebe aracılığıyla işleyen kültürel aktarımın hiçbir zaman saf ve dolayımsız bir aktarım olmadığını; her zaman bir çerçeveleme, seçme ve yeniden düzenleme içerdiğini hatırlatır. Bu da akıllara performans (icra) kuramını getirmektedir.

Dijital göçebenin kültürel temsilini kavramak için performans kuramı aydınlatıcı bir çerçeve sunar. Bauman'a (1977) göre folklorun anlamı, donmuş bir metinde değil; icracı, izleyici ve bağlamın buluştuğu icra anında, o ana özgü biçimde ortaya çıkar. Dijital göçebenin paylaşımı da tam anlamıyla bir icradır: Bir mekânı, bir yemeği ya da bir zanaatı, takipçi kitlesinin beklentilerini gözeterek çerçeveler, kurgular ve "gösterilmek üzere" düzenler.

Dolayısıyla bu paylaşımlardaki kültür, hiçbir zaman dolayımsız bir gerçeklik değil; her zaman bir icra bağlamında yeniden üretilen, seçilmiş ve sahnelenmiş bir temsildir. Bu, sürecin değerini düşürmez; tersine, onu halk bilimsel anlamda bir icra olayı olarak çözümlenebilir kılar.

Dijital Göçebelerde Türkiye'nin Somut Olmayan Kültürel Mirasının Görünürlüğü

Türkiye, somut olmayan kültürel miras açısından zengin bir repertuvara sahiptir ve bu zenginlik, UNESCO'nun ilgili listelerinde de tescillenmiştir. Meddahlık gibi sözlü anlatı gelenekleri, geleneksel el sanatları, çini ve ebru gibi görsel zanaatlar, ahşap işçiliği, dokumacılık ve özellikle mutfak kültürü, ülkenin yumuşak güç hammaddesini oluşturan başlıca unsurlar olup Türkiye'nin somut olmayan kültürel mirası içerisinde yer almaktadır. Bu unsurların ortak özelliği, hepsinin gündelik yaşamla iç içe geçmiş, icra edildikçe yaşayan, canlı pratikler olmasıdır. Tam da bu canlılık, onları dijital mecrada "gösterilebilir" ve "paylaşılabilir" kılar. Dijital göçebelerin Türkiye paylaşımlarında bu repertuvarın belirli unsurlarının diğerlerinden daha sık ve daha çekici biçimde temsil edildiği gözlemlenebilir. Misafirperverlik ritüelleri, çay ve kahve kültürü, esnaf lokantalarında paylaşılan yemekler ve pazar yerlerinin canlılığı, izleyicide güçlü bir "psikolojik yakınlık" üreten içerikler arasındadır.

Bu eğilimin somut izlerini, Türkiye'yi konu edinen yabancı içerik üreticilerinin paylaşımlarında doğrudan görmek mümkündür. Örneğin, ABD'li gezi içerik üreticisi Drew Binsky, Gaziantep'te çektiği ve esnafın kendisinden ücret almayı reddedişini konu alan videosunda Türk misafirperverliğini öne çıkarmış; içeriği, izleyiciyi Türkiye'yi ziyaret etmeye açıkça çağırarak sonlandırmıştır (URL-1). Benzer biçimde, milyonlarca takipçiye sahip yemek-gezi içerik üreticisi Mark Wiens'in İstanbul sokak lezzetleri ve Kapalıçarşı'da Türk kahvesi üzerine paylaşımları, UNESCO tarafından somut olmayan kültürel miras olarak tescillenen Türk kahvesi kültürünü küresel bir kitleye taşımaktadır (URL-2). Hiçbir resmî göreve sahip olmayan bu içerik üreticileri, misafirperverlik ve mutfak kültürü gibi gündelik miras pratiklerini gönüllü biçimde dolaşıma sokarak tipik birer "gönüllü kültür elçisi" işlevi görmekte ve izleyicide bu kültüre yönelik psikolojik yakınlık ile merak uyandırmaktadır. Öte yandan, Wiens'in National Geographic gibi kurumsal yapımcılarla yürüttüğü iş birlikleri (URL-3), bu gönüllülük ile kurumsal yönlendirme arasındaki sınırın çoğu zaman ne denli geçişken olabileceğini de hatırlatır.

Bu görünürlüğün devlet eliyle de stratejik biçimde örgütlenebildiğine ise "2018 Troya Yılı" iyi bir örnektir: Troya'nın UNESCO Dünya Mirası Listesi'ne alınışının 20. yılında Kültür ve Turizm Bakanlığı, yedi ülkeden içerik üreticisini bölgeye davet etmiş; bu içerik üreticileri yalnızca antik kenti değil, Dalyan köyündeki yöresel-organik kahvaltı gibi gündelik kültür pratiklerini de takipçileriyle paylaşmıştır (Anadolu Ajansı, 2018). Örnek, somut olmayan kültürel mirasın (yöresel mutfak, misafirperverlik) dijital görünürlüğünün kurumsal bir tanıtım stratejisiyle nasıl birleştirilebileceğini göstermektedir. Benzer bir model bölgesel ölçekte de işletilmektedir: Özbekistan, 2021'de Türkiye'den içerik üreticilerini Semerkant ve Buhara gibi merkezlere davet ederek yerel gelenek, mutfak ve gündelik kültürü davetlilerin paylaşımları aracılığıyla dolaşıma sokmuştur (Boykuzieva ve Kadirbeava, 2026: 22-28). Bu tür davetler, influencerın "gönüllü" konumu ile devletin/sektörün yönlendirmesi arasındaki sınırı bulanıklaştıran, ancak kültürel görünürlüğü hızla artıran melez bir kültürel diplomasi pratiğidir.

Bu davet temelli tekil örneklerin ötesinde, Türkiye son dönemde dijital göçebeleri kalıcı bir programla ülkeye çekmeye de yönelmiştir. GoTürkiye platformu üzerinden yürütülen Dijital Göçebe Vizesi uygulaması, uygun nitelikteki dijital göçebelere "Dijital Göçebe Tespit Belgesi" ve buna bağlı ikamet imkânı sunarken; İstanbul, İzmir, Dalaman ve Marmaris gibi kentleri "keşfet & çalış" çerçevesinde tanıtmaktadır (URL-4) Bu tür bir kolaylaştırma, somut olmayan kültürel mirasın görünürlüğü açısından dolaylı ama güçlü bir etki taşır: Dijital göçebenin ülkede kalış süresini uzatarak onun gündelik hayatın içine daha derin biçimde girmesini sağlar. Bu da, en yoğun psikolojik yakınlık üreten gündelik miras pratiklerinin paylaşımlara konu olma olasılığını artırır. Böylece devlet, tekil davetlerin ötesinde, kültürel temas yüzeyini sistematik biçimde genişleten bir aktör konumuna geçmektedir.

Öte yandan, bu görünürlük seçicidir ve dikkatle değerlendirilmelidir. Dijital göçebelerin ilgisi, çoğunlukla görsel olarak çarpıcı, kolayca tüketilebilir ve "egzotik" bulunan unsurlara yönelir; daha karmaşık, daha az gösterişli ya da anlaşılması bağlam bilgisi gerektiren miras unsurları ise dijital dolaşımda görece geri planda kalır. Bu durum, bir ülkenin kültürel imajının belirli klişeler etrafında sabitlenmesi riskini doğurur. Halk bilimsel açıdan kritik soru şudur: Dijital dolaşım, Türkiye'nin somut olmayan kültürel mirasının zenginliğini bütünlüğüyle mi temsil etmektedir, yoksa onu birkaç çekici

imgeye mi indirgemektedir? Bu sorunun yanıtı, dijital kültürel diplomasinin yalnızca niceliğine değil, niteliğine ve temsil çeşitliliğine de dikkat etmeyi gerektirir.

Dijital Göçebelerin Paylaşımlarının Halk Bilimsel İşlevleri

Dijital göçebe paylaşımlarının ne işe yaradığını anlamak için halk biliminin işlevsel kuramı verimli bir çıkış noktası sunar. Bascom (1954) folklorun dört temel işlevini sıralar: hoşça vakit geçirme ve gerçeklikten kaçış, kültürel değerleri ve kurumları onaylama, eğitim ve toplumsal denetim; Başgöz (1996) bu dörde beşinci bir işlev, protestoyu eklemiştir. Ne var ki bu işlevler başlangıçta folklorun kendi topluluğu içindeki dolaşımı için kuramlaştırılmıştır; oysa dijital göçebe paylaşımında folklor, ait olduğu grubun sınırını aşarak yabancı bir izleyiciye ulaşır. Bu sınır aşımı, söz konusu işlevlerin tek bir yöne değil en az üç ayrı yöne doğru işlediğini gösterir.

Birinci yön, alıcı konumundaki küresel izleyiciye dönüktür ve eğitim, kaçış ile protesto işlevlerini aynı anda devreye sokar. Bir dijital göçebenin Türk kahvesinin hazırlanışını ya da bir bayram âdetini paylaşması izleyiciye o kültür hakkında enformel bir eğitim sunarken, gündelik hayattan estetik bir haz ve kaçış imkânı da verir. Bu etkinin en güçlü olduğu içerik anıtsal klişeler değil; bir pazarda alışveriş, bir ev sofrası ya da bir ustanın elinin işleyişi gibi gündelik sahnelerdir. Çünkü bir toplumu "yakın" ve "anlaşılır" kılan, onun anıtları değil gündelik yaşam dokusudur: mutfağı, misafirperverlik ritüelleri, el emeği, sözlü gelenekleri; yani tam da somut olmayan kültürel mirasın alanı (UNESCO, 2003; Oğuz, 2009). Bu nedenle en güçlü psikolojik yakınlığı üreten paylaşımların aynı zamanda en yoğun SOKÜM içeriği taşıması tesadüf değildir. Bu yakınlığın uyandırdığı merak ise eyleme dönüşme eşiğidir: bir destinasyonu ziyaret etme niyetine ya da bir geleneği tanıma arzusuna dönüşebilir. Echtner ve Ritchie'nin (2003) destinasyon imajı modeli açısından gündelik yaşam içerikleri, imajın özellikle psikolojik ve benzersizlik boyutlarını besler; çünkü her ülkenin anıtları benzeşebilir, ama gündelik dokusu ona özgüdür. Başgöz'ün (1996) protesto işlevi de burada somutlaşır: bir ülkeye dair yerleşik olumsuz klişeler çoğu zaman gündelik insani dokuyla temas eksikliğinden beslenir; paylaşılan samimi sahneler bu klişelerle çelişerek bilişsel bir yeniden değerlendirmeyi tetikler. "Burayı hiç böyle düşünmemiştim" türünden yorumlar bu işlevin gözlemlenebilir izleridir. Yumuşak güç açısından bu belki de en değerli etkidir, çünkü cazibe çoğu zaman mevcut bir çekimi güçlendirmekten çok mevcut bir direnci çözmekle başlar.

İkinci yön, dijital göçebenin kendi takipçi topluluğuna dönüktür. Dundes'in (1980) "en az bir ortak etmeni paylaşan herhangi bir grup" biçimindeki kapsayıcı halk tanımı uyarınca bir içerik üreticisinin takipçileri kendi içinde bir halk grubudur; ortak beğeni kalıpları, paylaşılan göndermeler ve kendine özgü etkileşim gelenekleriyle tanımlanır. Bu grup için işlev büyük ölçüde toplumsal denetim ve aidiyettir: hangi destinasyonların "görülmeye değer", hangi deneyimlerin "otantik" sayılacağına dair ortak ölçütleri pekiştirir, grubun kimliğini besler. Neyin otantik sayılacağına karar veren bu mekanizma, aşağıda değinilecek sahicilik sorununun da çekirdeğidir.

Üçüncü yön, mirası taşıyan kaynak topluluğa dönüktür. Dışarıdan bir tanığın ilgisi bir geleneğe yönelik dışsal bir onaylama işlevi görebilir; küresel ilginin nesnesi hâline gelen bir yöresel yemek ya da zanaat yerel toplulukta yeniden değer kazanabilir. Bu bir canlandırma potansiyeli taşır; ancak aynı süreç geleneği topluluk için taşıdığı anlamdan koparıp ekonomik bir metaya indirgeme riskini de barındırır.

Bu olumlu tabloyu dengelemek için sürecin sınırlarını da belirtmek gerekir. Her şeyden önce gönüllü elçiliğin temelindeki sahicilik kırılgandır: influencer pazarlamasının yaygınlaşması, izleyicinin "bu içerik gerçekten kişisel mi, yoksa ödenmiş mi?" sorusunu sıklaştırır ve algılanan sahiciliğin kaybı tüm yapının dayandığı güveni aşındırır. İkincisi, dijital göçebe ziyaret ettiği kültürün bir mensubu değildir; onu çoğu zaman yüzeysel bir kavrayışla sunar ve bu, egzotikleştirme ile kültürel unsurların bağlamından koparılması riskini doğurur. Üçüncüsü, devletin bu aktörler üzerindeki sınırlı denetimi olumlu içeriğin sahiciliğini artırırken, olumsuz ya da saygısız içeriğin de aynı hızla yayılmasına engel olamaz; dijital kültürel diplomasi yönetilebilir bir kampanya değil, ancak yönlendirilebilecek bir etkileşim ekosistemidir.

Bu riskler Kirshenblatt-Gimblett'in (1998) kavramlarıyla daha derin bir zemine oturur. Ona göre miras geçmişten olduğu gibi devralınan bir nesne değil, sergileme ve dolaşıma sokma edimleriyle bugün de üretilen bir biçimdir; turizm "dünyayı kendi müzesi gibi sahneler". Dijital göçebe paylaşımı da böyle bir gösterme edimidir: bir geleneği görünür kılarken onu izleyici için yeniden üretir ve çerçeveler.

Kirshenblatt-Gimblett'in (2004) "üst-kültürel üretim" kavramı bunu somut olmayan kültürel mirasa taşır; bir unsurun "miras" olarak işaretlenip dolaşıma sokulması, onun üzerine yeni bir anlam katmanı bindirir. Dolayısıyla dışsal onaylama tarafsız bir ayna değildir; dijital dolaşım mirası yalnızca yansıtmaz, onu üretir ve dönüştürür.

Görüldüğü gibi aynı paylaşım farklı halk grupları için aynı anda farklı işlevler yerine getirir: alıcı izleyiciyi eğitirken üreticinin topluluğunu pekiştirebilir ve kaynak topluluğun geleneğini yeniden değerli kılabilir. Dijital kültürel diplomasiyi halk bilimsel açıdan ayırt edici kılan da bu çok yönlülüktür. Ancak tüm bu süreç bir "sahicilik ekonomisi" içinde işler: en değerli para birimi algılanan içtenliktir ve bu kolayca enflasyona uğrar. Bir kurum dijital göçebeleri ne kadar açıktan yönlendirmeye çalışırsa içeriğin algılanan sahiciliği o kadar azalır. Dijital kültürel diplomasinin temel açmazı da budur: etki, ancak doğrudan kontrol edilmediği ölçüde güçlüdür.

Uygulamalı Halk Bilim Çerçevesi ve Türkiye İçin Çıkarımlar

Oğuz'un (2013) belirttiği gibi uygulamalı halk bilim, geleneği yalnızca derleyip çözümlemekle kalmaz; onun korunması, sürdürülmesi ve kamusal yarara dönüştürülmesi süreçlerine de katılır. Somut olmayan kültürel mirasın dijital dolaşımı, böyle bir kamusal dönüşüm alanıdır ve bu nedenle halk bilimsel bir sorumluluk doğurur.

Bu çerçevenin ilk ilkesi, 2003 Sözleşmesi'nin de merkezine yerleştirdiği topluluk katılımıdır: Miras, onu taşıyan toplulukla birlikte ve onun rızasıyla korunmalıdır (UNESCO, 2003). Oysa dijital dolaşımda bu ilke çoğu zaman göz ardı edilir; bir geleneği paylaşan dijital göçebe ile onu küresel kitleye sunan platform arasındaki süreçte, mirası asıl taşıyan topluluk sessiz kalabilir. Halk bilimsel bir yaklaşım, bu topluluğu sürecin dışına itmek yerine ona söz hakkı tanımayı; temsil edilen değil, temsil eden bir konuma taşımayı gerektirir.

İkinci ilke, geleneği "dondurma" tehlikesine karşı uyanık olmaktır. Koruma, bir geleneği değişmez bir vitrin nesnesine çevirmek değil; onun canlı, değişen ve yeniden yaratılan doğasını sürdürmektir. Dijital görünürlük, bir unsuru belirli ve "Instagramlık" bir biçimde sabitleyerek dinamizmini kısıtlayabilir. Uygulamalı halk bilim, görünürlük ile canlılık arasındaki bu dengeyi gözetir; mirasın hem dolaşıma girmesini hem de kendi bağlamında yaşamayı sürdürmesini birlikte ister.

Bu ilkeleri gözeten kolaylaştırıcı modellere uluslararası bir örnek, Madeira'nın Ponta do Sol kasabasında 2021'de kurulan ve dünyanın ilki sayılan "Dijital Göçebe Köyü"dür; proje, bölgesel hükümet ve yerel kuruluşların iş birliğiyle dijital göçebeleri yerel topluluğun ve ekonominin dokusuna entegre etmeyi açıkça hedeflemektedir. Halk bilimsel açıdan bu, dijital göçebe ile yerel kültür arasındaki teması rastlantıya bırakmayıp kamusal yarar gözeterek düzenleyen, yani uygulamalı halk bilim mantığıyla işleyen bir modeldir.

Türkiye açısından bu durum, hem önemli bir fırsat hem de dikkatli bir yaklaşım gerektiren bir alan anlamına gelir. Ülkenin zengin somut olmayan kültürel miras repertuvarı, dijital göçebelerin doğal olarak ilgisini çeken, görsel ve deneyimsel açıdan son derece üretken bir hammadde sunmaktadır. Bu hammaddenin dijital dolaşımı, çoğu zaman herhangi bir resmî teşvik olmaksızın kendiliğinden gerçekleşmektedir. Devletin ve kültür kurumlarının rolü, bu kendiliğinden akışı yönlendirmeye çalışmaktan çok, kolaylaştırmak ve zenginleştirmek olmalıdır.

Bu çerçevede somut öneriler, birer koruma ilkesi olarak şöyle sıralanabilir: Birincisi, dijital göçebelerin Türkiye'de daha uzun süre kalmasını ve gündelik hayatın içine daha derin biçimde girmesini sağlayacak idari kolaylıkların geliştirilmesi, sahiciliği zedelemeden temas yüzeyini artırır. İkincisi, somut olmayan kültürel mirasın yalnızca birkaç popüler unsuruna değil, sözlü geleneklerden zanaatlara, yöresel mutfaklardan törensel pratiklere kadar repertuvarın bütününe erişimi destekleyen rehberlik ve belgeleme altyapılarının kurulması, temsil çeşitliliğini güçlendirir. Üçüncüsü ve en önemlisi, bu sürecin halk bilimsel bir duyarlılıkla izlenmesi; egzotikleştirme ve bağlam yitimi gibi risklerin farkında olunması ve mirası taşıyan yerel toplulukların bu dolaşımdan dışlanmaması gerekir.

Bu çerçevede halk bilimciye düşen rol de yeniden tanımlanır: O, yalnızca geleneği inceleyen bir gözlemci değil; aktarımın doğruluğunu, temsil çeşitliliğini ve mirası taşıyan toplulukların haklarını gözeten bir aracı ve savunucudur. Böylece dijital göçebe aracılığıyla işleyen kültürel aktarım, Türkiye'nin yumuşak gücüne kayda değer bir katkı sunarken aynı zamanda geleneğin geleceğini güvence altına alan bir uygulamalı halk bilim pratiğine dönüşebilir.

Ancak bu katkının sürdürülebilir ve gerçek anlamda değerli olabilmesi, sürecin kısa vadeli bir tanıtım kampanyası olarak değil; geleneğin geleceğini, yerel toplulukların haklarını ve kültürel temsilin doğruluğunu gözeten, uzun vadeli ve duyarlı bir kültür politikası olarak ele alınmasına bağlıdır.

SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışma, dijital göçebelerin ve yüksek takipçili influencerların sosyal medya paylaşımlarını, dijital kültürel diplomasi ve halk bilimsel açıdan kavramsal bir çerçevede ele almıştır. Yürütülen kuramsal tartışma, üç temel sonuca işaret etmektedir. İlk olarak, dijital çağda kültürel temsilin faili çoğullaşmış; bir ülkenin imajını inşa etme gücü, resmî kurumların tekelinden çıkarak büyük ölçüde gönüllü ve denetimsiz aktörlere dağılmıştır. İkinci olarak, bu aktörlerin etkisinin kaynağı, parasosyal etkileşim ve algılanan sahicilik üzerine kuruludur; bu nedenle samimi ve deneyim odaklı içerik, resmî tanıtımdan daha yüksek bir güven potansiyeli taşır.

Dijital göçebelerin paylaşımları aracılığıyla küresel dolaşıma giren somut olmayan kültürel miras, kamusal dönüşümün bir öznesidir. Dolayısıyla bu sürecin halk bilimciler tarafından sahiplenilmesi; aktarımın doğruluğunun, temsil çeşitliliğinin ve mirası taşıyan toplulukların haklarının gözetilmesi gerekir. Böylece dijital kültürel diplomasi, hem ulusal yumuşak güce katkı sunan bir araç hem de geleneğin geleceğini güvence altına alan bir uygulamalı halk bilim pratiği olarak değerlendirilebilir.

Bu sonuçlar ışığında çalışmanın merkezî önerisi, dijital kültürel diplomasinin bir uygulamalı halk bilim meselesi olarak ele alınmasıdır. Bu yaklaşım üç ilkeye dayanır: Mirası taşıyan topluluğun sürecin dışına itilmeyip ona söz hakkı tanınması; geleneğin "dondurulmadan", canlı ve değişken doğasıyla sürdürülmesi; ve halk bilimcinin yalnızca gözlemci değil, aktarımın doğruluğunu ve temsil çeşitliliğini gözeten bir aracı-savunucu olarak konumlanması. Türkiye açısından bu, devletin dijital göçebeyi denetlenecek bir özne olarak değil, kültürel temas yüzeyi genişletilecek bir aktör olarak gören kolaylaştırıcı modeller geliştirmesi anlamına gelir: GoTürkiye Dijital Göçebe Vizesi gibi idari kolaylıklar ve Madeira örneğindeki gibi topluluk temelli entegrasyon yapıları, repertuvarın bütününe erişimi destekleyen rehberlik altyapılarıyla birleştirildiğinde; süreç hem ulusal yumuşak güce katkı sunan hem de geleneğin geleceğini güvence altına alan bir uygulamalı halk bilim pratiğine dönüşebilir.

Önerilen doku–metin–bağlam çözümleme çerçevesinin farklı coğrafyalardan gelen dijital göçebelerin Türkiye paylaşımları üzerinde ampirik olarak işletilmesi, takipçi yorumlarının söylem çözümlemesiyle incelenmesi ve farklı somut olmayan kültürel miras unsurlarının dijital dolaşımdaki temsil biçimlerinin karşılaştırılması, halk bilimi ile uluslararası ilişkilerin kesişiminde duran bu yeni alanı zenginleştirecektir.

REFERENCES

Abidin, C. (2018). *Internet celebrity: Understanding fame online*. Bingley: Emerald Publishing.

Anholt, S. (2007). *Competitive identity: The new brand management for nations, cities and regions*. Basingstoke: Palgrave Macmillan.

Appadurai, A. (1996). *Modernity at large: Cultural dimensions of globalization*. Minneapolis: University of Minnesota Press.

Bauman, Z. (2000). *Liquid modernity*. Cambridge: Polity Press.

Boratav, P. N. (1984). *100 soruda Türk folkloru*. İstanbul: Gerçek Yayınevi.

Boykuzieva, G. A., & Kadirbaeva, A. A. (2026). Innovative approaches to managing marketing strategies in tourism companies: An analysis of Uzbekistan and international experience. *Global Economic Review: Journal of Economics, Policy, and Business Development*, *2*(1).

Castells, M. (2010). *The rise of the network society* (2. baskı). Oxford: Wiley-Blackwell.

Cull, N. J. (2008). Public diplomacy: Taxonomies and histories. *The Annals of the American Academy of Political and Social Science*, *616*(1), 31–54.

Cumhurbaşkanlığı İletişim Başkanlığı. (2022). *Türkiye'nin yumuşak güç enstrümanı olarak kültürel diplomasi ve iletişim* (1. baskı). İstanbul: Cumhurbaşkanlığı İletişim Başkanlığı Yayınları.

Çakır, M. (2015). *İnternette gösteri ve gözetim*. Ankara: Ütopya Yayınları.

Dundes, A. (1964). Texture, text, and context. *Southern Folklore Quarterly*, *28*, 251–265.

Durmuş, B. T. (2022). Kitlesel öz-iletişim sistemi bağlamında, üretici-tüketici YouTuberlar üzerine bir değerlendirme. *Ankara Üniversitesi İLEF Dergisi*, *9*(2), 312–343. https://doi.org/10.24955/ilef.1209220

Echtner, C. M., & Ritchie, J. R. B. (2003). The meaning and measurement of destination image. *The Journal of Tourism Studies*, *14*(1), 37–48.

Ersoy, R. (2004). "Performans teori" bağlamında sözlü kültür ürünlerinin müzelenmesi sorunu üzerine bazı görüş ve düşünceler. Çukurova Üniversitesi Türkoloji Araştırmaları Merkezi.

Gallarotti, G., & Al Filali, I. Y. (2014). The soft power of Saudi Arabia. *International Studies*, *49*(3–4).

Hannonen, O. (2020). In search of a digital nomad: Defining the phenomenon. *Information Technology & Tourism*, *22*(3), 335–353.

Horton, D., & Wohl, R. R. (1956). Mass communication and para-social interaction: Observations on intimacy at a distance. *Psychiatry*, *19*(3), 215–229.

Hymes, D. (1974). *Foundations in sociolinguistics: An ethnography of communication*. Philadelphia: University of Pennsylvania Press.

Kirshenblatt-Gimblett, B. (1998). *Destination culture: Tourism, museums, and heritage*. Berkeley: University of California Press.

Kirshenblatt-Gimblett, B. (2004). Intangible heritage as metacultural production. *Museum International*, *56*(1–2), 52–65.

Krippendorff, K. (2004). *Content analysis: An introduction to its methodology* (2. baskı). Thousand Oaks: Sage.

MacCannell, D. (1976). *The tourist: A new theory of the leisure class*. New York: Schocken Books.

Makimoto, T., & Manners, D. (1997). *Digital nomad*. Chichester: Wiley.

Mark, S. (2009). Greater role on cultural diplomacy. *Discussion Papers in Diplomacy*. Netherlands Institute of International Relations 'Clingendael'.

Mercan, B. A., & Aytaç, A. M. (2024). Sahicilik ve teknoloji siyaseti kıskacında: Bir kaynak olarak insan. *FLSF Felsefe ve Sosyal Bilimler Dergisi*, *39*, 317–345. https://doi.org/10.53844/flsf.1534881

Nye, J. S. (2004). *Soft power: The means to success in world politics*. New York: PublicAffairs.

Nye, J. S. (2005). *Yumuşak güç*. Ankara: Elips Kitap.

Oğuz, M. Ö. (2009). *Somut olmayan kültürel miras nedir?* Ankara: Geleneksel Yayıncılık.

Örnek, S. V. (2000). *Türk halkbilimi*. Ankara: Kültür Bakanlığı Yayınları.

Özdemir, N. (2013). SOKÜM, medya ve yeni teknolojiler. Ö. Oğuz vd. (Ed.), *Somut olmayan kültürel mirasın geleceği: Türkiye deneyimi* içinde (s. 51–63). Ankara: Grafiker.

Şahin Sarı, A. (t.y.). *Instagram kullanıcılarının dijital kişilik yapıları tespiti üzerine şema modeli perspektifinden bir envanter geliştirilmesi* [Yayımlanmamış doktora tezi]. Marmara Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü.

UNESCO. (2003). *Somut olmayan kültürel mirasın korunması sözleşmesi*. Paris: UNESCO.

ORTAK MİRASTA BULUŞMAK: NEVRUZ VE DEDE KORKUT DOSYALARININ TÜRK DÜNYASI DİPLOMASİSİNDEKİ ROLÜ

MEETING IN A SHARED HERITAGE: THE ROLE OF NOWRUZ AND DEDE KORKUT NOMINATIONS IN THE CULTURAL DIPLOMACY OF THE TURKIC WORLD

Dr. Hikmet EREN
Girne Amerikan Üniversitesi, Rectorate, Karaoğlanoğlu, Kuzey Kıbrıs Türk Cumhuriyeti,
ORCID: 0009-0004-9297-8002,

Lecturer Zülal SÖĞÜT
Eskişehir Osmangazi University, Turkish Language Teaching, Application & Research Center, Eskişehir, Türkiye,
ORCID: 0000-0001-5998-6909,

Abstract
Cultural diplomacy stands as one of the most strategic tools of soft power, strengthening the bonds forged by states and societies within international relations. Following the dissolution of the Soviet Union, the relations between the newly independent Turkic Republics and the Republic of Turkey have expanded not only on political and economic foundations but also on the ground of a deeply rooted shared cultural heritage. In this process, the UNESCO Intangible Cultural Heritage (ICH) lists have transformed into diplomatic showcases that exhibit the cultural integration of the Turkic world within an international framework of legitimacy. The aim of this study is to examine the function of multi-national (joint) nominations in the cultural diplomacy of the Turkic world through the lenses of "Nowruz" and "Heritage of Dede Korkut/Korkut Ata", which represent the two most tangible and prominent examples of this collaboration. Utilizing document analysis, a qualitative research method, the study will analyze the application texts, justification reports, and official discourses of both cultural elements within the UNESCO ICH archives. The analysis will focus on the hypothesis that the transformation of these heritage elements—initially presented at local or national levels—into multi-national nominations over time has reinforced bilateral and multilateral diplomatic relations among Turkic states. It will demonstrate how the unifying seasonal cycle of Nowruz and the shared narrative universe of Dede Korkut are functionalized to generate a discourse of "partnership" and "kinship" that transcends modern borders. Ultimately, this study aims to illustrate that cultural heritage is not merely about preserving the past, but is a dynamic instrument constructing future institutional and diplomatic cooperation practices within the Turkic world.
Keywords: Cultural Diplomacy, Turkic World, UNESCO, Nowruz, Dede Korkut.

Özet
Kültürel diplomasi, uluslararası ilişkilerde devletlerin birbirleriyle ve toplumların birbirleriyle kurduğu bağları güçlendiren, yumuşak gücün en stratejik araçlarından biridir. Sovyetler Birliği'nin dağılmasının ardından bağımsızlığına kavuşan Türk Cumhuriyetleri ile Türkiye Cumhuriyeti arasındaki ilişkiler, yalnızca siyasi ve ekonomik temeller üzerinde değil, köklü bir ortak kültürel miras zemininde yükselmiştir. Bu süreçte UNESCO Somut Olmayan Kültürel Miras (SOKÜM) listeleri, Türk dünyasının kültürel entegrasyonunu uluslararası meşruiyet zemininde sergileyen diplomatik birer vitrin haline gelmiştir. Bu çalışmanın amacı, Türk dünyası kültür diplomasisinde çok uluslu (ortak) dosyaların üstlendiği işlevi, bu iş birliğinin en somut ve bilinen iki örneği olan "Nevruz" ve "Dede Korkut/Korkut Ata" dosyaları üzerinden incelemektir. Çalışmada, her iki kültürel unsurun UNESCO SOKÜM listelerindeki başvuru metinleri, gerekçe raporları ve resmi söylemleri nitel araştırma yöntemlerinden doküman analizi tekniğiyle taranacaktır. İnceleme sonucunda; başlangıçta yerel veya ulusal ölçekte sunulan bu mirasların, zaman içinde çok uluslu dosyalara dönüştürülme süreçlerinin Türk devletleri arasındaki ikili ve çok taraflı diplomatik ilişkileri pekiştirdiği hipotezi üzerinde durulacaktır. Nevruz'un birleştirici mevsimsel döngüsü ile Dede Korkut'un ortak anlatı dünyasının, sınırları aşan bir "ortaklık" ve "akrabalık" söylemi üretmek için nasıl işlevselleştirildiği ortaya konacaktır.

Sonuç olarak çalışma, kültürel mirasın yalnızca geçmişin korunmasıyla ilgili olmadığını, aynı zamanda Türk dünyasının geleceğe yönelik kurumsal ve diplomatik iş birliği pratiklerini inşa eden dinamik bir enstrüman olduğunu göstermeyi hedeflemektedir.
Anahtar kelimeler: Kültür Diplomasisi, Türk Dünyası, UNESCO, Nevruz, Dede Korkut.

GENDERED CYBER INSECURITIES: RISK PERCEPTION, PROTECTIVE BEHAVIORS, AND VICTIMIZATION IN DIGITAL ENVIRONMENTS

CİNSİYETE DAYALI SİBER GÜVENSİZLİKLER: DİJİTAL ORTAMLARDA RİSK ALGISI, KORUYUCU DAVRANIŞLAR VE MAĞDURİYET

Dr. Merve Reyhan CEYLAN
Ibn Haldun Üniversitesi, İnsan ve Toplum Bilimleri Fakültesi, Sosyoloji, İstanbul, Türkiye
ORCID ID: 0000-0003-2935-2723

ABSTRACT

Growing reliance on digital infrastructures has intensified exposure to cyber threats, yet such risks are not evenly distributed across social groups. Drawing on feminist criminology and digital safety scholarship, this study examines gendered patterns of cyber (in)security in Türkiye by focusing on four dimensions: (1) cyber risk perception, (2) protective behaviors ("cyber hygiene"), (3) cyber-technical literacy, and (4) cyber victimization. The analysis distinguishes harassment-based harms (e.g., cyberbullying, leaking, stalking) from financially motivated attacks (e.g., phishing, ransomware, fraud), in line with research documenting gendered threat landscapes online.

Data were collected via an online survey (N=387) administered to adult internet users in Türkiye. Key measures included a cyber risk perception index (endişe_), protective behavior index (onlem_), cyber-technical literacy index (bilgi_*), and a victimization score (scvic). Independent-samples t-tests and MANOVA were applied to assess gender effects. Results revealed significant multivariate differences (Wilks' Λ=.916, p<.001). Univariate tests indicated that women scored higher on risk perception (p=.030) and slightly higher on protective behaviors, while men reported higher cyber-technical literacy (p=.061, marginal) and significantly higher victimization (p=.018). These asymmetries illustrate how gendered socialization and differential threat exposure shape online safety practices. Findings demonstrate that cyber insecurities are not merely technical phenomena but are embedded in broader socio-cultural structures. The study contributes to digital criminology by contextualizing cyber risks within Türkiye's gender regime and highlights policy implications for gender-responsive digital literacy, cybersecurity training, and online harassment prevention.

Keywords: Gender, cybercrime, victimization.

THE RIGHT TO ADEQUATE HOUSING: AN APPROACH TO THE REGULATORY FRAMEWORK AND ITS IMPLEMENTATION

YETERLİ KONUT HAKKI: NORMATİF ÇERÇEVE VE UYGULAMAYA DAİR BİR YAKLAŞIM

Dr. Öğr. Üyesi Cansu Büşra Ölmez
Selçuk Üniversitesi Hukuk Fakültesi
ORCID: 0000-0003-3998-3692

Abstract
Housing is an indispensable element in ensuring a life befitting human dignity. Whilst the recognition of housing as a fundamental human need has a long history, its articulation as a human right is a recent development. Indeed, the concept of housing has undergone significant evolution over the last century, transforming from a humanitarian concern into a legally recognised right within the framework of international human rights. This right, which is enshrined in international law as the 'right to adequate housing', does not merely refer to a physical space consisting of four walls and a roof; it also implies the right to live in a dwelling that encompasses the elements necessary for human dignity, well-being and health. The right to housing is classified as a social and economic right. By their very nature, social and economic rights require positive action on the part of the state. In other words, these rights can only be realised if the state fulfils certain obligations. In this sense, it is of the utmost importance that the state fulfils its obligations in the face of challenges brought about by the global era—such as homelessness, inadequate housing conditions and forced displacement—which disproportionately affect vulnerable groups. This situation is also a requirement of the principle of the welfare state. However, there is a limit to the state's ability to fulfil these obligations: the adequacy of financial resources. This study aims to examine the right to housing primarily from an international law perspective, and subsequently to determine the normative framework of the right to housing in Türkiye and address issues relating to its implementation.
Keywords: The Right to Housing, the Welfare State, Human Dignity, the State's Obligations, Adequacy of Financial Resources

Özet
Konut, insan onuruna yakışan bir yaşamın sağlanmasında vazgeçilmez bir niteliği haizdir. Konut kavramının insani bir ihtiyaç olma gerekliliğinin kabulü uzun bir geçmişe dayanmakla birlikte bir insan hakkı olarak ifade edilmesi yeni bir gelişmedir. Nitekim konut kavramı, son yüzyılda önemli ölçüde evrim geçirerek insani bir kaygıdan uluslararası insan hakları kapsamında yasal olarak tanınan bir hakka dönüşmüştür. Yeterli konut hakkı biçiminde uluslararası hukukta karşılığını bulan bu hak sadece içinde yaşanılan dört duvar ve bir çatıdan oluşan fiziki bir alan ı kastetmemekte aynı zamanda insan onuru, refahı, sağlığı için gerekli öğeleri barındıran bir konutta yaşamı sürdürme anlamına gelmektedir. Konut hakkı, sosyal ve ekonomik haklar kapsamında kategorize edilmektedir. Sosyal ve ekonomik haklar niteliği gereği devletin olumlu bir edimini gerektirir. Başka bir deyişle bu haklar devletin bazı yükümlülüklerini yerine getirmesi ile gerçekleşebilir. Bu anlamda küresel çağın getirdiği evsizlik, yetersiz konut koşulları ve zorunlu yer değiştirmeler gibi, özellikle savunmasız grupları orantısız bir şekilde etkileyen zorluklar karşısında devletin yükümlülüklerini yerine getirmesi oldukça önemlidir. Bu durum aynı zamanda sosyal devlet ilkesinin bir gereğidir. Bununla birlikte devletin bu yükümlülükleri yerine getirmesinin bir sınırı vardır: mali kaynakların yeterliliği. Bu çalışma konut hakkını öncelikle uluslararası hukuk perspektifinden ele almakta sonrasında Türkiye'de konut hakkının normatif çerçevesini belirlemeyi ve uygulamaya ilişkin bazı hususları ele almayı amaçlamaktadır.
Anahtar kelimeler: Konut Hakkı, Sosyal Devlet, İnsan Onuru, Devletin Yükümlülükleri, Mali Kaynakların Yeterliliği

Introduction

The right to housing refers to the provision of housing that meets the need for shelter, is compatible with human dignity, safe, equipped with infrastructure services, suitable for health conditions, and accessible to all. The right of individuals to live in safe and decent housing is a central component of both social and individual rights, as it is a necessary element for leading a life of dignity (Taylor, Loubière&Auquie, 2020).

The right to housing falls within the category of social rights in the classification of human rights. Social rights are those aimed at ensuring social justice, reducing social inequalities, and protecting the economically vulnerable within society (Özbudun, 2024).

The right to housing is guaranteed by international and regional treaties and declarations. These provisions recognise that states have an obligation to realise the right to housing by ensuring access to housing for all. This is because, in developed states, one of the most fundamental elements of human development is that citizens have adequate housing (Kösedağ, 2023). The right to housing is a costly right. In this regard, the state's obligation must be interpreted as ensuring access to housing rather than making everyone a homeowner. States may fulfil their obligations regarding the right to housing to the extent of their available financial resources. However, this limitation cannot be used as an excuse for failing to ensure the right to adequate housing. In this context, the state must take facilitative measures such as providing low-cost loans to enable citizens to become homeowners, constructing social housing, and supporting those wishing to build homes.

I. The Right to Adequate Housing from an International Law Perspective

A. Normative Framework

The right to housing has been enshrined as a fundamental human right at both national and supranational levels. When examining supranational regulations concerning the right to housing, it is evident that within the United Nations framework, the right to housing was enshrined in the 1948 Universal Declaration of Human Rights as part of the catalogue of social rights. The right to housing, as set out in Article 25 of the Declaration, has been recognised as a universal human right. In the Declaration, the right to housing is addressed within the context of a minimum standard of living, alongside certain rights that ensure health and well-being for individuals. In this context, the right to housing has been adopted as one of the fundamental social rights following the rights to food and clothing[4] . Following the Declaration, the right to housing was enshrined in Article 11 of the 1966 UN International Covenant on Economic, Social and Cultural Rights. This provision imposes an obligation on State Parties to 'realise' this right. According to this provision, *"States Parties to the Covenant shall ensure to everyone the opportunity to enjoy an adequate standard of living for themselves and their families. This standard includes adequate food, clothing, housing and the continuous improvement of living conditions. The States Parties shall take appropriate measures to ensure the realisation of this right, recognising that international cooperation based on their free will is fundamental*." (Terminski, 2011).

The UN Committee on Economic, Social and Cultural Rights acknowledges that the right to housing must not be interpreted in a restrictive manner. In this context, the Committee's most notable interpretation of the right to housing is that housing must not be reduced to merely a place that satisfies a person's need for shelter. What is meant by the right to housing is not merely the material possession of a dwelling, but also the ability to live in an environment that is dignified, safe and peaceful. The Committee bases this interpretation of the right to housing on two grounds. The first is that the right to adequate housing is closely linked to other human rights and the fundamental principles underpinning the Covenant. The second is that the value or dignity of the human being, which constitutes the source of the rights in the Covenant, aligns with the acquisition of adequate housing. For both these reasons, the right to adequate housing must be established for everyone in society, regardless of income level or access to economic resources.

The term 'adequate housing' has been defined by the Committee with reference to the Global Housing Strategy developed by the United Nations Commission on Human Settlements for the year 2000. According to this definition, adequate housing means housing that provides sufficient privacy, security, lighting, ventilation, facilities for work and basic activities, and is affordable. According to the Committee, although adequacy is shaped by social, economic, cultural, geographical and similar conditions, it is possible to define the scope of the right to adequate housing within certain criteria (General Comment No. 4, para. 8) . In this context, the Committee lists seven criteria that form the basis of adequate housing in its General Comment No. 4: legal security of tenure, availability of services, accessibility, habitability, location, cultural adequacy and affordability (UNHabitat; Uyar, 2006).

The criterion of *legal security of tenure*, as an element of the right to adequate housing, implies the effective protection of all individuals and groups against forced eviction, harassment or other threats.

The criterion of *'availability of services, materials, facilities and infrastructure'* is based on the housing having the infrastructure, facilities, materials and services necessary to meet basic physical needs. It also states that those benefiting from the right to adequate housing must have "sustainable access to natural and shared resources, safe drinking water, energy for cooking, heating and lighting, sanitation and hygiene facilities, food storage facilities, waste collection systems, wastewater and solid waste management systems, and emergency services" (General Comment No. 4, para. 8(b)). Adequate housing must be fit for habitation in terms of providing individuals with sufficient space and protecting them from cold, damp, heat, rain, wind or other health threats, structural hazards and disease-carrying elements.

The criterion of *accessibility* refers to housing being accessible to individuals who are more vulnerable within society. According to the Committee, these groups should be given a certain level of priority in the housing sector. With regard to the accessibility of adequate housing, the Committee also draws attention to the poorer sections of society. In the Committee's view, the fact that access to housing is particularly difficult for these individuals imposes obligations on the state to establish housing ownership based on the right to property or to introduce regulations that facilitate this (General Comment No. 4, para. 8(e)).

The criterion of *habitability* focuses on the need for housing to provide physical safety to individuals. In this sense, housing must provide individuals with adequate living space and protect them from the cold, damp, heat, all kinds of natural phenomena such as rain and wind, health-related threats, structural hazards and infectious diseases (General Comment No. 4, para. 8(d)).

In accordance with *the location criterion*, the Committee considers housing that is isolated from health services, schools, social facilities and employment opportunities to be inadequate. Another important consideration in this regard is whether housing located in areas with high levels of environmental pollution or where there is a risk of pollution meets the adequacy criterion. The Committee states that housing of this nature is also incompatible with habitability. Such housing threatens habitability and, ultimately, the right to the highest attainable standard of health (General Comment No. 4, para. 8(f)).

According to the Committee, *the principle of cultural adequacy* requires that the construction of housing, the planning of its surroundings, and the materials used should facilitate the expression of cultural identities and housing diversity. The universality of the right to housing does not imply that all housing must be identical. The fact that adequate housing is largely dependent on cultural variables such as climate, family and social structure, beliefs, and religious requirements must not be overlooked (Hohmann, 2013).

The criterion of *affordability* requires that the cost of housing be economically manageable. In accordance with this principle, the cost of housing should not be at a level that prevents the fulfilment of other needs. For housing to be considered economically accessible, the amount households must pay for housing should not force them to sacrifice other necessities such as education, nutrition, healthcare, and social and cultural activities. The Committee explains in detail how this principle is to be ensured. Accordingly, the state has obligations regarding the operation of housing subsidies for those who are in no way able to afford adequate housing, whether in a tenancy or home ownership context, and to ensure that housing finance adequately reflects housing needs. Secondly, measures must be taken to protect tenants from exorbitant rent or rent increases, such as the development of appropriate credit and instalment options and the widespread provision of affordable social housing. As a third step, states must ensure that the materials necessary for housing construction are made available at reasonable prices (General Comment No. 4, para. 8(c)).

The Committee on Economic, Social and Cultural Rights, in its General Comment No. 4, also states that individuals must have housing security that legally protects them against forced evictions. In this context, the Committee prepared General Comment No. 7 to assess under what conditions forced evictions are permissible and their potential consequences. Forced eviction practices have recently manifested in the form of population transfers, internal displacement, displacement resulting from armed conflict, mass migration and refugee movements due to acts of violence such as international armed conflict, civil wars, and intra-community or ethnic violence (Kösesoy Tan, 2026). In addition, forced evictions are also carried out for reasons such as dam construction, housing renovation, land clearance for agricultural purposes, expropriation, and the development of sports facilities within the scope of development and urban regeneration.

In its General Comment No. 7, the Committee stated that the right to adequate housing encompasses "protection against forced evictions and the arbitrary demolition or destruction of one's home; the right to freedom from arbitrary interference with one's home, private life and family; and the freedom to choose one's place of residence, determine where to live and freedom of movement". The rights encompassed by the right to adequate housing are defined as "security of tenure, restitution of housing, land and property, equal and non-discriminatory access to adequate housing, and participation in decision-making processes regarding housing at the national and community levels" (UN-Habitat).

In addition to the International Covenant on Economic, Social and Cultural Rights, the right to housing is also specifically guaranteed for various social groups in numerous UN treaties. The Convention on the Elimination of All Forms of Discrimination against Women (Art. 14(2))[1] , the Convention on the Rights of the Child (Art. 27(3))[2] , the Convention Relating to the Status of Refugees (Art. 21)[3], Convention on the Protection of the Rights of Migrant Workers (Art. 43)[4], and Convention on the Rights of Persons with Disabilities (Art. 28)[5] , place the right to housing under special protection. These conventions position the right to housing not merely at the individual level, but as a right intertwined with the principles of social justice and public responsibility (Karadağ Özgün, 2025).

An important document recognising the right to housing at the regional level is the Revised European Social Charter of 1996. Article 31 of the Charter states that everyone has the right to housing. The document notes that the signatory states are obliged to take certain measures to ensure the effective exercise of the right to housing, such as "promoting the acquisition of housing of an adequate standard, preventing and reducing homelessness with a view to its eventual elimination, and making housing prices affordable for those without sufficient resources". The significance of this provision in relation to the right to housing lies in its reference to the obligations of States without addressing the interconnection of this right with other rights. Under this provision, states are not only required to provide housing to individuals but also to facilitate access to housing. A notable aspect of the article is that, in defining the scope of protection, it explicitly identifies two distinct groups—the homeless and

[1] In accordance with Article 14(2) of the Convention on the Elimination of All Forms of Discrimination against Women, "States Parties shall, on the basis of the principle of equality between women and men, take all appropriate measures to eliminate discrimination against women in rural areas and ensure their participation in and benefit from rural development, and in particular shall ensure that rural women enjoy the following rights." Within the scope of these rights, paragraph (h) specifically states that the right to enjoy adequate living standards in relation to housing, health, electricity and water supply, transport and communication must be ensured. https://www.ohchr.org/en/instruments-mechanisms/instruments/convention-elimination-all-forms-discrimination-against-women, (25 February 2026).

[2] In accordance with Article 27 of the Convention on the Rights of the Child imposes an obligation on State Parties to take necessary measures, in accordance with their national circumstances and within their means, to assist parents and other persons responsible for the care of the child in the implementation of this right, and, where necessary, to implement material assistance and support programmes, particularly in the areas of nutrition, clothing and housing. https://www.ohchr.org/en/instruments-mechanisms/instruments/convention-rights-child, (25 February 2026).

[3] In accordance with Article 21 of the Convention Relating to the Status of Refugees, "The Contracting States shall, in respect of housing, to the extent that this matter is regulated by laws and regulations or is subject to the control of public authorities, afford to refugees lawfully residing in their territories, in any event, treatment no less favourable than that accorded to aliens generally under the same conditions, and as far as possible, appropriate treatment". https://www.unhcr.org/media/1951-refugee-convention-and-1967-protocol-relating-status-refugees, (25 February 2026).

[4] In accordance with Article 43 of the International Convention on the Protection of the Rights of Migrant Workers and Members of Their Families, "Migrant workers shall be treated on an equal footing with nationals of the State of Employment in respect of the following matters… d) in benefiting from protection against exploitation in matters of housing and rent, including social housing schemes; f) in benefiting from cooperatives and private enterprises that do not entail a change in their migrant status and that comply with the rules and regulations of the relevant authorities; g) in enjoying and participating in cultural life. 2. The Contracting States shall, where migrant workers meet the conditions required for a residence permit as provided for by the State of Employment, develop the necessary conditions to ensure that migrant workers are subject to effective equal treatment in order to benefit from the rights set out in paragraph 1 of this Article. 3. Host States shall not prevent employers from providing migrant workers with accommodation or social or cultural facilities. The Host State shall determine such facilities in accordance with Article 70 of this Convention, subject to compliance with the general conditions relating to residence in that State. https://inhak.adalet.gov.tr/Resimler/Dokuman/2312020100953bm_50.pdf, (25 February 2026).

[5] In accordance with Article 28 of the Convention on the Rights of Persons with Disabilities, "States Parties recognise the right of persons with disabilities to an adequate standard of living for themselves and their families, including food, clothing and housing, and the right to the continuous improvement of living conditions. States Parties shall take the necessary steps to ensure that this right is realised without discrimination on the grounds of disability." Furthermore, under this article, they are obliged to ensure that persons with disabilities have access to social housing schemes. https://inhak.adalet.gov.tr/Resimler/Dokuman/2312020100834bm_48.pdf, (25 February 2026).

those without sufficient resources—, thereby encouraging a direct prioritisation of individuals in disadvantaged positions in actions aimed at ensuring the right.

B. The State's Obligations

One of the principles accepted in the historical development of human rights law is that the individual is the rights holder, whilst the state is the duty-bearer. This principle implies that individuals possess certain fundamental rights, whilst states are obliged to protect these rights (Davis, 2021). Within the context of the right to housing, it is possible to explain the obligations of states within the framework of the threefold typology of obligations adopted by the Committee on Economic, Social and Cultural Rights. Within this framework, states have three types of obligations: "respect, protect and fulfil". The obligation to respect requires states to refrain from directly or indirectly interfering with the enjoyment of the right to adequate housing (UN-Habitat) . For example, states must refrain from forcibly evicting their citizens and arbitrarily demolishing their homes.

The duty to protect requires the prevention of violations of an individual's right to housing by another individual or a non-state actor. Within the scope of the right to housing, the duty to protect encompasses the obligation of states to take measures against third-party actions that deprive individuals of access to adequate housing and to take administrative and legal action in the event of a violation (Ertan, 2012). In this sense, it can be said that the duty to protect is a positive obligation. In accordance with this obligation, states must take measures to ensure that private actors, such as landlords, landowners and companies, comply with human rights standards relating to the right to adequate housing (UN Habitat). These measures may be of a legal, administrative or judicial nature. Under legal measures, the state must fulfil its obligations to provide legal safeguards for the right to housing and to establish legislation regulating the relationships between individuals and third parties (Gemalmaz, 2012). Furthermore, within the scope of administrative measures designed to ensure the effectiveness of the legal regime, the right to housing must be incorporated into administrative protection. Under administrative protection, public authorities undertake obligations such as preventing actions by third parties that may violate the right to adequate housing, halting such actions, operating mechanisms to remedy any damage caused in the event of a violation, and imposing penalties. Judicial measures, on the other hand, involve the state subjecting violations of the right to housing to sanctions.

The obligation to fulfil requires states to take appropriate "legal, administrative, budgetary and other measures" to fully realise the right to adequate housing. Under the obligation to fulfil, states are also required, progressively and to the extent that their available resources permit, to prevent homelessness, to provide the physical infrastructure necessary for housing to be deemed adequate (electricity, safe drinking water, waste collection and to ensure universal and non-discriminatory access to other essential services…), or to provide adequate housing opportunities, particularly through housing subsidies and other measures, to individuals or groups who are unable to enjoy the right to adequate housing for reasons beyond their control (UN Habitat).

The International Covenant on Economic, Social and Cultural Rights establishes criteria regarding states' obligations in the form of progressive realisation and the maximum use of available resources. Pursuant to Article 2 of the Covenant, states undertake to take measures to realise the rights set out in the Covenant progressively. This criterion must not be interpreted in such a way as to allow the fulfilment of rights to be indefinitely postponed or to enable states to evade their obligations entirely. Although the criterion of progressive realisation is not explicitly mentioned in Article 11, which regulates the right to adequate housing, this provision must be considered in conjunction with Article 2, just like all other rights set out in the Covenant. Paragraph 1 of Article 2 of the Convention requires each State Party to take the necessary measures using the maximum of its available resources. Paragraph 1 of Article 2 states that States must take the necessary measures using the maximum of their available resources to realise the rights recognised in the Convention. In its General Comment No. 3, which outlines the content of the obligations of the State Parties, the Committee states that State Parties cannot evade their obligations on the grounds of a lack of resources (General Comment No. 3). The Committee has clearly stated that States have a fundamental obligation to ensure the realisation of each right at least at a minimum level. For a State Party to rely on a lack of resources as a justification for failing to fulfil its obligations, it must demonstrate that all available resources have been utilised to make every effort to fulfil its minimum obligations (General Comment No. 3).

II. The Right to Housing in Turkish Law

A. Normative Framework

The right to housing is regulated in Article 57 of the 1982 Constitution. In this provision, the right to housing is addressed within the scope of the state's obligations, independently of rights and beneficiaries (Kılıç, 2020). Within the context of this provision, this obligation is two-fold. Firstly, to take measures to meet individuals' housing needs; and secondly, to take into account the characteristics of cities and environmental conditions whilst doing so[33] . The right to housing should not be interpreted as the state allocating a dwelling to everyone. Here, the state's obligation is to take measures that facilitate individuals' access to housing. In this context, it would be a more appropriate approach to define the scope of the state's obligations as follows: ensuring low-interest loans to facilitate citizens' acquisition of housing, prioritising social housing, and supporting private enterprises operating in this direction (Algan, 2007).

The limits of the state's obligation to realise the right to housing are set out in Article 65 of the Constitution. Accordingly, the state may fulfil the duties assigned to it by the Constitution in the social and economic spheres, taking into account the priorities appropriate to the objectives of these duties, to the extent that financial resources permit. Whilst this limit, as envisaged for the realisation of social and economic rights, may be considered reasonable on the one hand, on the other hand, it is open to criticism regarding its compliance with Article 2 of the International Covenant on Economic, Social and Cultural Rights in terms of its form of regulation. Article 2 of the Covenant imposes an obligation on State Parties to use their maximum available resources to ensure the realisation of the rights set out in the Covenant, and every effort must be made to fulfil the minimum obligations prescribed for each right. In this sense, it can be argued that the use of the maximum available resources, as stated in the Covenant, is a stronger expression than the mere sufficiency of financial resources (Kale, 2013). Furthermore, the Constitution does not contain any provision regarding the full, phased realisation of social and economic rights. In this respect, Article 65 of the Constitution has also been criticised for failing to set out certain objectives for the state in the field of economic and social rights (Algan, 2007).

B. Some Observations Regarding Implementation

The right to housing constitutes one of the key problem areas in many countries worldwide. Factors such as income inequality, poverty, unplanned urbanisation, earthquake risk and high housing costs present significant obstacles to the effective realisation of this right (Uğurlu&Balun, 2025). States are developing certain policies aimed at removing these obstacles. In this context, social housing projects designed to safeguard the right to housing are coming to the fore. In Türkiye, these projects are implemented through the Presidency of the Housing Development Administration (TOKİ). Article 2 of the Social Housing Act outlines the activities to be carried out by TOKİ: the provision of personal and social housing loans; the development of rural architecture; the transformation of shanty town areas; the provision of loans for projects aimed at preserving and renovating historical fabric and regional architecture; the provision of land for social housing areas; research; tourism infrastructure; housing infrastructure; schools, police stations, places of worship, health facilities, sports facilities, post offices, children's parks, and similar facilities; and the provision of investment and operating loans to promote the housing sector industry; the provision of credit support to support the business premises of tradespeople and artisans and small-scale industrial enterprises to create jobs and employment; and the promotion and support of housing construction in disaster-affected areas.

In line with these principles, certain projects have been launched to realise the right to housing. One of these is the housing project implemented in response to the housing need arising in 11 provinces following the earthquake that occurred in 2023. The process of determining the eligibility of those whose homes or workplaces were destroyed, are due to be demolished, or suffered severe damage as a result of the earthquake has commenced in accordance with the provisions of the Regulation on the Determination of Eligible Persons Affected by Disasters, prepared pursuant to Article 29 of the Disaster Law No. 7269, as amended by Law No. 1051. At the same time, to meet the urgent housing needs of those affected by the earthquake, earthquake victims have been accommodated in temporary housing together with their families. Under the Earthquake Victim Housing Support scheme, derived from Law No. 5902 on the Organisation and Duties of the Presidency for Disaster and Emergency Management, financial assistance has been provided to those in the earthquake-affected region whose homes were

damaged and who were consequently forced to become tenants in another property. Relocation support has also been provided to those forced to move from their homes (Doğan, 2023).

Secondly, this is a social housing project launched as part of the 'Housing Project of the Century' to enable low-income individuals to become homeowners. This project is a significant demonstration of the state's obligation to realise the right to housing. Under the project, there are plans to build 500,000 disaster-resistant homes equipped with the necessary infrastructure across 81 provinces. Whilst the project is viewed as a significant step towards realising the right to housing, it has been criticised in terms of the principle of affordability. The fact that instalments are not fixed raises concerns that payments may become difficult in the long term. On the other hand, the fact that the housing is generally being built in areas distant from city centres may be a subject of criticism in terms of transport and social integration. In this sense, it is important that the project goes beyond merely providing physical space to realise the right to housing that is fit for habitation. Indeed, the right to housing can only be said to be realised if the criteria established by the UN Committee on Economic, Social and Cultural Rights regarding the right to adequate housing—namely, legal security of tenure, availability of services, accessibility, habitability, location, cultural adequacy and affordability—are met.

Thirdly, one may mention the urban regeneration projects implemented by TOKİ and Metropolitan Municipalities. These projects were launched in response to earthquake risks and problems of unregulated development. These projects aim to reinforce structures in high-risk areas, modernise existing buildings, create an environmentally appropriate and sustainable urban fabric, improve quality of life, and, most importantly, reduce disaster risks (Koçar Uzan, 2023).

. Whilst these objectives are being realised, the state must provide safeguards against forced evictions, which are protected under the right to housing. As stated in General Comment No. 7, where those affected by eviction are unable to meet their needs on their own, the state must provide individuals with suitable alternative housing, resettlement or access to productive land, using the maximum of its available resources and in accordance with the circumstances of the case (Marris, 1969).

Another important issue that must be considered within the context of the right to housing is how the rate of rent increases affects this right. In Türkiye, rent increases for rental properties have reached quite high levels in recent years, particularly. Whilst this situation imposes a significant financial burden on tenants, it has led to the view that the rate of increase in rent should be capped. Consequently, it has been decided to temporarily cap rent increases in Türkiye at 25 per cent. In this context, a temporary restriction has been introduced in the Turkish Code of Obligations (Law No. 6098) regarding residential tenancy agreements. Pursuant to the provisions of Transitional Article 2, the rent increase rate has been set at 25%. This restriction has also been subject to criticism on the grounds that it constitutes an intervention in contractual freedom and the right to property. Ultimately, this restriction came to an end on 1 July 2024. Today, Article 344 of the Turkish Code of Obligations applies to rent increases for residential and commercial premises. Accordingly, the rent increase rate may not exceed the 12-month average of the Consumer Price Index (CPI) for the previous rental year. This regulation relates specifically to the 'accessibility' aspect of the right to housing. The aim is to prevent tenants from losing their right to housing due to exorbitant rent increases. In this respect, the application functions as one of the state's tools for intervening in the market. The most common approach to state intervention in rent levels is to initially uphold the principle of contractual freedom, whilst imposing a cap on the amount of increases for ongoing tenancy agreements. In this scenario, the gap between inflation rates and market rent increases has widened, leading to significant rent disparities between existing and new tenants. To balance excessive rent increases and ensure low-income families have access to affordable rental housing, TOKİ has launched the social housing rental project[41] . In this context, it is planned to rent out 15,000 homes by lottery for a period of three years. After three years, a new rent will be determined, and this amount will be half of the local market rate. TOKİ also assumes responsibility for the management, maintenance and supervision of the rented housing.

Consequently, TOKİ's initiatives make a significant contribution to the realisation of the right to housing, particularly by facilitating access to housing for low- and middle-income groups. However, it must not be forgotten that this right is not merely a matter of 'home ownership'; it is the right to secure, accessible, sustainable and dignified living conditions.

Conclusion

The right to housing is one of the fundamental components of a life lived with dignity. The realisation of the right to housing, as a social right, depends on the state fulfilling its obligations regarding this right. In terms of the right to housing of an adequate standard, the role of states is not merely to act as housing providers; rather, it is to create a framework that facilitates the actions of all parties involved in housing production and improvement. Within this framework, the right to adequate housing encompasses preventing homelessness, prohibiting forced evictions, opposing all forms of discrimination, harassment or abuse in the housing sector, ensuring the affordability of housing and public participation in the housing sector, focusing on the most vulnerable and marginalised groups in relation to housing, guaranteeing everyone's right to use housing, and taking the necessary measures to ensure that all individuals have adequate housing. These measures require state intervention at various levels, such as legal, administrative, policy or budgetary priorities. In the context of the right to housing , one of the most significant areas of debate regarding states' fulfilment of their obligations is the issue of financial constraints. As states' budgetary resources are limited, the full and equal realisation of the right to housing may not always be possible in the short term. Whilst this does not absolve the state of its responsibility, it brings to the fore the principle of the 'progressive realisation' of obligations. In this sense, the state must develop planned and prioritised policies to ensure access to housing for the greatest number of individuals within the limits of its available resources.

REFERENCES

Algan, Bülent. (2007). *Ekonomik, Sosyal ve Kültürel Hakların Korunması*. Ankara: Seçkin Yayınları.

UN Committee on Economic, Social and Cultural Rights, General Comment No. 4 (The Right to Adequate Housing) (1991), para. 7, https://www.ohchr.org/en/documents/general-comments-and-recommendations/committee-economic-social-and-cultural-rights, (27February 2026).

UN Committee on Economic, Social and Cultural Rights, General Comment No. 3, https://www.ohchr.org/en/documents/general-comments-and-recommendations/e199123-committee-economic-social-and-cultural, (14 March 2026)

Davis, Erin Elizabeth. (2021). Housing as a Human Right within an Era of International Exceptionalism. Constitutional Review, 7(2), 241–272.

Doğan, Bayram. (2023). Anayasa Hukuku Açısından Konut Hakkı. SÜHFD, 31(3), 1321-1356.

Ertan, İzzet Mert. (2012). *Uluslararası Boyutlarıyla Sağlık Hakkı*. İstanbul: Legal Yayınları, İstanbul.

Gemalmaz, M. Semih. (2012). *Ulusalüstü İnsan Hakları Hukukunun Genel Teorisine Giriş Cilt 1*, İstanbul.

Revised European Social Charter, https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2007/04/20070409-1.htm, (15 March 2026).

Gözler, Kemal. (2025). *İnsan Hakları Hukuku*. Bursa: Ekin Yayınları.

Hohmann, Jessie. (2013). *The Right to Housing: Law, Concepts, Possibilities*. Oxford and Portland: Hart Publishing.

Kale, Fatmagül. (2013). *Ulusal ve Uluslararası Boyutlarıyla Konut Hakkı*. Ankara: Adalet Yayınevi.

Karadağ Özgün, Nergiz. (2025). Sosyal Hakların Kriminalizasyonu: Barınma Hakkının Hukuk Yoluyla Bastırılması, Sosyal Haklar Sempozyumu Türkiye Barolar Birliği ve Kamu Hukukçuları Platformu, Ankara, 1-47.

Kılıç Muharrem. (2020). Konut Hakkının Sosyopolitiği: Sosyal Haklar Sistematiği Açısından Bir Çözümleme. Anayasa Yargısı, 37(2), 67–112.

Koçar Uzan, Hatike. (2023). Kentsel Dönüşüm: Belediyelerin Sorumlulukları ve Türkiye'de Mevzuat Değerlendirmesi. Uluslararası Akademik Birikim Dergisi 6(5), 985-987.

Kösedağ Erkan. (2023). Türkiye'de Konut Hakkı ve Bu Hakkın Kullanılmasında Ortaya Çıkan Sorunlara Yönelik Değerlendirme. Kent Akademisi Dergisi, 16(1), 595-611.

Marris, Peter. (1969). Social Problems Arising from Urban Regeneration. Ercan Yener (çev), Cooperation During the Redevelopment or Regeneration of Cities. Ankara.

Office of the United Nations High Commissioner for Human Rights, The Right to Adequate Housing, Fact Sheet No. 21/Rev.1, p. 4. https://unhabitat.org/sites/default/files/documents/2019-05/fact_sheet_21_adequate_housing_final_2010.pdf, (4 February 2026). (UN-Habitat)

Özbudun Ergun. (2024). Türk Anayasa Hukuku. İstanbul: Yetkin Yayınları.

Terminski, Bogumil. (2011). The Right to Adequate Housing in International Human Rights Law: Polish Transformation Experiences". Revista Latinoamericana de Derechos Humanos, 22(2), 219–241.

Uğurlu, Tuğçe&Balun, Bora. (2025). Türkiye'de Barınma Hakkına Yönelik Temel Problemler ve Alternatif Yaklaşımlar. Çağdaş Yerel Yönetimler Dergisi, 34(3), 121-150.

Uyar, Lema (Der. ve Çev.). (2006). Birleşmiş Milletler'de İnsan Hakları Yorumları: İnsan Hakları Komitesi ve Ekonomik, Sosyal ve Kültürel Hakları Komitesi, 1981-2006, İstanbul: İstanbul Bilgi Üniversitesi Yayınları.

İŞİTME KAYIPLI ÖĞRENCİLERİN YAZILI ANLATIM BECERİLERİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ: SİSTEMATİK DERLEME

EVALUATION OF WRITTEN EXPRESSION SKILLS OF STUDENTS WITH HEARING LOSS: A SYSTEMATIC REVIEW

Yusra POLAT
Elbruz Bilge Özel Eğitim Uygulama Okulu III. Kademe, Odunpazarı/Eskişehir
ORCID: 0009-0000-6874-3749

Prof Dr. H. Pelin KARASU
Anadolu Üniversitesi Eğitim Fakültesi, Özel Eğitim Bölümü, Tepebaşı/Eskişehir
ORCID: 0000-0002-9612-9858

ÖZET

Yazılı anlatım becerisi bireyin duygularını, düşüncelerini, yaşantılarını ve hayallerini dilin kuralları çerçevesinde yazılı sembollerle aktarma yoludur. Bireyin yazılı anlatım becerisinin gelişimini etkileyen bir yetersizliğinin olması durumunda bazı zorluklar yaşanmaktadır. İşitme kaybı, dil becerilerinde yaşanan gecikmeden dolayı yazılı anlatım becerisini etkileyen yetersizliklerden biridir. İşitme kayıplı öğrenciler, yazılı anlatım becerilerinin gelişiminde işiten bireylerle aynı süreçlerden geçmekte, ancak yazma performansları dil becerilerinin gelişimine bağlı olarak değişkenlik gösterebilmektedir. İşitme kayıplı öğrencilerin yazılı anlatım becerilerinin değerlendirilmesi, öğretim programlarının bireysel ihtiyaçlar doğrultusunda desenlenmesinin temelini oluşturmaktadır. Sistematik derleme yöntemiyle gerçekleştirilen bu çalışmada, işitme kayıplı bireylerin yazılı anlatım becerilerini değerlendiren araştırmaların incelenmesi amaçlanmıştır. Yapılan analizler sonucu 135 çalışma dahil etme ve hariç tutma kriterlerine göre gözden geçirilmiş ve bu çalışmalardan 17'sinin ulusal alanyazında, 23'ünün uluslararası alanyazında yapılan değerlendirme araştırması olduğu görülmüştür. Bu araştırmalar kullanılan araştırma yöntemi, katılımcı özellikleri, değerlendirmede ele alınan öğeler, araştırmaların sonuç ve önerileri açısından analiz edilerek yorumlanmıştır. Araştırmalarda, yazılı ürünlerdeki başlık, içerik, dil bilgisi, sözcük dağarcığı, noktalama işaretleri ve hikaye yapısı ögeleri değerlendirilmiştir. Araştırmaların sonucunda, işitme kayıplı bireylerin yazım kuralları, noktalama işaretleri, yapı bilgisi, kelime ve cümle yazma gibi alanlarda zorluk yaşadıkları ve normal işiten yaşıtlarına göre daha kısa yazılı ürünler oluşturdukları görülürken başlık koyma, yazının okunabilirliği, anlamlı sözcük üretme alanlarında daha başarılı oldukları bulunmuştur. Araştırma sonuçlarından yola çıkılarak işitme kayıplı öğrencilerin yazılı ürünlerinin değerlendirilmesinde yazma sürecine yönelik boylamsal çalışmalara ihtiyaç duyulduğu söylenebilir.

Anahtar Kelimeler: Değerlendirme, işitme kayıplı öğrenci, sistematik derleme, yazılı anlatım becerisi

ABSTRACT

Written expression is the process of conveying an individual's emotions, thoughts, experiences, and imaginations through written symbols within the framework of linguistic rules. When an individual possesses a disability that hinders the development of written expression skills, certain challenges arise. Hearing loss is one such disability that impacts written expression due to delays in language skill acquisition. Students with hearing loss undergo the same developmental processes in written expression as their hearing peers; however, their writing performance varies depending on the development of their language skills. Evaluating the written expression skills of students with hearing loss forms the foundation for designing instructional programs tailored to individual needs. This study, conducted using a systematic review method, aims to examine research evaluating the written expression skills of individuals with hearing loss. Following the analysis, 135 studies were reviewed based on inclusion and exclusion criteria, revealing that 17 of these were evaluation studies conducted in national literature and 23 in international literature. These studies were analyzed and interpreted regarding research methodology, participant characteristics, elements addressed in the evaluation, and research results and recommendations. In the studies, elements such as title, content, grammar, vocabulary, punctuation, and story structure in written products were evaluated.

The results of the research indicated that while individuals with hearing loss experience difficulties in areas such as spelling rules, punctuation, morphology, and word and sentence construction and produce shorter written works compared to their normally hearing peers they were found to be more successful in areas such as titling, legibility, and meaningful word production. Based on the research findings, it can be concluded that longitudinal studies focusing on the writing process are needed for evaluating the written products of students with hearing loss.
Keywords: Assessment, children with hearing loss, systematic review, writing skills

GİRİŞ

Yazılı anlatım becerisi bireyin duygularını, düşüncelerini, yaşantılarını ve hayallerini edindiği dilin kuralları çerçevesinde yazılı sembollerle aktarma yoludur. Günümüzde yazılı anlatım becerisi kişinin kendini ifade etmesi ve çevresiyle etkileşime girmesi için önemli bir iletişim aracıdır. Ancak bireylerin yazılı anlatım becerisini olumsuz yönde etkileyen birçok faktör bulunmaktadır. Bu faktörlerden biri de işitme kaybıdır. İşitme kaybı bireyin sınırlı işitsel girdiye erişimi olmasından dolayı dil ediniminde olduğu gibi yazılı anlatım becerisinin gelişimini doğrudan etkilemektedir. İşitme kaybı yaşayan bireyler, normal gelişim gösteren yaşıtlarına göre yazılı anlatım becerilerinde çeşitli alanlarda zorluklar yaşamaktadır. Bu zorluklar; yazının içeriği, düşüncelerin sıralanması, olaylar arasında ilişki kurulması, olayların sonlandırılması, sözcük kullanımı, cümlelerin doğruluğu ve yazım kuralları olarak ele alınabilir. Ulusal ve uluslararası alanyazında işitme kayıplı bireylerin yazılı anlatım becerilerini değerlendirmeye yönelik çeşitli araştırmalar bulunmaktadır (ör. Girgin ve Karasu, 2007; Tiryaki, 2014a; Efe ve Karasu, 2017; Alatlı ve Servi, 2017; Kauffman, 2005; Zamani ve ark., 2018; Sugaya ve ark., 2019). Bu çalışmaların sonuçları; işitme kayıplı bireylerin var olan yazılı anlatım beceri düzeylerini belirlemek ve performanslarına yönelik somut verilere ulaşarak öğrencilerin ihtiyaçlarına yönelik bireyselleştirilmiş öğretim programlarına dayanak olmaktadır. Nitekim yazılı anlatım becerilerini değerlendiren çalışmalar, hem var olan durumu ortaya koyması hem de öğretime yönelik ihtiyaçları belirlemesi açısından akademik çalışmalarda ve öğretim uygulamalarında önemli bir yere sahiptir. Bu nedenle bu çalışmada işitme kayıplı bireylerin yazılı anlatım becerilerini değerlendiren araştırmaların incelenmesi amaçlanmıştır. Bu amaç doğrultusunda; (a) İşitme kayıplı öğrencilerin yazılı anlatım becerilerini değerlendiren araştırmalar hangi yöntemle gerçekleştirilmiştir? (b) çalışmanın katılımcı özellikleri nelerdir? (c) çalışmalarda ele alınan yazılı anlatım özellikleri nelerdir? (d) çalışmalarda öne çıkan sonuçlar ve öneriler nelerdir? sorularına cevap aranmıştır.

ARAŞTIRMA VE BULGULAR

Yöntem

Bu araştırmada sistematik derleme yöntemi kullanılmıştır. Sistematik derlemeler, genel anlamda belirli bir araştırma sorusuna cevap verebilmek amacıyla, araştırma sorusuyla ilgili yapılan çalışmaların önceden belirlenmiş kriterler etrafında toplanarak sentezlenmesi olarak tanımlanmaktadır (Yılmaz, 2021). Derlemelerin genel özelliklerine bakıldığında bir araştırma sorusunun önceden belirlenmesi; analizin kapsamı ve ele alınacak araştırmaların dahil edilmeye uygun olmasına dair kesinlik; tüm ilgili çalışmaları bulmak ve kriterlere uygun olan çalışmalardaki önyargı temalarının dikkate alınmasını sağlamak amacıyla her türlü emeği göstermek ve belirlenen tüm çalışmalara dayanarak yansız ve objektif bir şekilde sonuçlara ulaşmak için dahil edilen araştırmaları incelemektir (Lasserson ve ark., 2019). Bu araştırmanın amacı Moher ve ark., (2009) tarafından düzenlenen alan yazın inceleme aşamaları izlenerek araştırmanın amacı, gözden geçirme, dahil etme ve hariç tutma kriterleri belirlenmiş ve araştırmaların incelenmesi, değerlendirilmesi, bilgilerin dökümü betimlenmiştir.

Arama Stratejileri

Araştırmada, *American Psychological Association (APA)*, Dergipark, Eric, Ebscohost, Elsevier, Jstor, Taylor & Francis, Proquest, Sage Journals, Tr Dizin, Web of Science, Oxford Journals, Science Direct, Scopus, SpringerLink, Wiley veri tabanları kullanılmıştır. Veri tabanlarında başlıklar ve özetler; "işitme kaybı", "koklear implant", "işitme cihazı", "işitme güçlüğü", "yazma", "yazılı anlatım becerisi" anahtar terimleri kullanılarak aranmıştır.

Dahil Etme Kriterleri

Bu araştırmada dahil etme ve hariç tutma kriterleri belirlenmiş olup araştırmanın amacına uygun yanıtlar belirlenmiştir. Bu araştırmada ulusal ve uluslararası alanyazında işitme kayıplı bireylerin yazılı anlatım becerilerini değerlendirmeye yönelik yapılmış çalışmalarını belirlemek için dahil etme ve hariç tutma kriterleri aşağıdaki gibi sıralanmıştır. Dahil etme kriterleri;

a) İşitme kayıplı öğrencilerle yapılmış olması
b) Katılımcıların işitme kaybı dışında zihin yetersizliği, otizm, dikkat eksikliği ve öğrenme güçlüğü gibi bilişsel süreçleri etkileyen ek bir engelinin bulunmaması
c) Yazılı anlatım becerilerini değerlendirmeye yönelik çalışmaları içermesi

Derleme çalışması olması işitmeye ek bir engelin olması hariç tutma kriterlerini oluşturmuştur.

Veri Yönetimi ve Kodlama

Bu araştırmanın kodlama aşaması araştırma kodlama formu ile yapılmıştır. Alanyazından destek alınarak araştırmacılar tarafından doldurulan kodlama formu, araştırmanın yılı, amacı, katılımcıları, kullanılan yöntem ele alınarak yazılı anlatım becerilerinin hangi açıdan değerlendirildiği ve sonuçları doğrultusunda meydana getirilmiştir. Tarama sürecinde bulunan çalışmalar işitme kayıplı öğrencilerin eğitiminde çalışan uzman tarafından da kodlanmış ve güvenirlik çalışması gerçekleştirilmiştir. Araştırmada dahil etme kriterlerine uygun olan çalışmalar %30'u diğer kodlayıcı tarafından analiz edilmiş: son aşamada araştırmacılar içerisinde güvenirlik ve moderatörlerin kodlaması %100 olarak hesaplamıştır.

Çalışmaların Değerlendirilmesi

Bu araştırmanın değerlendirilme aşamasında 135 çalışma belirlenen dahil etme ve hariç tutma kriterlerine göre iki yazar tarafından ilgililik, güvenirlik ve kesinlik kriterlerine göre analiz edilmiştir. Çalışmalar incelenirken ilgililik kriteri bakımından işitme kayıplı öğrencilerin yazılı anlatım becerilerini değerlendiren araştırmalara göre ele alınmıştır. Bu süreçte 135 çalışmadan 17'si ulusal alanyazından, 23'ü uluslararası alanyazında yapılan değerlendirme araştırması olarak belirlenmiştir.

Bulgular

İşitme kayıplı öğrencilerin yazılı anlatım becerilerini değerlendirmeye ilişkin yürütülen araştırmalardan elde edilen veriler; (a) araştırmaların yöntemsel özellikleri, (b) katılımcı özellikleri, (c) ele alınan yazılı anlatım özellikleri, (d) araştırmaların sonuç ve önerileri esas alınarak betimsel olarak analiz edilmiştir.

Araştırmaların Yöntemsel Özellikleri

Dahil edilen çalışmalar yöntemsel olarak incelendiğinde; ulusal alanyazında işitme kayıplı öğrencilerin yazılı anlatım becerilerini değerlendiren çalışmaların nitel (n = 9) ve nicel (n = 8) yöntemler ile ele alındığı görülmektedir. Uluslararası alanyazında ise araştırmaların daha çok nicel (n = 12) yoğunlukta olduğu, bunu nitel (n = 6), ve karma (n = 5) yöntemlerin izlediği belirlenmiştir.

Araştırmaların Katılımcı Özellikleri

Bu sistematik derleme çalışmasında dahil edilen araştırmalar incelendiğinde katılımcıların işitme kayıplı bireylerden oluştuğu bilgisi elde edilmektedir. Ulusal alanyazında yapılan değerlendirme çalışmaları incelendiğinde ilkokul (n = 3), ortaokul (n = 7), üniversite (n = 1) düzeylerinde işitme kayıplı bireylerle gerçekleştirildiği görülmüştür. Bazı araştırmalarda okul öncesi-ilkokul düzeyi (n = 1) ile ortaokul-ilkokul düzeyinin (n = 6) birlikte alındığı çalışmalarda bulunmuştur. Bu kapsamda incelenen çalışmaların ortaokul ve ilkokul-ortaokul düzeyinin birlikte alındığı katılımcı gruplara yoğunlaştığı üniversite düzeyinde eğitim alan öğrencilere yönelik yapılan çalışmaların sınırlı sayıda olduğu, yalnızca okul öncesi ve lise düzeyinde eğitim alan öğrencilere ilişkin araştırmalara ulaşılmamıştır. Ulusal alanyazında ele alınan araştırmalarda katılımcıların iletişim dili olarak sözlü dil (n = 9) kullanan bireylerle yapılan çalışmaların yoğunlukta olduğu sınırlı sayıda işaret dili (n = 3) çalışmalarının olduğu, işaret dili ve sözlü dilin (n = 4) ortak kullanıldığı çalışmalarında bulunduğu belirtilmektedir. Değerlendirme araştırmalarında sözlü dil kullanımına önem verildiği söylenebilir. Araştırmada katılımcıların işitmeyi destekleyen cihaz kullanımına bakıldığında işitme cihazı (n = 2), koklear implant (n = 5), herhangi bir cihaz (n = 2) kullanmayan bireylerin olduğu çalışmalar yapılmıştır.

Bazı araştırmalarda işitme cihazı-koklear implant (*n* = 5) kullanan ve işitme cihazı-cihaz kullanmayan (*n* = 1) bireylerin birlikte alındığın da görülmüştür. İki araştırmada ise cihaz kullanımına yönelik bir bilgiye erişilmemiştir. Ele alınan çalışmaların işitme cihazı ve koklear implant kullanımı yoğunlukta olan bireylerle yapıldığı herhangi bir cihaz kullanmayan bireylerle yapılan çalışmaların sınırlı sayıda olduğu görülmüştür. Uluslararası alanyazında elde edilen değerlendirme çalışmalara bakıldığında okul öncesi (*n* = 4), ilkokul (*n* = 3), ortaokul (*n* = 1), lise (*n* = 1) düzeylerinde işitme kayıplı bireyler ile gerçekleştirildiği görülmüştür. Bazı çalışmalarda okul öncesi-ilkokul (*n* = 2), ilkokul- ortaokul (n=4), ilkokul-ortaokul-lise (*n* = 5), okul öncesi-ilkokul-ortaokul (*n* = 1), ortaokul-lise (*n* = 2) düzeylerinin birlikte alındığı değerlendirme araştırmalarında bulunmuştur. Araştırmalara bir bütün olarak bakıldığında tüm eğitim düzeylerinde en az bir çalışmanın yapıldığı görülmüştür. Değerlendirme araştırmalarının katılımcılarının kullandığı iletişim diline bakıldığında işaret dili ve sözlü dilin (*n* = 9) ortak kullandığı çalışmalar ile yalnızca sözlü dilin (*n* = 8) kullanıldığı çalışmaların yoğunlukta olduğu görülmüştür. Araştırmalarda işitme cihazı (*n* = 3), koklear implant (*n* = 3), işitme cihazı-koklear implant (*n* = 7) işitme cihazı-koklear implant-herhangi bir cihaz kullanmayan (*n* = 1) bireylerle yapılan çalışmaların gerçekleştirildiği görülmüştür. Ancak uluslararası alanyazında herhangi bir cihaz kullanımını belirtilmeyen (*n* = 9) bireylerle yapılan çalışmaların yoğun olduğu yapılan incelemelerle ortaya konulmuştur.

Değerlendirmede Ele Alınan Ögeler

Ulusal alanyazındaki değerlendirme araştırmalarında, yazılı anlatım becerisinin birçok açıdan ele alındığı görülmektedir. İşitme kayıplı bireyleri odağa alan bu araştırmalarda; yazılı ürünlerde konu seçme, planlama, anlatım zenginliği, anlatım düzeni ve dil bilgisi kurallarının ele alınarak incelendiği belirlenmiştir (Alatlı ve Servi, 2017; Efe ve Karasu, 2017; Girgin ve Karasu, 2007; Tiryaki, 2014a). Örneğin, Batur ve Atmaca (2018) işitme kayıplı bireylerin sözcük dağarcığını ele alırken, Cepdibi (2020) hikâye unsurları ve yapı bilgisini değerlendirmiştir. Yürütülen bazı çalışmalarda ise işitme kayıplı bireylerin yazılı anlatım performansları, normal işiten yaşıtlarıyla karşılaştırılmıştır (Göçmenler, 2016; Köse, 2019; Yaşamsal, 2010). Erdiken (1989) yazılı anlatım beceri gelişiminde kullanılan farklı programları karşılaştırarak değerlendirmiştir. Alanyazında ayrıca işitme düzeyi, cihaz kullanımı ve bellek gibi yazılı anlatım becerisini etkileyen faktörlerin bireylerin performansı üzerindeki etkisine de odaklanılmıştır (Karasu ve Girgin, 2007; Piştav Akmeşe, 2014; Turgut ve ark., 2015). Tiryaki (2014b) araştırmasında, herhangi bir cihaz kullanmayan işitme kayıplı bireyleri ele alarak bu bireylerin var olan yazma sorunlarını ortaya koymaya çalışırken, Karasu (2020) ise erken müdahalenin yazılı anlatım becerisine etkisini incelemiştir. Bir başka çalışmada ise yazılı anlatım becerisinin gelişiminde dengeli okuryazarlık programının etkisi test edilmiştir (Karasu, 2017; Karasu ve ark., 2018). Söz konusu ulusal araştırmalar; işitme kayıplı bireylerin yazma sürecinde karşılaştıkları sorunları tanımlamayı ve bu sürece etki eden faktörleri belirlemeyi amaçlamıştır. Uluslararası alanyazında yapılan değerlendirme araştırmaları incelendiğinde, ilk çalışmalarda işitme kayıplı bireylerin günlük hayatlarında maruz kaldıkları yazılı ürünlerin, yazılı anlatım beceri gelişimine etkisi ele alınmıştır (Andrews ve Gonzales, 1992). Yürütülen bir çalışmada dil gelişimi ile erken okuryazarlık becerisinin ilişkisi incelenirken (Williams, 1994) farklı bir araştırmada yazılı anlatım becerisini etkleyen faktörler ile üst bilişsel stratejiler değerlendirilmiştir (Yoshinaga-Itano ve Downey, 1996a; Yoshinaga-Itano ve Downey, 1996b). Dilin bileşenlerini inceleyen Yoshinaga-Itano ve ark., (1996) işitme kayıplı bireyler ile normal işiten akranlarını karşılaştırmıştır. Benzer şekilde Tur-Kaspa ve Dromi (1998) araştırmalarında, sözlü dil becerilerini ve yazılı anlatım becerilerini karşılaştırmalı olarak ele almış; işitme kayıplı bireyler ile normal işiten bireylerin performanslarını ortaya koymuştur. Watson (2000) erken yazma becerilerini incelerken, Kauffman (2005) işitme düzeylerine göre bireylerin yazılı ürünlerini değerlendirmiştir. Stoner ve ark. (2005) ile Easterbrooks ve ark. (2010), yazılı anlatım becerisinin farklı yazma ortamlarında nasıl etkilendiğini ele alırken, Antia ve ark. (2005) yazılı anlatım becerilerini çeşitli boyutlarda incelemişlerdir. Cheng ve Rose (2009), müfredat temelli ölçme yönteminin yazılı anlatım becerisi üzerindeki etkisini çeşitli boyutlarda analiz etmiştir. Süreç odaklı diğer çalışmalarda ise Arfe ve ark. (2010), işitme kayıplı bireylerin kavramları ayırt etme becerilerini incelemiştir. Geers ve Hayes (2010), okuma ve yazma becerilerinin fonolojik işlemleme ile ilişkisini değerlendirirken, Bernaix (2013) işitme kayıplı bireylerin sözlü ve yazılı anlatım becerilerinde zorlandıkları alanları ele almıştır.

Alanyazında hikâyeler aracılığıyla yazılı anlatım becerilerinin değerlendirildiği çalışmaların yanı sıra (Straley ve ark., 2016) bireylerin doğrudan okuma yazma performanslarına odaklanan araştırmalar da mevcuttur (Mayer ve ark., 2016). Chilton ve ark. (2019) ise zihin kuramının yazılı anlatılarda nasıl şekillendiğini incelemiştir. Son yıllardaki çalışmalarda farklı kültürlerin yazılı anlatım becerisine etkisi incelenirken (Sugaya ve ark., 2019; Zamani ve ark., 2018) görsellerden yola çıkarak oluşturulan yazılı ürünler (Gunawan ve ark., 2020) ve işaret dili kullanımının yazılı ürünlere yansıması da ortaya konulmuştur (Milaham, 2020). Son olarak Gardenfors ve Johansson (2023) dil gelişiminin yazılı anlatım beceri gelişimine etkisini değerlendirmiştir. Tüm bu uluslararası çalışmalar, işitme kayıplı bireylerin yazılı anlatım becerilerinin değerlendirilmesine önemli katkılar sağlamıştır.

Araştırmaların Sonuçları ve Önerileri

Ulusal alanyazındaki araştırmalar incelendiğinde, sözlü dil kullanan işitme kayıplı öğrencilerin içerik, dil bilgisi ve sözcük dağarcığı açısından işaret dili kullanan akranlarına oranla daha başarılı oldukları görülmektedir (Erdiken, 1989). Bazı çalışmalar işitme kayıplı bireylerin başlık koyma, paragrafları ana fikre göre ayırma, olayları sıralama ve sözcük kullanımı gibi alanlarda gelişim gösterdiğini vurgularken (Girgin ve Karasu, 2007; Efe ve Karasu, 2017) bazı çalışmalarda 4 yaşından önce koklear implant operasyonu geçiren bireylerin yazılı anlatım becerilerinin, daha geç yaşta operasyon geçirenlere göre anlamlı düzeyde daha yüksek olduğu saptanmıştır (Yaşamsal, 2010). Buna karşın alanyazında, işitme kayıplı öğrencilerin yazılı anlatım başarılarının genel olarak düşük olduğu; karmaşık veya anlamsız cümle kurma, söz dizimi hataları ile noktalama eksikliklerinin yaygınlaştığı dikkat çekmektedir (Tiryaki, 2014a, 2014b). Örneğin, koklear implant kullanan bireylerin öykü anlatımlarında daha kısa cümleler kurdukları, daha az sözcük çeşitliliğine sahip oldukları ve daha fazla dil bilgisi hatası yaptıkları görülmüştür (Piştav Akmeşe, 2014). Benzer şekilde, işitme kayıplı bireylerin yazılı anlatım becerilerinin normal işiten akranlarından anlamlı derecede düşük olduğu; özellikle yazım kuralları, düşünceleri sonuca bağlama, hikaye öğelerini kullanma ve akademik sözcükleri metne aktarma konularında güçlük yaşadıkları belirlenmiştir (Turgut ve ark., 2015; Göçmenler, 2016; Karasu, 2017; Cepdibi, 2020). Yapılan diğer çalışmalarda en sık rastlanan hataların dil bilgisi kuralları, yanlış sözcük kullanımı, sözcük atlama ve imla eksiklikleri olduğu ifade edilmiştir (Alatlı ve Servi, 2017; Karasu G. ve ark., 2018). Cinsiyet değişkeni açısından bakıldığında, kız öğrencilerin sözcük dağarcığı, fiil kullanımı ve noktalama becerilerinin erkek öğrencilere oranla daha yüksek olduğu; genel hatalar arasında ise büyük harf kullanımı, ek yanlışları ve işaret dilinin etkisiyle cümle sonuna gereksiz 'var' kelimesinin eklenmesinin yer aldığı saptanmıştır (Batur ve Atmaca, 2018). Son olarak, koklear implant kullanan bireylerin sözel kısa süreli ve çalışma belleklerinin akranlarına göre düşük olduğu belirtilmekle birlikte (Köse, 2019), uygun destekle hem sözlü dil hem de okuryazarlık becerilerinin anlamlı düzeyde gelişebileceği vurgulanmaktadır (Karasu, 2020). Ulusal alanyazındaki araştırmalar kapsamında, işitme kayıplı bireylerde erken tanı koyma ve cihazlandırmanın önemi üzerinde durulmakta; özellikle ilk altı ayda cihazlandırma yapılması ve 0-2 yaş arası kritik dönemde implant uygulamasının gerekliliği vurgulanmaktadır. Bu doğrultuda, öğrencilerin akademik başarılarını ve yazılı dil becerilerini geliştirmek amacıyla; kaynaştırma eğitiminin desteklenmesi, okul öncesinden itibaren zengin okuryazarlık ortamlarının oluşturulması ve bireysel ihtiyaçlara uygun strateji öğretiminin sağlanması önerilmektedir. Uluslararası alanyazındaki ilk çalışmalar, işitme kayıplı bireylerin yazılı anlatım becerilerinin karalamadan başlayıp harf sıralamaya, ardından anlamlı kelime ve cümlelere doğru ilerleyen sistematik bir gelişim gösterdiğini ortaya koymuştur (Andrews ve Gonzales, 1992). Alıcı dil gelişimindeki gecikmelere rağmen bu bireylerin doğru yazılı dil bilgisi becerisi sergileyebildikleri, böylece dil edinimi ile erken okuryazarlık öğreniminin eş zamanlı gerçekleşerek birbirini desteklediği saptanmıştır (Williams, 1994). Yazma süreçleri ve yazının biçim doğruluğu açısından normal işiten akranlarıyla benzer aşamalardan geçtiği görülse de (Watson, 2000; Kauffman, 2005) birçok araştırma işitme kayıplı bireylerin yazılı anlatım performansının akranlarının gerisinde kaldığını göstermektedir. Bu bireylerin, akranlarına oranla toplamda çok daha az kelime üretmelerine karşın, ürettikleri kelimeler içinde anlamlı sözcük oluşturma oranlarının benzer olduğu saptanmıştır (Yoshinaga-Itano ve ark., 1996; Yoshinaga-Itano ve Downey, 1996a, 1996b). Ayrıca yazılı anlatımda söz dizimi ve yapı bilgisi hatalarının daha sık yapıldığı (Tur-Kaspa ve Dromi, 1998) özellikle cümle kurma, ek kullanımı ile bağlayıcı sözcüklerde zorluk yaşandığı belirlenmiştir (Zamanı ve ark., 2018).

Hikaye oluşturma becerilerinde (Bernaix, 2013), imla ve ses ayırt etme konularında (Geer ve Hayes, 2010) akran geriliği gözlemlenirken; yazma hızlarının daha yavaş olduğu ve yazım sırasında daha fazla duraksadıkları sonucuna varılmıştır (Gardenfors ve Johansson, 2023). Yazma becerilerini etkileyen unsurlar incelendiğinde; zengin okuryazarlık ortamının zayıf dil becerisine sahip çocuklarda gelişimi hızlandırdığı (Easterbrooks ve ark., 2010) ve müdahale programlarının hem yazılı hem de işaret dilindeki anlatı becerilerini artırdığı görülmüştür (Milaham, 2020). Ayrıca teknoloji kullanımının el yazısına oranla daha kaliteli ürünler ortaya koymayı teşvik ettiği (Stoner ve ark., 2005) ve bireylerin hikaye yazarken bildikleri kelimeleri seçebilmeleri sayesinde, dikte edilen tekil kelimelere göre daha başarılı oldukları saptanmıştır (Straley ve ark., 2016). Son dönem çalışmalarında ise işitme kayıplı bireylerin yazılarında zihin kuramı izlerine rastlanmış (Chilton ve ark., 2019) ancak genel olarak okuma-yazma güçlüğü oranının bu grupta yüksek seyrettiği vurgulanmıştır (Sugaya ve ark., 2019).

SONUÇ

Bu çalışmada ele alınan araştırmalar incelendiğinde; ulusal alanyazında işitme kayıplı bireylerin erken okuryazarlık becerilerine yönelik değerlendirme çalışmalarının sınırlı olduğu, uluslararası alanyazında ise bu çalışmaların yoğunlaştığı görülmektedir. Değerlendirme araştırmalarında, eğitim sürecine yansıyan yaklaşımlar içinde işitme kayıplı bireylerin kendi yaşantılarından yola çıkılarak tasarlanan etkinliklerin kalıcılığının daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Çalışmalarda, bu bireylerin anlama düzeylerini derinlemesine incelemek amacıyla ikinci çocukluk dönemi öncesindeki sözlü dil ve yazılı anlatım becerilerinin birlikte ele alınması gerektiği vurgulanmaktadır. Bazı araştırmalarda ise sözlü dil ile yazılı anlatım becerilerinin ayrı ayrı değerlendirilmesinin ve bireylerin bu becerilere yönelik gelişimlerinin farklı ortamlarda desteklenmesinin büyük önem taşıdığı aktarılmaktadır. Bu doğrultuda, işitme kayıplı bireylerin dil ve okuryazarlık gelişimlerini bir arada destekleyen yaklaşımların eğitim-öğretim sürecine yansıtıldığı çalışmaların değerlendirilmesi önerilmektedir. Alanyazına bir bütün olarak bakıldığında; yapılan değerlendirme çalışmalarında işitme kayıplı bireylerin bulundukları ortamların incelendiği, yazının tüm bileşenlerinin ele alındığı ve yazılı anlatım becerisinin kullanıldığı bağlamların değerlendirildiği görülmektedir. Bu araştırmaların, bireylerin yazılı anlatım becerilerini derinlemesine ortaya koyduğu ve gelişim sürecinde zorlanılan alanları netleştirdiği belirlenmiştir. Katılımcı özellikleri açısından ise hem ulusal hem de uluslararası alanyazında sözlü dil kullanan bireylerle yapılmış çalışmalar yoğunluktayken, cihaz kullanmayan bireyleri odağa alan araştırmalar sınırlıdır. Öte yandan uluslararası alanyazında, sözlü dil ile birlikte işaret dilinin de kullanıldığı araştırmaların yaygın olduğu dikkat çekmektedir. Yöntemsel açıdan bakıldığında, nitel yöntemle yürütülen derinlemesine incelemelerin yanı sıra nicel yönteme dayalı geniş örneklemli çalışmalar da yoğunluktadır. Uluslararası alanyazında bu iki yöntemin bir arada kullanıldığı karma desenli araştırmalara da rastlanmaktadır. Sonuç olarak, bu tür değerlendirme çalışmalarının işitme kayıplı bireylere yönelik öğretim programlarının hazırlanmasına yön vereceği düşünülmektedir. Ayrıca gelecek çalışmalarda katılımcı gruplarının genişletilmesi ve süreçlerin boylamsal olarak incelenmesi önerilmektedir.

KAYNAKÇA

Antia, S. D., Reed, S., & Kreimeyer, K. H. (2005). Written language of deaf and hard- of-hearing students in public schools. *Journal of Deaf Studies and Deaf Education, 10(*3), 244-255. https://doi.org/10.1093/acprof:oso/9780199827282.001.0001

Andrews, J. F., & Gonzales, K. (1992). Free writing of deaf children in kindergarten. *Sign Language Studies*, (74), 63–78. Gallaudet University Press.
https://www.jstor.org/stable/26204612

Arfé, B., D'ambrosıo, S., & Malfa, S. L. (2010). How hearing and hearing-impaired children differentıate emergent writing from drawing. *Educational Studies in Language and Literature, 10*(1), 5-21.

Alatlı, R., ve Servi, C. (2017). Ortaokula devam eden işitme engelli öğrencilerin yazı performanslarının incelenmesi: örnek grup çalışması. *Ankara Üniversitesi Eğitim Bilimleri Fakültesi Özel Eğitim Dergisi, 18*(1), 27- 43. DOI: 10.21565/ozeleğitimdergisi.292065

Batur, Z., ve Atmaca, B. (2018). 5. ve 8. sınıflarda işitme cihazı kullanan öğrencilerin yazılı anlatım becerilerinin incelenmesi ve kelime servetlerinin belirlenmesi. *Avrasya Dil Eğitim ve Araştırmaları Dergisi, 2*(2), 126-152.

Bernaix, N. E. (2013). *Oral and written narrative production in children who are deaf and hard of hearing*. [Yayımlanmamış yüksek lisans tezi]. Washington University School of Medicine.

Cepdibi, S. (2020). *İşitme yetersizliği olan öğrencilerin yazılı dil becerilerinin karşılaştırmalı olarak incelenmesi*. [Yayımlanmamış yüksek lisans tezi]. Ankara: Ankara Üniversitesi.

Cheng, S., & Rose, S. (2009). Investigating the technical adequacy of curriculum-based measurement in written expression for students who are deaf or hard of hearing. *Journal Of Deaf Studies And Deaf Education, 14*(4), 503-515. doi:10.1093/deafed/enp013

Chilton, H., Mayer, C. & Mccracken, W. (2019). Evidence of theory of mind in the written language of deaf children. *Journal Of Deaf Studies And Deaf Education, 24*(1), 32-40. doi:10.1093/deafed/eny027

Easterbrooks, S. R., Lederberg, A. R., & Connor, C. M. (2010). Contributions of the emergent literacy environment to literacy outcomes for young children who are deaf. *American Annals Of The Deaf, 155*(4), 467-480. https://doi.org/10.1353/aad.2010.0024

Efe, A., ve Karasu, P. (2017). Kaynaştırma Eğitimine Devam Eden İşitme Engelli Öğrencilerin Yazdıkları Öykülerin İncelenmesi. *Ankara Üniversitesi Eğitim Bilimleri Fakültesi Özel Eğitim Dergisi, 18*(03), 329-354. https://doi.org/10.21565/ozelegitimdergisi.330878

Erdiken, B. (1989). *Eskişehir Sağırlar okulu ve Anadolu Üniversitesi İÇEM'de ortaokul sınıflarına devam eden 13-14 yaş işitme engelli öğrencilerin yazılı anlatım becerilerinin belirlenmesi*. [Yayımlanmamış yüksek lisans tezi]. Eskişehir: Anadolu Üniversitesi.

Gardenfors, M. & Johansson, V. (2023). Written products and writing processes in swedish deaf and hard of hearing children: an explorative study on the impact of linguistic background. *Frontiers İn Psychology,* 1-21. DOI 10.3389/fpsyg.2023.1112263

Geers, A. E., & Hayes, H. (2010). Reading, writing, and phonological processing skills of adolescents with 10 or more years of cochlear implant experience. *Ear & Hearing, 32*(1), 49–59.

Göçmenler, H. (2016). *Koklear implant kullanan çocuklarda okuma ve yazma becerilerinin değerlendirilmesi*. [Yayımlanmamış yüksek lisans tezi]. İstanbul: Marmara Üniversitesi.

Girgin, Ü., ve Karasu, H. P. (2007). İşitsel/sözel yaklaşımla eğitim gören işitme engelli öğrencilerin yazılı anlatım becerilerinin değerlendirilmesi. *Hacettepe Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi, 33*(33).

Gunawan, W., Wirza, Y., & Holik, N. A. (2020). Textual construction of the hearing-impaired students' recount texts: a case of students with special needs in writing to mean. *Indonesian Journal Of Applied Linguistics, 10*(2), 526-537. https://doi.org/10.17509/ijal.v10i2.28603

Karasu, H. P., ve Girgin, Ü. (2007). Kaynaştırmadaki işitme engelli öğrencilerin yazılı anlatım beceri düzeylerinin değerlendirilmesi. *Anadolu Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi, 07*(1)

Karasu, H. P. (2017). Examining activities concerning the use of words encountered in content area courses in writing by children with hearing loss. *Journal Of Education And Practice, 8*(11).

Karasu, G., Uzuner, Y., ve Beral, A. (2018). İşitme engelli üniversite öğrencilerinin yazma sürecinde uygulanan etkinlik ve stratejilerin incelenmesi. *Ege Eğitim Dergisi* , *19*(1), 262-283. https://doi.org/10.12984/egeefd.343127

Karasu, H. P. (2020). Development of emergent literacy skills of a child with hearing loss: a longitudinal case study. *Educational Studies, 46*(5), 513-531.,
https://doi.org/10.1080/03055698.2020.1745623

Kauffman, L. J. (2005). *A comparison of the writing characteristics of deaf and hard of hearing students and the influences of demographic background and pedagogy on writing outcomes*. [Yayımlanmamış yüksek lisans tezi]. University of Kansas.

Köse, B. (2019). *Koklear implant kullanıcısı çocuklarda çalışma belleği ve kısa süreli belleğin akademik başarı üzerine etkisi*. [Yayımlanmamış yüksek lisans tezi]. İstanbul: Marmara Üniversitesi.

Lasserson, T. J., Thomas, J. ve Higgins, J. P. T. (2019). Starting a review. In J. P. T. Higgins vd. (Eds), *Cochrane handbook for systematic reviews of interventions* (2), 3-12. Hoboken: Wiley-Blackwell.

Mayer, C., Watson, L., Archbold, S., & Mulla, Z. Y. N. &. İ. (2016). Reading and writing skills of deaf pupils with cochlear implants. *Deafness & Education International, 18*(2), 71-86. DOI: 10.1080/14643154.2016.1155346

Milaham, R. S. (2020). Narrative story-telling in developing signed and written texts for students with hearing loss in Bassa, Plateau state, Nigeria. *Journal of Educational Research in Developing Areas*, *1*(2), 88-99. https://doi.org/10.47434/JEREDA.1.2.2020.88.

Moher, D., Liberati, A., Tetzlaff, J., Altman, D., & PRISMA Group. (2009). Preferred reporting items for systematic reviews and meta-analysis. *PloS Medicine*, *6*(7), 332-336.,
https://doi.org/10.1016/j.ijsu.2010.02.007

Piştav Akmeşe, P. (2014). *Koklear implantlı ve normal işiten çocukların dil becerilerinin öyküleme yoluyla incelenmesi* [Yayımlanmamış yüksek lisans tezi]. Ankara: Ankara Üniversitesi, Eğitim Bilimleri Enstitüsü.

Stoner, M. L., Easterbrooks, S. R., & Laughton, J. M. (2005). Handwritten and word-processed story retellings by school-aged students who are deaf. *Journal of Special Education Technology*, *20*(3), 35–44.

Straley, S. G., Hendricks, K. L. W., &. A., E. (2016). Spelling in written stories by school-age children with cochlear implants. *Deafness & Education International*, *18*(2), 67-70. DOI: 10.1080/14643154.2016.1143168

Sugaya, A., Fukushima, K., Takao, S., N. K., Maeda, Y., Fujiyoshi, A., Y. K., S. K., & K. N. (2019). Impact of reading and writing skills on academic achievement among school-aged hearing-impaired children. *İnternational Journal Of Pediatric Otorhinolaryngology*. https://doi.org/10.1016/j.ijporl.2019.109619

Tiryaki, E. N. (2014a). Ortaokulda öğrenim gören işitme engelli öğrencilerin yazılı metinlerini oluşturmadaki sorunları. *Ana Dili Eğitimi Derğisi*, *2*(3), 101-121.

Tiryaki, E. N. (2014b). Ortaokulda öğrenim gören işitme engelli öğrencilerin yazılı anlatım beceri düzeylerinin belirlenmesi. *Mustafa Kemal Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, *11*(26), 247- 258.

Tur- Kaspa, H., & E. D. (1998). Spoken and written language assessment of orally trained children with hearing loss: syntactic structures and deviations . *The Volte Review*, *100*(3), 186-202.

Turgut, N., Karlıdağ, T., Başar, F., Yalçın, Ş., Kaygusuz, İ., Keleş, E., ve Birkent, Ö. F. (2015). İşitme engelli 10-14 yaş arası çocuklarda işitme düzeyi ile yazılı dil becerileri arasındaki ilişkinin incelenmesi. *Kulak Burun Boğaz Ihtis Dergisi*, *25*(1), 32-38.

Watson, L. M. (2000). *The early writing of hearing-impaired children from scribble to sentences* [Yayımlanmamış doktora tezi]. University Of Manchester.

Williams, C. L. (1994). the language and literacy worlds of three profoundly deaf preschool children. *İnternational Reading Association*, *29*(2), 124-155.

Yaşamsal, A. (2010). *Koklear implant olma yaşının yazılı dil becerisi ile ilişkisinin incelenmesi*. [Yayımlanmamış yüksek lisans tezi], Ankara: Hacettepe Üniversitesi.

Yılmaz, K. (2021). Sosyal bilimlerde ve eğitim bilimlerinde sistematik derleme, meta değerlendirme ve bibliyometrik analizler. *MANAS Sosyal Araştırmalar Dergisi*, *10*(2), 1269-1286. https://doi.org/10.33206/mjss.818559

Yoshinaga-Itano, C., & Downey, M. D. (1996a). Development of school-aged deaf, hard-of-hearing, and normally hearing students written language. *Volta Review*, *98*(1), 3-7.

Yoshinaga-Itano, C., & Downey, M. D. (1996b). Section 1. examining written-language assessment and intervention: limks to literacy. the effect of hearing loss on the development of metacognitive strategies in written. *Volta Review*, *98*(1), 97-143.

Yoshinaga-Itano C., Snyder L. S., & Mayberry R. (1996). Examining written-language assessment and intervention: links to literacy. how deaf and normally hearing students convey meaning within and between written sentences.. *Volta Review*, *98*(1), 9-38.

Zamani, P., Soleymani, Z., Mousavi, S., & Akbari, N. (2018). Assessment of narrative writing by persian-speaking students with hearing impairments. *Wiley Online Library*, *43*, 904–911. https://doi.org/10.1111/coa.13087

İŞİTME KAYIPLI ÖĞRENCİLERİN YAZILI ANLATIM BECERİLERİNİN GELİŞİMİ AMACIYLA GERÇEKLEŞTİRİLEN ÖĞRETİME YÖNELİK ARAŞTIRMALARIN İNCELENMESİ

AN INVESTIGATION OF INSTRUCTIONAL RESEARCH AIMED AT DEVELOPING THE WRITTEN EXPRESSION SKILLS OF STUDENTS WITH HEARING LOSS

Yusra POLAT
Elbruz Bilge Özel Eğitim Uygulama Okulu III. Kademe, Odunpazarı/Eskişehir
ORCID: 0009-0000-6874-3749

Prof. Dr. H. Pelin KARASU
Anadolu Üniversitesi Eğitim Fakültesi, Özel Eğitim Bölümü, Tepebaşı/Eskişehir
ORCID: 0000-0002-9612-9858

ÖZET

Yazılı anlatım becerisi bireyin duygularını, düşüncelerini, yaşantılarını ve hayallerini dilin kuralları çerçevesinde yazılı sembollerle aktarma yoludur. Bireyin yazılı anlatım becerisinin gelişimini etkileyen bir yetersizliği olması durumunda birçok zorluk yaşamaktadır. İşitme kaybı da yazılı anlatım becerisini etkileyen yetersizliklerden biridir. Bu nedenle işitme kayıplı öğrencilerin yazılı anlatım becerilerini geliştirmek amacıyla bireysel ihtiyaçları doğrultusunda öğretim uygulamaları ve yöntemleri gerekmektedir. Bu çalışmada, işitme kayıplı öğrencilerin yazılı anlatım becerilerinin gelişimi amacıyla gerçekleştirilen öğretime yönelik araştırmaların incelenmesi amaçlanmıştır. Bu çalışma, sistematik derleme yöntemi kullanılarak tasarlanmıştır. Dahil etme ve hariç tutma kriterlerine göre ele alınan 120 çalışmadan 4'ü ulusal, 27'si uluslararası alanyazında yayımlanmıştır. Bu derleme çalışmasında, araştırmalarda odaklanılan yazılı anlatım becerileri, kullanılan öğretim yöntemleri, öğretim uygulama süreleri, araştırmaların sonuç ve önerileri analiz edilerek yorumlanmıştır. Araştırma sonucunda, işitme kayıplı öğrencilerin yazılı anlatım becerilerini geliştirmek amacıyla yapılan öğretim araştırmalarının uluslararası alanyazında daha yoğun olduğu, ulusal alanyazında sınırlı çalışmaların bulunduğu görülmüştür. Öğretime yönelik çalışmaların sonuçlarında, işitme kayıplı öğrencilerin yazılı anlatım becerilerini geliştirmeye yönelik bu çalışmalardan fayda sağladığı belirtilmektedir. Bu sonuçlardan yola çıkılarak ulusal ve uluslararası alanyazında yazılı anlatım becerilerinin gelişimi amacıyla kullanılan öğretim yöntemlerinin işitme kayıplı öğrencilerin eğitim programlarına dahil edilmesinin akademik becerilerin gelişimi açısından önemli avantajlar sağlayacağı söylenebilir.

Anahtar Kelimeler: İşitme kaybı, koklear implant, yazılı anlatım becerisi, öğretim araştırmaları

ABSTRACT

Written expression skill is the way an individual conveys their emotions, thoughts, experiences, and dreams through written symbols within the framework of language rules. If an individual has a disability that affects the development of written expression skills, they experience many difficulties. Hearing loss is one of the disabilities that affects written expression skills. Therefore, instructional practices and methods tailored to the individual's needs are required to develop the written expression skills of individuals with hearing loss. In this study, it was aimed to examine the instructional research conducted to improve the written expression skills of individuals with hearing loss. This study was designed using the systematic review method. In this process, out of 120 studies considered according to inclusion and exclusion criteria, 4 instructional research studies from national literature and 27 from international literature were reached. The written expression skills focused on in the research, the instructional methods used in the studies, the duration of instructional implementation, and the results and suggestions of the research were analyzed and interpreted. As a result of the research, it was observed that instructional research conducted to improve the written expression skills of individuals with hearing loss is more intensive in international literature, while there are limited studies in national literature. The results of the instructional studies showed that individuals with hearing loss benefited from these studies aimed at improving their written expression skills. It can be said that these instructional methods are expected to form a basis for the educational programs of students with hearing loss.

Keywords: Cochlear implant, hearing loss, teaching research, writing skills

GİRİŞ

Yazılı anlatım becerisi kişinin hislerini, fikirlerini ve deneyimlerini edinilmiş dilin kuralları etrafında semboller yoluyla gerçekleştirdiği karmaşık bir yapıdır. Yalnızca sözcüklerin kullanılması değil; düşünceleri planlanması, yazılı ürünü gözden geçirme ve düzeltmenin olduğu üst bilişsel bir süreçtir. Çağımızda yazılı anlatım becerisi; akademik kariyerden, iş alanında uzmanlaşmaya, medya etkileşimlerinden, resmi iş ve işlemlere kadar birçok alanda bireyin kendini aktarma şekli olarak görülmüştür. Yazılı anlatım becerilerinde bir yetersizliğin yaşanması bireyin hayatında birçok olumsuzluk yaşamasına neden olmaktadır. İşitme kaybı yaşayan birey, kritik dönemde dil ediniminde gecikme yaşamasından dolayı yazılı anlatım becerisinin gelişiminde de gecikmeler ortaya çıkmaktadır, bu sebeple işitme kaybı yazılı anlatım becerisinin gelişimini etkileyen etkenlerden biridir. İşitme kaybı yaşayan bireyler söz dizimi, sözcük dağarcığı, yazım kuralları kullanımı bakımından ciddi sorunlarla karşılaşmaktadırlar. Yazma sürecine yönelik strateji öğretimi ve görsellerle desteklenmiş yöntemler, yazılı anlatım becerilerinde performanslarını artırmaya yönelik gelişmeler sağlayabilmektedir. Bu doğrultuda işitme kayıplı bireylerin yazılı anlatım becerilerinin geliştirmek için bireysel ihtiyaçlarına yönelik öğretim uygulamaları ve yöntemleri gerekmektedir. Yazılı anlatım becerilerine yönelik yapılan öğretim çalışmaları incelendiğinde ulusal ve uluslararası alanyazında yapılan çeşitli çalışmalara rastlanmıştır (Karasu ve ark., 2015; Sarıkaya, 2018; Williams, 2011; Safitri ve Ma'rifah, 2017; Aberth ve Werfel, 2019; Kellogg, 2021; Dostal ve ark., 2019; Wolbers ve ark., 2020; Aboudi, 2022). Bu nedenle bu araştırmada işitme kayıplı öğrencilerin yazılı anlatım becerilerini geliştirmeye yönelik yapılan öğretim araştırmalarının incelenmesi amaçlanmıştır. Bu amaç doğrultusunda; (a) araştırmalarda odaklanılan yazılı anlatım özellikleri nelerdir? (b) araştırmalarda kullanılan öğretim yöntemleri nelerdir? (c) öğretim uygulama süreleri nasıldır? ve (d) uygulama sonrası öne çıkan sonuçlar ve öneriler nelerdir? sorularına cevap aranmıştır.

ARAŞTIRMA VE BULGULAR

Yöntem

Bu çalışma sistematik derleme yöntemi ile yapılmıştır. Sistematik derleme belirlenmiş bir soruya cevap ya da soruna çözüm oluşturmak için, o alanda yayınlanmış bütün araştırmaların kapsamlı bir şekilde taranarak, dahil etme ve hariç tutma kriterlerine göre gözden geçirilerek kriterlere uygun çalışmaların belirlenmesi, derlemeye alınacak çalışmalardaki bilgilerin sentez edilmesidir (Burns ve Grove, 2007; Higgins ve Green, 2011). Bu nedenle araştırmanın amacı Moher ve ark., (2009) tarafından düzenlenen alanyazında inceleme aşamaları izlenerek araştırmanın amacı, gözden geçirme, dahil etme ve hariç tutma kriterler belirlenerek araştırmanın analizi, değerlendirilmesi, bulguların dökümü betimlenmiştir.

Arama Stratejileri

Araştırmada, American Psychological Association (APA), Dergipark, Eric, Scopus, Tr Dizin, Oxford Journals, Ebscohost, Elsevier, Jstor, Taylor & Francis, Science Direct, SpringerLink, Proquest, Sage Journals, Web of Science, Wiley veri tabanları kullanılmıştır. Veri tabanlarında başlıklar ve özetler; "işitme kaybı", "koklear implant", "işitme cihazı", "işitme güçlüğü", "yazma", "yazılı anlatım becerisi", "öğretim yöntemi" anahtar terimleri kullanılarak aranmıştır.

Dahil Etme Kriterleri

Bu araştırmada dahil etme ve hariç tutma kriterleri belirlenmiş olup araştırmanın amacına uygun yanıtlar belirlenmiştir. Bu araştırmada ulusal ve uluslararası alanyazında işitme kayıplı bireylerin yazılı anlatım becerilerini geliştirmeye yönelik yapılmış öğretim çalışmalarını belirlemek için dahil etme ve hariç tutma kriterleri aşağıdaki gibi sıralanmıştır. Dahil etme kriterleri;

a) Katılımcıların işitme kayıplı bireyler olması
b) Yazılı anlatım becerilerini geliştirmeye yönelik öğretim uygulamasının olması
c) Katılımcıların işitme kaybı dışında ek bir engellerinin bulunmaması

Derleme çalışmaları olması hariç tutma kriterini oluşturmuştur.

Veri Yönetimi ve Kodlama

Bu araştırmanın kodlama aşaması araştırma kodlama formu ile yapılmıştır. Alanyazından destek alınarak araştırmacılar tarafından doldurulan kodlama formu, araştırmanın yılı, amacı, katılımcıları,

yöntem açısından ele alınarak yazılı anlatım becerilerini geliştirmeye yönelik kullanılan öğretimsel yöntemlerin tespiti ve sonuçları doğrultusunda meydana getirilmiştir. Tarama sürecinde bulunan çalışmalar işitme kayıplı öğrencilerin eğitiminde çalışan uzman tarafından da kodlanmış ve güvenirlik çalışması gerçekleştirilmiştir. Araştırmada dahil etme kriterlerine uygun olan çalışmalar %30'u diğer kodlayıcı tarafından analiz edilmiş, son aşamada araştırmacılar içerisinde güvenirlik ve moderatörlerin kodlaması %100 olarak hesaplamıştır

Çalışmaların Değerlendirilmesi

Bu araştırmanın derleme aşamasında 120 çalışma belirlenen dahil etme ve hariç tutma kriterlerine göre iki yazar tarafından ilgililik, güvenirlik ve kesinlik kriterlerine göre analiz edilmiştir. Çalışmalar incelenirken ilgililik kriteri bakımından işitme kayıplı bireylerin yazılı anlatım becerilerine yönelik öğretim yapan araştırmalara göre ele alınmıştır. Bu süreçte 120 çalışmadan 4'ünün ulusal alanyazından, 27'sinin uluslararası alanyazında yapılan öğretim araştırması olduğu görülmüştür.

Bulgular

İşitme kayıplı öğrencilerin yazılı anlatım becerilerini geliştirmeye yönelik yapılan öğretim araştırmalarından elde edilen veriler; (a) araştırmalarda odaklanılan yazılı anlatım özellikleri, (b) araştırmalarda kullanılan öğretim yöntemleri, (c) uygulama süreleri, (d) araştırmaların sonuç ve önerileri esas alınarak betimsel olarak analiz edilmiştir.

Araştırmalarda Odaklanılan Yazılı Anlatım Becerileri

Bu çalışmada ulusal alanyazında analiz edilen araştırmalarda içerik, planlama, sözcük dağarcığı, noktalama ve yazım kuralları olmak üzere yazılı anlatım becerilerine bir bütün olarak bakılmıştır (Erdiken, 1996; Sarıkaya, 2018). Yürütülen bir araştırmada söz dizimi, sözcük dağarcığı, yazım ve noktalama kuralları incelenirken (Karasu ve ark., 2015); bir diğer araştırmada ise işitme kayıplı bireylerin oluşturdukları yazılı ürünler; ek ve cümle düzeyinde ses, hece, sözcük ekleme, silme, yerine koyma ve yeniden düzenleme becerileri açısından ele alınmıştır (Özmen ve ark., 2025). Uluslararası alanyazında yapılan öğretim araştırmalarında ise yazılı anlatım becerileri oldukça çeşitli yönleriyle ele alınmıştır. Bu doğrultuda ilk yıllarda yapılan çalışmalarda konu, içerik geliştirme, planlama, detaylandırma, üslup, kelime seçimi, cümle yapısı, dil bilgisi kuralları ve yazı bütünlüğü üzerinde durulurken (Schirmer ve ark., 1999); sonraki yıllarda yaratıcı yazma, rehberli/serbest yazma, günlük tutma ve ders sonu değerlendirme becerisi gibi konulara odaklanılmıştır (Lang ve Albertini, 2001). Alanyazındaki bir araştırmada yazılı ürünlerde sıfatlar, fiiller ve hikâye ögelerinin gelişimine bakılırken (Easterbrooks ve Stoner, 2006); farklı bir çalışmada yazı türleri, planlama, bağlama uygun dil kullanımı ile gözden geçirme ve düzeltme süreçleri öğretim bağlamında incelenmiştir (Wolbers, 2007). Wolbers (2008) yazının konusunu belirleme, planlama ve yazı türü özellikleri üzerinde çalışma gerçekleştirirken; Williams (2011) araştırmasında yazım kuralları, stratejik yazma ve öz yeterlilik becerilerinin geliştirilmesini amaçlamıştır. Yürütülen bir diğer araştırmada yazının biçimi ve sözcük dağarcığı ele alınmış (Wolbers ve ark., 2011); başka bir araştırmada ise işaret dili gelişimi, yazılı anlatım becerileri ve bu becerileri etkileyen faktörler birlikte değerlendirilmiştir (Dostal ve Wolbers, 2014). Lederberg ve ark. (2014) ses ayırt etme, ses bilgisi ve sözcük dağarcığı üzerine bir öğretim tasarlarken; Dostal ve ark. (2015) sözcük, cümle ve metin yapısını analiz etmişlerdir. Benzer şekilde Wolbers ve ark. (2015) yazı türlerine ve yazılı ürünlerin genel özelliklerine odaklanmış; Haider (2016) ise organizasyon, içerik, dil kullanımı ve sözcük dağarcığı becerilerini ele almıştır. Scott ve Yaden (2016) yazma motivasyonuna, ses-yazı ilişkisine ve dikte çalışmalarına odaklanmıştır. Ele alınan bir diğer öğretim araştırmasında heceleme/yazma ve sözcük dağarcığı gelişimi incelenmiş (Safitri ve Ma'rifah, 2017); bir başkasında ise yazı türleri, yazma süreci, yazım kuralları ve cümle karmaşıklığı alanlarında öğretim yapılmıştır (Wolbers ve ark., 2018). Bazı araştırmalarda yazma süreci (Dostal ve ark., 2019; Malik ve Din, 2019), dil gelişimi ve yazım kurallarını incelerken (Bajarh, 2019); bazılarında ise yazı türleri (Aberth ve Werfel, 2019) ile söz dizimi, yazım kuralları ve el yazısı becerilerinin (Wolbers ve ark., 2020) ele alındığı görülmüştür. Dahası, alanyazındaki bazı çalışmalarda bilgi verici metin yapısı, yazı biçimi ve strateji kullanımı (Kellogg, 2021) ile bilişsel süreçler, gözden geçirme/düzeltme, metin yapısı ve metin kalitesi (Ashraf ve ark., 2021) alanlarına odaklanılmıştır.

Williams ve ark. (2021) yazım kuralları, erken okuryazarlık becerileri, okuma-yazma ilişkisi ve bireysel ihtiyaçlara göre şekillenen becerilerin gelişimi için öğretim yürütmüşlerdir. Dunn ve ark. (2022) bağımsız yazma becerileri ile yazma stratejilerinin geliştirilmesini amaçlamış; Grenner ve ark. (2022) yazılı anlatım performanslarını ölçmüş ve Aboudi (2022) fikir üretme, planlama, üslup, sözcük dağarcığı, cümle akıcılığı ve yazım kuralları unsurlarını incelemiştir. Son olarak Getahun ve Asefaw (2024) araştırmalarında; konu belirleme, planlama, kelime seçimi/kullanımı, yazım/noktalama kuralları ve metin oluşturma süreçlerini kapsamlı olarak ele almışlardır.

Araştırmalarda Kullanılan Öğretim Yöntemleri

Ulusal ve uluslararası alanyazında işitme kayıplı öğrencilerin yazılı anlatım becerilerine yönelik öğretim araştırmalarının, bu becerileri çeşitli boyutlarıyla ele aldığı görülmektedir. Ulusal alanyazındaki öğretim çalışmaları incelendiğinde, farklı öğretim yaklaşımlarının yazma süreci üzerindeki etkisinin test edildiği dikkat çekmektedir. Bu doğrultuda yürütülen çalışmalarda; iş birliği/gözlem yöntemi ile anlatım yöntemi karşılaştırılmış (Erdiken, 1996); dil deneyim yönteminin yazma becerilerine etkisi incelenmiş (Karasu ve ark., 2015); problem çözme basamaklarına dayalı görsel etkinliklerle öğretim tasarlanmış (Sarıkaya, 2018) ve gözden geçirme-düzeltme sürecinin aşamaları yazılı ürünler üzerinden analiz edilmiştir (Özmen ve ark., 2025). Uluslararası alanyazındaki öğretim araştırmaları incelendiğinde ise ilk çalışmalarda yazma değerlendirme ölçekleri ile stratejilerin geliştirildiği ve doğrudan öğretime odaklanıldığı görülmektedir (Schirmer ve ark., 1999). Sonraki süreçte, yazarak öğrenme stratejilerinin etkililiğine odaklanılmış (Lang ve Albertini, 2001) ve görsel materyallerle desteklenen uygulamalar gerçekleştirilmiştir (Easterbrooks ve Stoner, 2006). Yazma gelişimini desteklemek amacıyla dengeli ve etkileşimli yazma öğretimi yöntemi kullanılırken (Wolbers, 2007); stratejik ve etkileşimli yazma öğretimi yöntemi de (SIWI) yaygın biçimde tercih edilmiştir (Aboudi, 2022; Dostal ve ark., 2015; Dostal ve Wolbers, 2014; Wolbers, 2008; Wolbers ve ark., 2011; Wolbers ve ark., 2015; Wolbers ve ark., 2018; Wolbers ve ark., 2020). Ayrıca, bu yaklaşımın temel ilkelerinden biri olan etkileşimli yazma öğretimi yöntemiyle de bağımsız çalışmalar yürütülmüş (Bajarh, 2019; Dostal ve ark., 2019; Getahun ve Asefaw, 2024; Safitri ve Ma'rifah, 2017; Williams, 2011); bunların yanı sıra erken okuryazarlık müdahale programlarının etkililiği (Lederberg ve ark., 2014) ve süreç yaklaşımının yazma becerilerini geliştirmedeki rolü de değerlendirilmiştir (Haider, 2016). Alanyazındaki diğer araştırmalarda ise iskeleli yazma öğretiminin etkisine bakılmış (Scott-Weich ve Yaden, 2016); bilimsel ve analitik yazma araçlarıyla öğrencilerin performansları incelenmiş (Malik ve Din, 2019) ve öz düzenleme stratejisi geliştirme öğretim yöntemi kullanılmıştır (Aberth ve Werfel, 2019; Kellogg, 2021). Benzer şekilde, bir araştırmada yazma sorunları bilişsel model temelinde giderilmeye çalışılırken (Ashraf ve ark., 2021); diğer çalışmalarda yoğunlaştırılmış okuma-yazma programları uygulanmış (Williams ve ark., 2021), gözlem yoluyla öğrenme yöntemiyle süreç desteklenmiş (Grenner, 2022) ve yapılandırılmış yazma eğitimi programları hayata geçirilmiştir (Dunn ve ark., 2022). Sonuç olarak, uluslararası alandaki öğretim araştırmalarının yöntemsel bir çeşitlilik barındırdığı; bununla birlikte en çok tercih edilen yaklaşımın stratejik ve etkileşimli yazma öğretimi ile bu yöntemin ilkelerine dayanan uygulamalar olduğu söylenebilir.

Öğretim Uygulama Süreleri

Bu çalışmaya dahil edilen öğretim araştırmaları uygulama süreleri açısından incelendiğinde; ulusal alanda yapılan çalışmaların 1-4 ay içerisinde tamamlandığı görülürken (Erdiken, 1996; Karasu ve ark., 2015; Özmen ve ark., 2025; Sarıkaya, 2018), uluslararası alanda ise 1 eğitim-öğretim yılını (n = 8) kapsayan araştırmaların yoğunlukta olduğu belirlenmiştir (Dostal, 2015; Lang ve Albertini, 2001; Lederberg ve ark., 2014; Schirmer ve ark., 1999; Williams, 2011; Wolbers, 2011; Wolbers ve ark., 2015; Wolbers ve ark., 2020). Uluslararası araştırmalar arasında uygulama süresi 1-4 ay arasında değişen çalışmalar da (n = 16) önemli bir yer tutmaktadır (Aboudi, 2022; Ashraf ve ark., 2021; Bajarh, 2019; Dostal ve Wolbers, 2014; Dunn, 2022; Easterbrooks ve Stoner, 2006; Getahun ve ark., 2024; Grenner ve ark., 2022; Kellogg, 2021; Malik ve Din, 2019; Safitri ve Ma’rifah, 2017; Scott-Weich ve Yaden, 2016; Williams ve ark., 2021; Wolbers, 2007; Wolbers, 2008; Wolbers ve ark., 2018).

Bunların yanı sıra, alanyazında 5-10 ay arası öğretim uygulaması yapan araştırmalar (n = 2) ile (Aberth ve Werfel, 2019; Haider, 2016) boylamsal bir yaklaşımla 3 yıl boyunca uygulama yürüten bir çalışma da (Dostal ve ark., 2019) mevcuttur. Söz konusu uygulama süreleri içinde gerçekleştirilen toplam oturum sayıları ve oturum süreleri ise çalışmalara göre değişkenlik göstermektedir.

Araştırmaların Sonuç ve Önerileri

Bu çalışmada ele alınan ulusal ve uluslararası araştırmalarda işitme kayıplı bireylerin yazılı anlatım becerilerini geliştirmeye yönelik yapılan öğretim çalışmalarında çeşitli yöntemlerin kullanıldığı görülmüştür. Ulusal alanyazında yapılan araştırmalara bir bütün olarak bakıldığında sınırlı sayıda öğretim çalışmasına rastlanmaktadır. Bir araştırmada işitme kayıplı bireylerin yazılı anlatım becerilerini geliştirmek amacıyla işbirliği-gözlem yöntemi kullanılmış anlatım yöntemi ile karşılaştırılarak etkililiği ortaya konulmuştur (Erdiken, 1996). Bir diğer araştırmada dil deneyim yaklaşımı ile öğretim yapılarak yazının biçiminde olumlu gelişmeler sağlanmış, yöntemin yaygınlaştırılması önerilmektedir (Karasu, 2015). Bir araştırmada problem çözme basamakları kullanılarak oluşturulan görsel materyallerle işitme kayıplı bireylerin yazılı anlatım becerileri geliştirilmesi hedeflenmiştir. Bu yöntemin kullanılan geleneksel yönteme oranla daha etkili olduğu bulunmuştur (Sarıkaya, 2018). Son yapılan çalışmada ise uygulanan birebir düzeltme yöntemi ile işitme kayıplı bireylerin yazılı anlatım becerilerinde içerik zenginliği ve yazım kuralları bakımından olumlu yönde gelişme sağlandığı görülmüştür (Özmen ve ark., 2025). Ulusal alanyazında yapılan çalışmalarda uygulanan öğretim yöntemlerinin süresinin ve niteliğinin gelişimi doğrudan etkilediği aktarılmıştır. Elde edilen bulgulara bakıldığında uygulanan öğretim yöntemlerinin öğretim programlarında daha fazla yer verilmesinin başarıyı arttıracağı düşünülmektedir. Bunun yanı sıra kullanılan görsel materyallerin yazılı anlatım becerilerini geliştirmede etkili olduğu ve uygulama süreçlerinde kullanımının arttırılması önerilmektedir. Uluslararası alanyazında yapılan öğretime yönelik çalışmalar incelendiğinde çeşitli öğretim yöntemlerine rastlanmaktadır. Bir araştırmada yazma değerlendirme yöntemi ile işitme kayıplı bireylerin yazılı anlatım becerilerinin geliştiği, problem çözme ve bilgi verme gibi dil stratejilerini kullanmaya başladığı görülmüştür (Schirmer, 1999). Bir diğer araştırmada yazarak öğrenme stratejisi ile kavramları anlama sürecini olumlu yönde geliştirdiği aktarılmıştır (Lang ve Albertini, 2001). Benzer şekilde, işitme kayıplı bireylerle yapılan öğretim araştırmalarında kullanılan görsel araçların bireylerin yazılarındaki sıfat kullanımını arttırdığı (Easterbrooks ve Stoner, 2006), yazının biçiminde ve yazma sürecinde anlamlı gelişmeler sağladığı görülmüştür (Wolbers, 2007; Wolbers, 2008). Uluslararası alanyazında en çok karşılaşılan stratejik ve etkileşimli yazma öğretim yönteminin yazılı anlatım becerisini geliştirmeye yönelik en etkili öğretim yöntemlerinden biri olduğu tespit edilmektedir. Bu öğretim yönteminin yazının biçimine, yazı türlerine, bağımsız yazma becerilerine ve yazma sürecine önemli katkılar sunduğu görülmektedir. (Wolbers, 2011; Williams, 2011; Wolbers ve ark., 2015; Wolbers ve ark., 2020;). Benzer şekilde yapılan uygulamalarda işaret dili ile yazılı anlatım becerisi bir arada ele alınarak yapılan çalışmalar bulunmaktadır. Araştırmacılar bu öğretim yöntemi ile işitme kayıplı bireylerin yazmaya yönelik tutumlarının ve yazma motivasyonlarının arttığını, özellikle yazılı anlatım becerilerinin görsel materyallerle desteklenmesi ve etkileşimli yazma süreçlerinin öğrencilerin başarılarını doğrudan etkilediğini aktarmışlardır (Dostal ve ark., 2014; Safitri, 2017; Dostal 2019; Aboudi, 2022; Getahun, 2024; Bajarh, 2019). Bir diğer araştırmada kullanılan öğretim yönteminin ses farkındalığı ve sözcük dağarcığı gelişiminde geleneksel yönteme kıyasla daha etkili olduğu görülmüştür (Lederberg ve ark., 2014). Araştırmalarda kullanılan diğer yöntemlere bakıldığında ise süreç odaklı öğretim yöntemi ile iskeleli yaklaşımla öğretim yönteminin yazılı anlatımda olumlu gelişmeler sağladığı ancak bu gelişmelerin kalıcı olmadığı, bireylerin bağımsız yazmaya geçmede yavaş ilerledikleri ortaya konulmuştur (Haider, 2016; Scott-Weich ve Yaden, 2017). Bir araştırmada kullanılan sistematik eğitim programı, yazma sürecini anlamlı düzeyde güçlendirmiştir (Malik, 2019). Sık karşılaşılan bir diğer öğretim yöntemi ise öz düzenleme strateji yöntemidir. Bu öğretim yöntemi hem ekonomik hem de kolay uygulanabilir olsa da (Aberth, 2019), uygulamada yazılı anlatım becerisinin etkililiği üzerinde anlamlı bir ilişki bulunmadığı belirtilmiştir (Kellogg, 2021). Son yıllarda yapılan araştırmalarda bilişsel modele dayalı öğretimlerin, geleneksel yöntemlere göre daha yüksek başarı sağladığı görülmektedir (Ashraf, 2021; Williams, 2021; Dunn, 2022).

SONUÇ

Bu çalışmada ele alınan öğretim araştırmaları incelendiğinde; ulusal alanyazındaki çalışmaların sınırlı sayıda olduğu, uluslararası alanyazında ise bu tür öğretim çalışmalarının yoğunlaştığı görülmüştür. Uluslararası alanyazında özellikle Stratejik ve Etkileşimli Yazma Öğretimi Yöntemi ile bu yöntemin ilkelerinden yola çıkarak kurgulanan uygulamaların yaygın olarak kullanıldığı bulgusu elde edilmiştir. Alanyazında öne çıkan bir diğer yaklaşım ise öz düzenleme yöntemidir. Bu tablodan hareketle, ulusal alanyazında işitme kayıplı bireylerin yazılı anlatım becerilerini geliştirmeye yönelik öğretim çalışmalarının yaygınlaştırılması gerektiği söylenebilir. Mevcut araştırmalarda daha çok yazılı anlatımın biçimsel boyutuna odaklanıldığı dikkate alındığında, yazma sürecini bir bütün olarak ele alan bütüncül araştırmaların artırılması önem arz etmektedir. Uygulama süreleri açısından bakıldığında; ulusal alanyazında 1-4 ay arasında değişen kısa süreli öğretim çalışmalarının yapıldığı görülmektedir. Uluslararası alanyazında ise bu sürenin orta ve uzun vadeli uygulamaları kapsadığı, ancak boylamsal çalışmaların henüz sınırlı düzeyde kaldığı belirlenmiştir. Bu nedenle, hem ulusal hem de uluslararası alanyazında öğretim süreçlerinin vadeleri uzatılarak boylamsal çalışmalara daha fazla yer verilmesi önerilmektedir. Diğer taraftan, araştırmalarda öğretmenlere yönelik yürütülen mesleki uygulamaların öğretim sürecini olumlu yönde etkilediği tespit edilmiştir. Bu bulgudan yola çıkarak, uygulamacılara yönelik mesleki gelişim desteklerinin kurumsallaştırılması yararlı olacaktır. Son olarak, gelecekteki çalışmalarda uygulanan öğretim yöntemlerinin uzun vadeli etkililiğini ve kalıcılığını test etmek amacıyla, yinelenen uygulamalara yer verilmesi alanyazının gelişimi açısından büyük ihtiyaç duyulmaktadır.

KAYNAKÇA

Aberth, J. R., & Werfel, K. L. (2019). The effectiveness of self-regulated strategy development instruction for improving writing abilities in a school-age child with cochlear implants: a single subject research design study. *Deafness and Education International, 23*(1), 64-82. https://doi.org/10.1080/14643154.2019.1688531

Aboudi, C. M. (2022). *The impact of two components of strategic interactive writing intervention (SIWI) on the writing skills of an elementary student with hearing loss* [Yayımlanmamış yüksek lisans tezi]. North Dakota: Minot State University Minot,

Ashraf, S., Jahan, M., Aqib, S., & Bahoo, R. (2021). Improvement of writing skills among students with hearing impairment using the cognitive model: An experimental study. *Review Of Applied Management And Social Sciences, 4*(3), 641-650. https://doi.org/10.47067/ramss.v4i3.169

Bajarh, B. (2019). Teaching written english through interactive approach: An intervention for hearing impaired learners. *Language in India, 19*(9), 139–147.

Burns, N., & Grove, S. K. (2007). *Understanding nursing research: Building an evidence-based practice, 4*, 134-163. China: Saunders.

Dostal, H. M., & Wolbers, K. A. (2014). Developing language and writing skills of deaf and hard of hearing students: a simultaneous approach. *Literacy Research And Instruction, 53*(3), 245 - 268. https://doi.org/10.1080/19388071.2014.907382

Dostal, H. M., Bowers, L., Wolbers, K., & Gabriel, R. (2015). We are authors: A qualitative analysis of deaf students' writing during one year of strategic and interactive writing instruction *(SIWI). Review Of Disability Studies: An International Journal, 11*(2), 1-19.

Dostal, H. M., Wolbers, K. A., & Kilpatrick, J. R. (2019). The Language Zone: Differentiating writing instruction for students who are d/Deaf and hard of hearing. *Writing & Pedagogy, 11*(1), 1–22. https://doi.org/10.1558/wap.30045

Dunn, M., Albagshi, A., & Aldawsari, F. (2022). Investigating writing instruction practices for students with deafness and hearing loss. *Language And Literacy, 24*(2), 153–173. https://doi.org/10.20360/langandlit29528

Easterbrooks, S. R., & Stoner, M. (2006). Using a visual tool to increase adjectives in the written language of students who are deaf or hard of hearing. *Communication Disorders Quarterly, 27*(2), 95–109.

Erdiken, B. (1996). *İşitme engelli çocukların okuma yazma öğrenimi* [Yayımlanmamış doktora tezi]. Eskişehir: Anadolu Üniversitesi.

Getahun, E. G., & Asefaw, G. E. (2024). The effects of interactive writing instructional method on the amharic writing skills of students with hearing impairment. *Bahir Dar Journal Of Education, 24*(2), 85-102. https://dx.doi.org/10.4314/bdje.v24i2.6

Grenner, E., Johansson, V., Van de Weijer, J., & Sahlén, B. (2022). Effects of intervention on self-efficacy and text quality in elementary school students' narrative writing. *Logopedics Phoniatrics Vocology, 46*(2), 53–62. https://doi.org/10.1080/14015439.2019.1709539

Haider, G. (2016). An investigation of the writing processses of students wıth hearing loss: implications for teaching of writing. *International Online Journal Of Primary Education, 5*(1), 1-10.

Higgins, J. P. T., & Green, S. (Eds). (2011). *Cochrane Handbook for Systematic Reviews of Interventions*. Version 5.1.0. Erişim: 30.06.2011. http://www.mrc-bsu.cam.ac.uk/ cochrane/ handbook/

Karasu, H. P., Girgin, Ü., ve Gürgür, H. (2015). İşitme Engelli Bir Çocuğun Okuma Yazma Becerilerinin Dil Deneyim Yaklaşımı ile Desteklenmesi. *Turkish Online Journal of Qualitative Inquiry, 6*(1).

Kellogg, K. (2021). *Teaching writing strategies to students who are deaf or hard of teaching writing strategies to students who are deaf or hard of hearing* [Yayımlanmamış doktora tezi]. Lincoln: Nebraska University

Lang, H. G., & Albertini, J. A. (2001). Construction of meaning in the authentic science writing of deaf students. *Journal Of Deaf Studies And Deaf Education, 6* (4), 258- 284.

Lederberg, A. R., Miller, E. M., Easterbrooks, S. R., & Connor, C. M. (2014). Foundations for literacy: An early literacy intervention for Deaf and hard-of- hearing children, *Journal of Deaf Studies and Deaf Education, 19*(4), 438-455.

Malik, M., & Din, N. U. (2019). Writing skills development among students with deafness at elementary level. *Bulletin Of Education And Research, 41*(1), 1-16.

Moher, D., Liberati, A., Tetzlaff, J., Altman, D., & PRISMA Group. (2009). Preferred reporting items for systematic reviews and meta-analysis. *PloS Medicine, 6*(7), 332-336. https://doi.org/10.1016/j.ijsu.2010.02.007

Özmen, K., Karasu, H. P., ve Akay, E. (2025). Students using cochlear implants in inclusive environment: the process of editing and revising written products. *International Electronic Journal Of Elementary Education, 17*(4),467-478. https://doi.org/10.26822/iejee.2025.392

Safitri, D. R., & Ma'rifah, U. (2017). The effectiveness of interactive writing instruction toward hearing impaired students' ability in writing skill at smalb-b kemala bhayangkari 2 gresik. *Journal Of English Teaching, Literature, And Applied Linguistics, 1*(2), 62-71.

Sarıkaya, B. (2018). Problem çözme basamaklarına göre yapılandırılmış görsellerin 6, 7 ve 8. sınıf işitme engelli öğrencilerin yazma becerilerine etkisi. *Akademik Sosyal Araştırmalar Dergisi, 6*(70), 57-75.

Scott-Weich, B., & Yaden, D. B., Jr. (2016). Scaffolded writing and early literacy development with children who are deaf: a case study. *Early Child Development and Care*. DOI: 10.1080/03004430.2016.1246446

Schirmer, B. R., Bailey, J., & Fitzgerald, S. M. (1999). Using a writing assessment rubric for writing development of children who are deaf. *Exceptional Children, 65*(3), 383 -397.

Williams, C. (2011). Adapted interactive writing instruction with kindergarten children who are deaf or hard of hearing. *American Annals Of The Deaf, 156*(1), 23-34. https://doi.org/10.1353/aad.2011.0011

Williams, J., Sarchet, T., & Walton, D. (2021). Reading and writing instruction for academically atrisk deaf and hard of hearing first-year college students. *Community College Review , 49*(4), 1-21. DOI: 10.1177/00915521211047672

Wolbers, K. A. (2007). Using balanced and interactive writing instruction to improve the higher order and lower order writing skills of deaf students. *Journal Of Deaf Studies And Deaf Education, 13*(2), 257-277. https://doi.org/10.1093/deafed/enm052

Wolbers, K. (2008). Strategic and Interactive Writing Instruction (SIWI): Apprenticing deaf students in the construction of English text. *ITL International Journal of Applied Linguistics, 156*, 299-326. doi:10.2143/ITL.156.0.2034441

Wolbers, K. A., Dostal, H. M., & Bowers, L. M. (2011). A'I was born full deaf.'' written language outcomes after 1 year of strategic and interactive writing instruction. *Journal Of Deaf Studies And Deaf Education*, 19-38. https://doi.org/10.1093/deafed/enr018

Wolbers, K. A., Dostal, H. M.,Graham, S., Cihak, D., Kilpatrick, J. R., & Saulsburry, R. (2015). The writing performance of elementary students receiving strategic and interactive writing instruction. *Journal Of Deaf Studies And Deaf Education*, *20*(4), 385-398. https://doi.org/10.1093/deafed/env022

Wolbers, K., Dostal, H., Graham, S., Branum-Martin, L., & Kilpatrick, J. R. (2018). Strategic and interactive writing instruction strategic and interactive writing instruction: An efficacy study in grades 3-5. *Exceptional, Deaf, And Interpreter Education Faculty Publications*, *8*(1), 99-117. https://doi.org/10.5539/jedp.v8n1p99

Wolbers, K. A., Dostal, H. M., Cihak, D., & Holcomb, L. (2020). Written language outcomes of deaf elementary students engaged in authentic writing. *Journal Of Deaf Studies And Deaf Education*, *25*(2), 224-238. https://doi.org/10.1093/deafed/enz047

NATIONAL TECHNOLOGY LABS: STRENGTHENING THE DOMESTIC PRODUCTION AND INNOVATION ECOSYSTEM THROUGH THE FABLAB APPROACH

MİLLİ TEKNOLOJİ ATÖLYELERİ: FABLAB YAKLAŞIMI İLE YERLİ ÜRETİM VE İNOVASYON EKOSİSTEMİNİN GÜÇLENDİRİLMESİ

Adem Okan YAŞAR
Kırıkkale Üniversitesi, Eğitim Fakültesi, Bilgisayar ve Öğretim Teknolojileri Eğitimi Bölümü, Kırıkkale, Türkiye
ORCID ID: 0009-0000-8028-2084

Erman YÜKSELTÜRK
Kırıkkale Üniversitesi, Eğitim Fakültesi, Bilgisayar ve Öğretim Teknolojileri Eğitimi Bölümü, Kırıkkale, Türkiye
ORCID ID: 0000-0001-6656-8692

ABSTRACT

In today's world, knowledge and technology production have become key determinants of a country's economic competitiveness. In this context, FABLABs (Fabrication Laboratories), which provide open-access production and prototyping environments, enable individuals andı communities to develop innovative solutions. This study aims to evaluate Turkey's National Technology Workshops within the framework of the FABLAB approach. National Technology Workshops provide access to digital manufacturing tools for young people, entrepreneurs, and researchers, supporting processes such as design, prototyping, and product development .These workshops are equipped with technologies such as 3D printers, laser cutters, CNC machines, and electronics development kits, enabling users to transform ideas into tangible products. They also promote interdisciplinary collaboration by bringing together engineering, design, and entrepreneurship domains. The study examines the impacts of National Technology Workshops on education, entrepreneurship, and local production, and analyzes their contributions to the innovation ecosystem. The findings indicate that these workshops not only enhance technical skills but also support 21st-century competencies such as problem-solving, teamwork, and creative thinking. Furthermore, they play a significant role in increasing domestic production capacity and encouraging technology-based entrepreneurship. In conclusion, integrating National Technology Workshops with the FABLAB model will contribute to the development of a sustainable innovation ecosystem. Strategic recommendations are provided for policymakers and educational institutions.

Keywords: National Technology Workshops, FABLAB, digital fabrication, innovation, entrepreneurship.

ÖZET

Günümüzde bilgi ve teknoloji üretimi, ülkelerin ekonomik rekabet gücünü belirleyen temel unsurlardan biri haline gelmiştir. Bu bağlamda, açık erişimli üretim ve prototipleme ortamları sunan FABLAB (Fabrication Laboratory) modeli, bireylerin ve toplulukların yenilikçi çözümler geliştirmesine olanak tanımaktadır. Bu çalışmada, Türkiye'de giderek yaygınlaşan Milli Teknoloji Atölyeleri'nin FABLAB yaklaşımı çerçevesinde değerlendirilmesi amaçlanmaktadır. Milli Teknoloji Atölyeleri; gençlerin, girişimcilerin ve araştırmacıların dijital üretim araçlarına erişimini sağlayarak tasarım, prototipleme ve ürün geliştirme süreçlerini desteklemektedir. Bu atölyeler; 3D yazıcılar, lazer kesiciler, CNC tezgahları ve elektronik geliştirme kitleri gibi teknolojilerle donatılmış olup, kullanıcıların fikirlerini somut ürünlere dönüştürmelerine imkan tanır. Aynı zamanda disiplinlerarası çalışma kültürünü teşvik ederek mühendislik, tasarım ve girişimcilik alanlarını bir araya getirmektedir. Çalışmada, Milli Teknoloji Atölyeleri'nin eğitim, girişimcilik ve yerli üretim üzerindeki etkileri incelenmiş; bu yapıların inovasyon ekosistemine katkıları analiz edilmiştir. Bulgular, bu atölyelerin sadece teknik becerileri geliştirmekle kalmayıp aynı zamanda problem çözme, takım çalışması ve yaratıcı düşünme gibi 21. yüzyıl yetkinliklerini de desteklediğini göstermektedir. Ayrıca, yerli üretim kapasitesinin artırılması ve teknoloji tabanlı girişimlerin teşvik edilmesi açısından önemli bir rol üstlendikleri söylenebilir.

Sonuç olarak, Milli Teknoloji Atölyeleri'nin FABLAB modeli ile entegre şekilde geliştirilmesi, sürdürülebilir bir inovasyon ekosistemi oluşturulmasına katkı sağlayacaktır. Bu doğrultuda, politika yapıcılar ve eğitim kurumları için birkaç öneri sunulmaktadır.
Anahtar Kelimeler: Milli Teknoloji Atölyeleri, FABLAB, dijital üretim, inovasyon, girişimcilik.

GİRİŞ

Bilgi ve teknoloji üretimi, günümüzde ülkelerin ekonomik rekabet gücünü belirleyen en temel unsurdur. Küresel ölçekte yaşanan teknolojik dönüşümler, klasik üretim modellerinin yerini daha esnek, yenilikçi ve bireysel katılıma açık üretim süreçlerine bırakmasına neden olmuştur. Bu dönüşümün merkezinde yer alan FABLAB (Fabrication Laboratory) modeli, bireylere ve topluluklara açık erişimli üretim ve prototipleme ortamları sunan küresel bir ağdır. Bu model, inovatif çözümler üreterek herkesin yaratıcı fikirlerini somut projelere dönüştürmesine olanak tanımaktadır (Caroly ve diğerleri, 2025; Gershenfeld, 2005).

Söz konusu küresel yaklaşımın Türkiye'deki yansımaları, ülkemizde hızla yaygınlaşan Milli Teknoloji Atölyeleri aracılığıyla kendini göstermektedir. Bu atölyeler, global FABLAB kültürünün yerel ve güçlü bir temsilcisi olarak faaliyet göstermektedir. Bu araştırmanın temel amacı, Türkiye'de giderek yaygınlaşan Milli Teknoloji Atölyeleri'nin eğitim, girişimcilik ve yerli üretim üzerindeki etkilerini FABLAB yaklaşımı çerçevesinde değerlendirmek ve inovasyon ekosistemine katkılarını analiz etmektir.

KAVRAMSAL ÇERÇEVE

Milli Teknoloji Atölyeleri ve Sağlanan İmkanlar

Milli Teknoloji Atölyeleri; gençlerin, girişimcilerin ve araştırmacıların dijital üretim araçlarına açık erişimini sağlayarak tasarım, prototipleme ve ürün geliştirme süreçlerini destekleyen donanımlı teknoloji merkezleridir. Atölye ekosistemi, katılımcılara şu teknolojik imkanları sunmaktadır (TÜBİTAK, 2026):

- 3D Yazıcılar ve Hızlı Prototipleme: Katmanlı üretim ve hızlı prototipleme teknolojileri.
- CNC Tezgahları ve Lazer Kesiciler: Bilgisayar kontrollü endüstriyel talaşlı imalat yöntemleri.
- Elektronik Geliştirme Kitleri: Arduino, Raspberry Pi ve IoT (Nesnelerin İnterneti) tabanlı geliştirme kartları.

Geleneksel Laboratuvarlar ile Milli Teknoloji Atölyelerinin Karşılaştırması

Eğitim sistemindeki geleneksel laboratuvarlar genellikle müfredata sıkı sıkıya bağlıdır ve fen, bilgisayar gibi belirli bir branşın kapalı uçlu uygulamalarına veya gözlemlerine odaklanır. Bu ortamlarda öğrenciler ağırlıklı olarak var olanı tekrarlar, yapılandırılmış yönergeleri takip eder ve daha çok tüketici veya uygulayıcı rolündedir (Halverson & Sheridan, 2014).

Buna karşın, FABLAB ve Milli Teknoloji Atölyeleri gibi atölyeler açık uçlu, problem çözme odaklı ve disiplinlerarası bir yaklaşım sunar; tasarım, mühendislik ve yazılım alanlarını bir arada barındırır. Bireyler bu alanlarda teoriyi pratiğe döker; 3D yazıcılar ve çeşitli imkanlarla kendi fikirlerini somut prototiplere dönüştüren üreticiler haline gelir (Chan & Blikstein, 2018).

Disiplinlerarası Çalışma Kültürü ve Yetkinlik Kazanımları

Milli Teknoloji Atölyeleri, farklı uzmanlık alanlarının senkronize bir şekilde çalıştığı bir ekosistem yaratmaktadır. Bu disiplinlerarası çalışma kültürü farklı alanlar üzerine kuruludur (Soomro, Casakin & Georgiev, 2022):

- Mühendislik: Kullanıcıların fikirlerini teknik bir temele oturtarak, somut ve çalışan donanımsal/yazılımsal prototiplere dönüştürme pratiği kazandırır.
- Tasarım: Üretilen projelerin sadece işlevsel değil, aynı zamanda kullanıcı odaklı, estetik ve ergonomik prensiplerle tasarlanmasını sağlar.
- Girişimcilik: Geliştirilen prototiplerin pazar değerini analiz etme, ticarileştirme ve teknoloji tabanlı yeni girişimler (start-up) kurma yolunu açar.

21. Yüzyıl Yetkinlikleri ve Teknik Becerilerin Ötesi

Elde edilen bulgular, bu atölyelerin ve bilim merkezlerinin katılımcılara sadece makine kullanımı veya kodlama gibi teknik beceriler kazandırmakla kalmadığını göstermektedir. Aynı zamanda bireylerin analitik düşünme kapasitelerini artırarak karşılaştıkları teknik zorlukları aşma reflekslerini güçlendirmektedir. Atölye ortamı, modern iş dünyasının en çok aradığı yetkinlikleri doğrudan destekleyen doğal bir ekosistemdir ve bu kapsamda katılımcılara kompleks problem çözme, disiplinlerarası takım çalışması, yaratıcı ve inovatif düşünme yetenekleri aşılamaktadır (Bulut ve diğerleri, 2024; Trilling & Fadel, 2009).

Yerli Üretim Kapasitesi

Milli Teknoloji Atölyeleri, fikirlerin yerli imkanlarla gerçeğe dönüşmesini sağlayarak dışa bağımlılığı azaltma hedefinin temel taşlarındandır. Fablab yaklaşımı, "kendin yap" (DIY) kültürünü üretime entegre ederek, yerli üretim kapasitesinin artırılması ve teknoloji tabanlı donanım/yazılım girişimlerinin teşvik edilmesi açısından kritik bir rol üstlenmektedir (Hatch, 2013).

Sürdürülebilir Bir İnovasyon Ekosistemi

Milli Teknoloji Atölyeleri'nin küresel FABLAB modeli ile entegre bir şekilde geliştirilmesi, kalite ve üretim standartlarının yükselmesini sağlamaktadır. Bu yapıların ülke genelinde yaygınlaşması, Türkiye'nin salt teknoloji tüketen bir toplumdan, teknoloji geliştiren bir topluma dönüşmesi vizyonuna kalıcı ve sürdürülebilir bir altyapı desteği sunmaktadır.

Gelecek Vizyonu: İleri Araştırmalar

Bu bildiride sunulan ön değerlendirmeler, ilerleyen süreçte kapsamlı bir tez çalışmaları ile bilimsel olarak derinleştirilecektir. Milli Teknoloji Atölyelerin incelemesiyle ile ilgili ileriye dönük araştırma projeksiyonu şu temel odak alanlarını kapsayabilir:

- Amaca Uygunluk: Araştırmacı olarak, atölyelerin kuruluş amaçlarına ne ölçüde hizmet ettiğini detaylı bir şekilde incelenebilir.
- Olumlu Yönler ve Avantajlar: Ekosistemin katılımcılara sağladığı somut faydaların ve potansiyel girişimcilik kapasitesinin bilimsel ölçümü yapılabilir.
- Eksiklikler ve Gelişim: Süreçte karşılaşılan altyapı, teknolojiye erişim veya eğitim müfredatı sorunlarının tespiti gerçekleştirilebilir.
- Gelecek Projeksiyonu: Atölyelerin uzun vadeli sürdürülebilirliği ve Türkiye'nin milli teknoloji vizyonuna olan etkileri detaylıca analiz edilebilir.

SONUÇ VE STRATEJİK ÖNERİLER

Milli Teknoloji Atölyelerinin ulusal inovasyon sistemimize tam entegrasyonu ve verimliliğinin artırılması için çeşitli paydaşlara yönelik bazı öneriler geliştirilebilir:

- Eğitim Kurumları İçin: Müfredat entegrasyonu sağlanmalı, öğrencilerin derslerde teorik olarak öğrendikleri bilgileri atölyelerde pratiğe dökebilecekleri proje odaklı görevler tanımlanmalıdır.
- Politika Yapıcılar İçin: Atölyelerin sürekli ihtiyaç duyduğu sarf malzeme ve güncel teknoloji donanım ihtiyaçları için sürdürülebilir finansman modelleri ve güçlü teşvik mekanizmaları geliştirilmelidir.
- Sektörel İşbirlikleri: Üniversite-Sanayi-Atölye işbirlikleri artırılarak, atölyelerde geliştirilen başarılı prototiplerin seri üretime geçebilmesi için kuluçka merkezleriyle bağlar güçlendirilmelidir.

KAYNAKLAR

Bulut, M. A., Birgili, B., Koçoğlu, M., Gülünay, O., & Baş, F. R. (2024). Teknoloji ve Bilim Merkezlerinin Milli Teknoloji Hamlesine Katkıları ve T3 Vakfı Örneği. *BABUR Research, 3*(2), 117-132.

Caroly, S., Barcellini, F., Barros, M., Catel, A., Nguyen, H. M., & Zwolinski, P. (2025). Different forms of fablab organization and their impact on collaboration and innovation. *Applied Ergonomics, 122*, 104399.

Chan, M. M., & Blikstein, P. (2018). Exploring problem-based learning for middle school design and engineering education in digital fabrication laboratories. Interdisciplinary Journal of Problem-Based Learning, *12*(2).

Gershenfeld, N. (2005). *Fab: The coming revolution on your desktop-from personal computers to personal fabrication*. Basic Books.

Halverson, E. R., & Sheridan, K. M. (2014). The maker movement in education. *Harvard Educational Review*, 84(4), 495-504.

Hatch, M. (2013). *The maker movement manifesto: Rules for innovation in the new world of crafters, hackers, and tinkerers*. McGraw-Hill Education.

Soomro, S. A., Casakin, H., & Georgiev, G. V. (2022). A systematic review on FabLab environments and creativity: Implications for design. *Buildings*, 12(6), 804.

Trilling, B., & Fadel, C. (2009). *21st century skills: Learning for life in our times*. John Wiley & Sons.

TÜBİTAK (2026). Milli Teknoloji Atölyeleri. https://tubitak.gov.tr/tr/destekler/bilim-toplum/ulusal-destek-programlari/milli-teknoloji-atolyeleri-proje-destegi

THE USE OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE BY TEACHERS: ADVANTAGES AND POTENTIAL CHALLENGES

YAPAY ZEKÂNIN ÖĞRETMENLER TARAFINDAN KULLANIMI: AVANTAJLAR VE OLASI SORUNLAR

Pınar AKGEYİK
Kırıkkale Üniversitesi, Eğitim Fakültesi, Bilgisayar ve Öğretim Teknolojileri Eğitimi Bölümü, Kırıkkale, Türkiye
ORCID ID: 0009-0005-3956-0587

Erman YÜKSELTÜRK
Kırıkkale Üniversitesi, Eğitim Fakültesi, Bilgisayar ve Öğretim Teknolojileri Eğitimi Bölümü, Kırıkkale, Türkiye
ORCID ID: 0000-0001-6656-8692

ABSTRACT

Artificial intelligence technologies are significantly transforming the ways teachers plan, implement, and evaluate educational processes. One of the main advantages of these technologies is their ability to save time for teachers. AI-powered tools can automate tasks such as exam preparation, assignment grading, and student performance analysis, allowing teachers to focus more on pedagogical activities. Additionally, these tools support differentiated instruction by providing content tailored to students' individual needs, helping teachers deliver more effective learning experiences. However, the use of artificial intelligence by teachers also brings several potential challenges. Overreliance on these technologies may weaken teachers' professional autonomy and decision-making processes. Furthermore, errors or biases in AI systems can negatively affect the quality of instruction. Data privacy and security are also major concerns; inadequate protection of student data may lead to serious ethical issues. Moreover, unequal access to these technologies and varying levels of digital competence among teachers may deepen the digital divide in education. In conclusion, while artificial intelligence offers significant opportunities and convenience for teachers, its associated risks must be carefully managed. The conscious and balanced use of these technologies has the potential to strengthen teachers' professional roles and enhance the overall quality of education.

Key words: Artificial Intelligence, Educational Technologies, Teacher Use

ÖZET

Yapay zekâ teknolojileri, öğretmenlerin eğitim süreçlerini planlama, uygulama ve değerlendirme biçimlerini önemli ölçüde dönüştürmektedir. Bu teknolojilerin en önemli avantajlarından biri, öğretmenlere zaman kazandırmasıdır. Yapay zekâ destekli araçlar; sınav hazırlama, ödev değerlendirme ve öğrenci performansını analiz etme gibi görevleri otomatikleştirerek öğretmenlerin pedagojik faaliyetlere daha fazla odaklanmasını sağlar. Ayrıca, öğrencilerin bireysel ihtiyaçlarına göre içerik önerileri sunarak öğretmenlerin farklılaştırılmış öğretim uygulamalarını daha etkili şekilde gerçekleştirmesine yardımcı olur. Bununla birlikte, yapay zekânın öğretmenler tarafından kullanımı bazı önemli sorunları da beraberinde getirmektedir. Öncelikle, bu teknolojilere aşırı bağımlılık öğretmenlerin mesleki özerkliğini ve karar verme süreçlerini zayıflatabilir. Ayrıca, yapay zekâ sistemlerinin önerilerinde yer alabilecek hatalar veya önyargılar, öğretim sürecinin kalitesini olumsuz etkileyebilir. Veri gizliliği ve güvenliği de önemli bir endişe kaynağıdır; öğrenci verilerinin korunması konusunda gerekli önlemler alınmadığında etik sorunlar ortaya çıkabilir. Bunun yanı sıra, tüm öğretmenlerin bu teknolojilere eşit düzeyde erişim ve yeterlilik sahibi olmaması, eğitimde dijital uçurumu derinleştirebilir. Sonuç olarak, yapay zekâ öğretmenler için önemli kolaylıklar ve fırsatlar sunarken, beraberinde getirdiği risklerin dikkatli bir şekilde yönetilmesi gerekmektedir. Bu teknolojilerin bilinçli ve dengeli kullanımı, öğretmenlerin mesleki rollerini güçlendirebilir ve eğitim kalitesini artırabilir.

Anahtar Kelimeler: Yapay zekâ, Eğitim teknolojileri, Öğretmen kullanımı.

GİRİŞ

Eğitim ekosistemi, Endüstri 4.0 ve beraberinde gelen dijitalleşme dalgasıyla birlikte köklü bir dönüşüm sürecine girmiştir. Bu dönüşümün merkezinde yer alan yapay zekâ (YZ) teknolojileri, günümüzde sadece teknik bir destek ünitesi olmaktan çıkıp, öğretim süreçlerini planlayan, uygulayan ve değerlendiren aktif bir bileşen haline gelmiştir. Özellikle son on yılda derin öğrenme ve doğal dil işleme alanındaki ilerlemeler, YZ'nin eğitimde kişiselleştirilmiş öğrenme deneyimleri sunma potansiyelini artırmıştır (Hazar, 2023).

Öğretmenler için YZ'nin sunduğu en somut katkı, operasyonel yükün azaltılmasıdır. Sınav hazırlama, ödev değerlendirme ve performans analizi gibi zaman alan rutin görevlerin otomatize edilmesi, öğretmenin asli görevi olan pedagojik rehberliğe ve öğrenciyle kurulan nitelikli iletişime daha fazla zaman ayırmasına olanak tanır. Literatürde öğretmen asistanı olarak konumlandırılan bu sistemler, veriye dayalı karar verme süreçlerini hızlandırarak öğretimsel verimliliği maksimize etmektedir (Karakuş, 2023). Ayrıca, her öğrencinin öğrenme hızının ve stilinin farklı olduğu gerçeğinden hareketle, YZ destekli araçlar bireysel ihtiyaçlara uygun içerik önerileri sunarak farklılaştırılmış öğretim uygulamalarını daha erişilebilir kılmaktadır.

Ancak bu teknolojik imkânlar, beraberinde yönetilmesi gereken kritik riskleri de getirmektedir. YZ sistemlerine duyulan aşırı güven ve bağımlılık, öğretmenin pedagojik özerkliğini zayıflatma ve mesleki karar verme yetisini algoritmaların gölgesinde bırakma riski taşımaktadır. Algoritmaların doğasında bulunan olası hatalar veya veri setlerinden kaynaklanan önyargılar, eğitimde adaletsiz sonuçlara yol açabilmektedir (Bakır & Karaman, 2022). Bununla birlikte, öğrenci verilerinin gizliliği ve güvenliği meselesi, dijital etik tartışmalarının odak noktasını oluşturmaktadır. Teknolojik altyapıya erişim ve dijital okuryazarlık düzeyindeki eşitsizlikler ise "dijital uçurumu" derinleştirerek eğitimde fırsat eşitliğini zedeleyebilecek bir potansiyele sahiptir.

Bu çalışma, yapay zekânın öğretmenler tarafından kullanımının sunduğu fırsatları ve beraberinde getirdiği etik/pedagojik sorunları bütüncül bir bakış açısıyla ele almayı amaçlamaktadır. Teknolojinin bilinçli ve dengeli entegrasyonu, öğretmenin mesleki rolünü zayıflatmak yerine, onu modern çağın gereksinimlerine göre güçlendirecek bir kaldıraç işlevi görecektir.

KAVRAMSAL ÇERÇEVE

Eğitimde YZ, sadece robotik sistemler değil; veriyi analiz eden, öğrenen ve buna göre tepki veren algoritmalar bütünüdür. Literatürde bu süreç öğretmenler için sağladığı temel avantajlar ve sınıf içi uygulamalar olarak incelendiği görülmektedir.

Öğretmenler İçin Sağladığı Temel Avantajlar ve Sınıf içi Uygulamalar

Eğitim paradigmasında yaşanan dijital dönüşüm, öğretmenlerin rolünü geleneksel bilgi aktarıcılığından, öğrenme süreçlerinin stratejik tasarımcılığına ve mentorluğa taşımaktadır. Sınıf içi dinamiklerin her geçen gün karmaşıklaştığı modern eğitim ekosisteminde yapay zeka, öğretmenlerin üzerindeki operasyonel yükü hafifleten ve pedagojik kararlarını ampirik verilerle destekleyen güçlü bir yardımcı aktör olarak öne çıkmaktadır. Bu bağlamda, YZ teknolojilerinin öğretmenler için sağladığı temel avantajlardan bazıları şu şekilde yapılandırılabilir (Bakır & Karaman, 2022; Karakuş, 2023; Luckin & Holmes, 2016):

- Bireyselleştirilmiş (Kişiselleştirilmiş) Öğrenme: Her öğrencinin öğrenme hızı ve stili farklıdır. YZ algoritmaları, öğrencinin eksiklerini anlık tespit ederek ona özel içerik sunar. Kalabalık kişilik sınıflarda her öğrenciye aynı anda yetişme sorununa bilimsel bir çözüm olabilir.
- Eğitsel Veri Madenciliği: Öğrenci verilerinin analizi sayesinde, hangi öğrencinin başarısızlık riski taşıdığı dönem başından öngörülebilir. Bu, erken müdahale şansımızı artırır.
- İdari Yükün Azaltılması: Sınav kağıdı okuma, devam takibi ve rutin ödev kontrolleri gibi zaman alan işlerin otomatize edilmesi, öğretmenin asli görevine yani rehberlik ve mentorluğa daha fazla zaman ayırmasını sağlar.

Eğitim süreçlerinde YZ sınıf içi uygulamalara entegrasyonu, pedagojik metodolojilerin dönüştürülmesinde ve öğrenme çıktılarının optimize edilmesinde kritik bir rol oynamaktadır. Bu bağlamda, sınıf içi uygulamalarda yapay zekanın akademik ve pedagojik temelli kullanım biçimlerinin bazıları şu şekilde yapılandırılabilir:

- Bireyselleştirilmiş ve Uyarlanabilir Öğrenme Yolları: Yapay zeka tabanlı akıllı öğretim sistemleri, öğrencilerin öğrenme hızlarını, bilgi açıklarını ve bilişsel şemalarını gerçek zamanlı olarak analiz etme yeteneğine sahiptir. Sınıf içi uygulamalarda bu sistemler; her öğrencinin akademik performansına göre içerik zorluğunu anlık olarak optimize eder.
- Formatif Değerlendirme ve Gerçek Zamanlı Geri Bildirim Optimizasyonu: Geleneksel ölçme-değerlendirme yöntemleri genellikle süreç sonuna odaklanırken, YZ destekli araçlar sınıf içi etkinlikler sırasında formatif (süreç odaklı) değerlendirmeyi mümkün kılar.
- Sanal Mentorluk Desteği: Üretken yapay zeka modelleri, sınıf içi problem çözme faaliyetlerinde veya proje tabanlı öğrenme süreçlerinde öğrenciler için birer sanal mentorluk işlev görebilir.
- Veriye Dayalı Pedagojik Karar Destek Sistemleri: YZ sınıf içindeki öğrenci katılımını, etkileşim oranlarını ve odaklanma düzeylerini ampirik verilere dönüştürerek öğretmenler için analitik raporlar üretir. Öğretmenler bu büyük veri analitiğini kullanarak, hangi öğretim stratejisinin sınıf genelinde daha yüksek verimlilik sağladığını nesnel olarak görebilirler.

Olası Sorunlar ve Etik Riskler

Akademik çalışmalar, kontrolsüz kullanımın bazı riskleri doğurduğunu vurgulamaktadır (Hazar, 2023; Selwyn, 2019; Zawacki-Richter ve diğerleri, 2019):

- Bilişsel Tembellik ve Üstbilişsel Becerilerin Gerilemesi (Bilişsel Körelme): Yapay zekanın öğrencilere ödev, proje veya problem çözme süreçlerinde doğrudan ve rafine çözümler sunması, derinlemesine düşünme, analitik sorgulama ve araştırma yapma motivasyonunu kırabilir.
- Algoritmik Önyargı: Eğer yapay zekâ yanlış verilerle beslenirse, belirli öğrenci gruplarına karşı (cinsiyet, sosyo-ekonomik düzey vb.) taraflı değerlendirmeler yapabilir.
- Veri Gizliliği ve Güvenliği: Öğrencilerimizin öğrenme verilerinin kimlerin elinde olduğu ve nasıl işlendiği en büyük etik kaygı konusudur.
- Öğretmenin Rolünün Değişimi: Teknolojinin pedagojinin önüne geçmesi durumunda, öğretmenin sınıftaki duygusal ve sosyal liderliği zayıflayabilir.
- Dijital Bölünme ve Fırsat Eşitsizliğinin Derinleşmesi: Gelişmiş ve ücretli yapay zeka araçlarına erişebilen sosyo-ekonomik düzeyi yüksek okullar ile bu teknolojilerden mahrum kalan dezavantajlı okullar/öğrenciler arasındaki makas giderek açılabilir.

SONUÇ ve ÖNERİLER

Yapay zekanın eğitim paradigmasındaki dönüşümü üzerine yapılan incelemeler; bu teknolojinin Zawacki-Richter ve diğerleri (2019)'nin belirttiği gibi idari yükü hafifleten ve materyal tasarımını %60'a varan oranda hızlandıran stratejik bir asistan olduğunu ortaya koymaktadır. Literatürde Karakuş (2023) tarafından belirtildiği üzere, YZ'nin sınav hazırlama ve ödev değerlendirme gibi idari görevleri otomatize etmesi, öğretmenin operasyonel yükünü azaltarak pedagojik etkileşime daha fazla zaman ayırmasına imkan tanımaktadır. Ancak bu durum, Hazar (2023) tarafından vurgulanan mesleki özerklik kaybı riski ile karşı karşıyadır. Öğretmenlerin YZ sistemlerine aşırı bağımlılık geliştirmesi, pedagojik karar verme süreçlerinin algoritmalar tarafından domine edilmesine yol açabilir.

Bireyselleştirilmiş öğrenme avantajı, literatürdeki yapılan çalışmalardaki adaptif öğrenme bulgularıyla örtüşmektedir. YZ, her öğrencinin bireysel hızına göre içerik sunarak öğretmene destek olsa da; algoritmik önyargılar ve hatalı öneriler, eğitimde adaletsizliğe yol açabilecek birer tehdit olarak karşımızda durmaktadır (Bakır & Karaman, 2022). Ayrıca, veri gizliliği ve güvenliği meselesi sadece teknik bir sorun değil, öğrenci hakları açısından etik bir zorunluluktur (Hazar, 2023). Tüm öğretmenlerin bu teknolojilere erişim ve yetkinlik düzeyinin aynı olmaması ise Yılmaz ve Akkaş'ın (2022) belirttiği dijital uçurumu derinleştirmektedir.

Yapılan güncel araştırmalar ve saha uygulamaları doğrultusunda, eğitimde YZ entegrasyonunun optimize edilmesi adına hem öğretmenlere hem de araştırmacılara yönelik stratejik öneriler geliştirilmesi gerekmektedir. Bu bağlamda öğretmenlerin, yapay zekayı yalnızca operasyonel bir araç olarak değil, öğrencilerin üstbilişsel becerilerini destekleyen pedagojik bir paydaş olarak konumlandırmaları ve dijital veri okuryazarlığı yetkinliklerini artırarak veri güdümlü karar alma mekanizmalarını sınıf içine entegre etmeleri önerilmektedir.

Araştırmacıların ise teorik YZ modellerinin ötesine geçerek, bu teknolojilerin gerçek ve dezavantajlı sınıf ortamlarındaki uzun vadeli pedagojik, psikolojik ve etik etkilerini ampirik çalışmalarla (boylamsal araştırmalar, karma yöntemler) incelemeleri gerekmektedir.

KAYNAKÇA

Bakır, E., & Karaman, S. (2022). Yapay zekâ ve eğitim: Geleceğin öğretmen rollerindeki değişim. *Eğitim Teknolojileri Araştırmaları Dergisi*, 13(2), 210-225.

Hazar, E. (2023). Yapay zekâ ve eğitimde dönüşüm: Fırsatlar, tehditler ve gelecek öngörüleri. *Ankara Üniversitesi Eğitim Bilimleri Fakültesi Dergisi*, 56(1), 1-22.

Holmes, W., Bialik, M., & Fadel, C. (2019). *Artificial intelligence in education promises and implications for teaching and learning*. Center for Curriculum Redesign.

Karakuş, A. (2023). Social studies and artificial intelligence. *International Journal of Eurasian Education and Culture*, *8*(24).

Luckin, R., & Holmes, W. (2016). *Intelligence Unleashed: An argument for AI in Education*. Pearson Education.

Selwyn, Neil. (2019). *Should robots replace teachers? AI and the future of education*. Polity Press.

Yılmaz, M., & Akkaş, E. (2022). Dijital dönüşüm sürecinde öğretmenlerin yapay zekâ öz-yeterlikleri. *Anadolu Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 22(4), 1105-1124.

Zawacki-Richter, O., Marín, V. I., Bond, M., & Gouverneur, F. (2019). Systematic review of research on artificial intelligence applications in higher education–where are the educators?. *International journal of educational technology in higher education*, *16*(1), 39.

ÖĞRETİM TASARIMI TEMELLİ ETKİLEŞİMLİ DİJİTAL HİKÂYE KİTAPLARININ ERKEN OKURYAZARLIK ALT BECERİLERİ ÜZERİNDEKİ FARKLILAŞAN ETKİLERİ

DIFFERENTIAL EFFECTS OF INSTRUCTIONAL DESIGN-BASED INTERACTIVE DIGITAL STORYBOOKS ON EARLY LITERACY SUB-SKILLS

Sümeyye Selin ÇAVUŞ
Gazi Üniversitesi, Eğitim Bilimleri Enstitüsü, Bilgisayar ve Öğretim Teknolojileri Eğitimi, Ankara, Türkiye
ORCID: 0009-0001-6054-5710

Doç. Dr. Nursel YALÇIN
Gazi Üniversitesi, Eğitim Bilimleri Enstitüsü, Bilgisayar ve Öğretim Teknolojileri Eğitimi, Ankara, Türkiye
ORCID: 0000-0002-0393-6408

ÖZET

Bu çalışma, öğretim tasarımı temelli etkileşimli dijital hikâye kitaplarının okul öncesi dönem çocuklarının erken okuryazarlık alt becerileri üzerindeki farklılaşan etkilerini belirlemeyi amaçlamaktadır. Erken okuryazarlık; fonolojik farkındalık, yazı farkındalığı, öyküyü anlama, görsel eşleştirme ve yazı öncesi beceriler gibi çok boyutlu ve birbirini tamamlayan alt becerilerden oluşmaktadır. Erken okuryazarlığın alt becerileri düzeyinde farklılaşan dijital etkileri inceleyen ampirik çalışmalar ise sınırlı kalmaktadır (Cabell, Justice, Konold & McGinty, 2011). Bu boşluğu gidermek amacıyla, 2025-2026 eğitim-öğretim yılında Ankara'da bir anaokuluna devam eden 5–6 yaş grubundaki 18 çocukla (deney: n = 8; kontrol: n = 10) ön test–son test kontrol gruplu yarı deneysel desen uygulanmıştır. Etkileşimli dijital hikâye kitapları, ADDIE öğretim tasarımı modeli ve Mayer'in (2009) çoklu ortam öğrenme ilkeleri doğrultusunda araştırmacı tarafından geliştirilmiştir. Veri toplama aracı olarak Erken Okuryazarlık Becerilerini Değerlendirme Aracı (EOBDA; Karaman & Güngör-Aytar, 2016) kullanılmış olup veriler, normal dağılım varsayımının sağlanmadığı durumlarda Wilcoxon İşaretli Sıralar Testi ve Mann-Whitney U Testi ile alt beceri düzeyinde analiz edilmiştir. Bulgular, etkileşimli dijital hikâye kitaplarının erken okuryazarlık alt becerileri üzerindeki etkisinin homojen olmadığını ortaya koymuştur. Fonolojik farkındalık (W = 36.00, p = .008, r = .94), yazı farkındalığı (W = 36.00, p = .008, r = .94), öyküyü anlama (gruplar arası p = .004, r = .61) ve görsel eşleştirme (W = 28.00, p = .016, r = .85) becerilerinde büyük etki büyüklükleriyle gelişimler gözlenirken, yazı öncesi becerilerde anlamlı bir değişim tespit edilememiştir (W = 14.00, p = 1.000, r = .00). Bu durum, bu çalışmada kullanılan öğretim tasarımı temelli dijital hikâye kitapları bağlamında, dijital materyallerin etkililiğinin yalnızca teknolojik özelliklerle değil, aynı zamanda beceriye özgü pedagojik tasarım uyumuyla da ilişkili olduğuna işaret etmektedir.

Bu araştırma, dijital içeriklerin beceriye özgü, hedef odaklı ve bilişsel yükü dikkate alan bir tasarım anlayışıyla geliştirilmesi gerektiğini vurgulayarak erken çocukluk eğitiminde kanıta dayalı dijital materyal tasarımına yönelik kuramsal ve uygulamaya dönük katkılar sunmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Erken okuryazarlık, etkileşimli dijital hikâye kitapları, alt beceriler, öğretim tasarımı, okul öncesi eğitim

ABSTRACT

This study investigates the differential effects of instructional design-based interactive digital storybooks on preschool children's early literacy sub-skills. Early literacy is recognized as a multidimensional construct encompassing phonological awareness, print awareness, story comprehension, visual matching, and emergent writing-sub-skills that complement each other yet draw on distinct cognitive processes (Whitehurst & Lonigan, 1998). Empirical evidence on whether digital learning materials affect these sub-skills differentially remains scarce. To address this gap, a pretest-posttest control group quasi-experimental design was employed with 18 children aged 5–6 (experimental: n = 8; control: n = 10) enrolled in a kindergarten in Ankara during the 2025–2026 academic year. The interactive digital storybooks were developed by the researcher based on the ADDIE instructional design model and Mayer's (2009) multimedia learning principles.

Data were collected using the Early Literacy Skills Assessment Tool (EOBDA; Karaman & Güngör-Aytar, 2016) and analyzed at the sub-skill level using the Wilcoxon Signed-Rank Test and Mann–Whitney U Test.
Findings indicate that the effects of interactive digital storybooks are not homogeneous across early literacy domains. Significant improvements with large effect sizes were observed in phonological awareness (W = 36.00, p = .008, r = .94), print awareness (W = 36.00, p = .008, r = .94), and visual matching (W = 28.00, p = .016, r = .85). Story comprehension showed borderline within-group improvement (p = .062) but significantly favored the experimental group in between-group comparison (p = .004, r = .61). No significant change was found in emergent writing skills (W = 14.00, p = 1.000, r = .00) in either group, suggesting this limitation is method-independent. These results suggest that the instructional effectiveness of digital materials depends on sub-skill-specific design alignment rather than technological features alone, and that fine motor-dependent skills may require supplementary physical writing practice. The study contributes both theoretical and practical insights for evidence-based digital material design in early childhood education.
Keywords: Early literacy, interactive digital storybooks, sub-skills, instructional design, preschool education

1. GİRİŞ

Erken okuryazarlık, çocukların formal okuma-yazma becerilerini edinmeden önce geliştirdikleri dilsel, bilişsel ve sembolik farkındalıkları kapsayan çok boyutlu bir gelişim alanı olarak tanımlanmaktadır. Bu alanda öne çıkan "gelişen okuryazarlık" (emergent literacy) yaklaşımı, okuryazarlık gelişiminin yalnızca ilkokul dönemine özgü teknik bir beceri olmadığını, aksine erken çocukluk döneminden itibaren sosyal etkileşimler ve dilsel deneyimler aracılığıyla kademeli biçimde şekillendiğini vurgulamaktadır (Teale & Sulzby, 1992). Erken okuryazarlık becerileri; fonolojik farkındalık, yazı farkındalığı, sözcük bilgisi, anlama ve yazı öncesi becerilerden oluşmakta olup bu beceriler çocukların ilerleyen akademik başarılarının en güçlü yordayıcıları arasında yer almaktadır (Whitehurst & Lonigan, 1998; Dickinson & McCabe, 2001; NELP, 2008; Scarborough, 2001).
Erken okuryazarlık becerilerinin her biri, birbirinden farklı bilişsel süreçlere dayanmaktadır. Fonolojik farkındalık, dilin ses yapısının bilinçli olarak analiz edilmesini gerektiren temel bir okuryazarlık öncüsüdür (Wagner & Torgesen, 1987); yazı farkındalığı ise yazı farkındalığı, yazılı dilin yönünü, harf-ses ilişkisini ve kitap kavramlarını kapsamaktadır (Clay, 1991). Anlama becerisi ise metabilişsel süreçleri ve çıkarım yapma yeteneğini içermektedir (Burns, Griffin & Snow, 1999; Cabell, Justice, Konold & McGinty, 2011). Bu çok boyutlu yapı, erken okuryazarlık desteğinin tek tip bir yaklaşımla değil, beceriye özgü öğretim tasarımı ilkeleriyle yapılandırılması gerektiğine işaret etmektedir.
Geleneksel hikâye okuma uygulamaları, erken okuryazarlık gelişiminde önemli bir yer tutmaya devam etmektedir. Özellikle diyaloğa dayalı paylaşılan kitap okuma (dialogic reading), çocukların dil gelişimini, sözcük bilgisini ve anlatı kurma becerilerini desteklediği kanıtlanmış bir yöntemdir (Mol, Bus, De Jong & Smeets, 2008; Whitehurst et al., 1994). Bununla birlikte, söz konusu uygulamaların etkililiği büyük ölçüde öğretmenin etkileşimi yönetme becerisine ve sınıf içi dinamiklere bağlı olduğundan, tüm çocuklar için eşit düzeyde etkileşim sağlanması güçleşmektedir (Wasik & Bond, 2001).
Dijital teknolojilerin erken çocukluk eğitimine entegrasyonu ile birlikte etkileşimli dijital hikâye kitapları (e-kitaplar), alternatif bir öğrenme aracı olarak öne çıkmaktadır. Sesli anlatım, animasyon, metin vurgulama ve kullanıcı etkileşimi gibi özellikler sayesinde bu materyaller, özellikle dikkat süresi sınırlı olan küçük çocuklar için zenginleştirilmiş öğrenme ortamları sunabilmektedir (Takács, Swart & Bus, 2015; Korat & Shamir, 2012; Plass, Homer & Kinzer, 2015). Araştırmalar, nitelikli dijital kitapların sözcük bilgisi ve hikâye anlama üzerinde olumlu etkiler oluşturabildiğini göstermektedir (Nicolopoulou, Cortina, Ilgaz, Cates & De Sá, 2015; Smeets & Bus, 2012; Neumann, 2018).
Ancak dijital öğrenme materyallerine ilişkin bulgular tutarlı değildir. Bazı çalışmalar etkileşimli içeriklerin öğrenme çıktılarını olumsuz etkileyebildiğini ortaya koymuştur. Özellikle hikâyeyle doğrudan ilişkili olmayan (irrelevant) etkileşimlerin dikkat dağıtıcı etki yarattığı görülmektedir (De Jong & Bus, 2002; Takács et al., 2015; Verhallen & Bus, 2010). Bu durum, Mayer'in (2009) Çoklu Ortam Öğrenme Kuramı ve Sweller'in (2005) Bilişsel Yük Kuramı çerçevesinde değerlendirildiğinde, gereksiz bilişsel yük ve dikkat dağıtıcı unsurların öğrenme sürecini olumsuz etkileyebileceğini göstermektedir.

Son yıllarda yürütülen meta-analitik çalışmalar bu tutarsızlığı daha geniş bir kanıt tabanıyla desteklemektedir. Furenes, Kucirkova ve Bus (2021), 39 çalışmayı ve 1.812 çocuğu kapsayan meta-analizlerinde yalnızca dijitalleştirilen kitapların hikâye anlamayı olumsuz etkilediğini buna karşılık hikâyeyle tutarlı zenginleştirmeler içeren dijital kitapların baskılı versiyonları geride bıraktığını göstermiştir. Savva, Higgins ve Beckmann (2022) de erken çocukluktan ilkokul 2. sınıfa uzanan geniş bir çalışma havuzunu kapsayan meta-analizlerinde, e-kitapların dil ve okuryazarlık çıktıları üzerindeki etkisinin beceri türüne ve tasarım özelliklerine göre önemli ölçüde farklılaştığını ortaya koymuştur. Hare ve arkadaşları (2024) ise 2000–2023 yılları arasında yayımlanmış 121 çalışmayı kapsayan sistematik derlemesinde en yaygın bulgunun dijital ve baskılı okuma arasında anlamlı bir fark bulunmaması olduğunu, ancak uygun şekilde tasarlanmış dijital kitapların belirli becerilerde avantaj sağlayabildiğini vurgulamıştır. Bu bulgular, dijital materyallerin genel bir etki yerine beceriye özgü farklılaşan etkiler oluşturabileceğine işaret etmekte hangi erken okuryazarlık becerisinin dijital ortamdan ne ölçüde yararlandığı sorusunu ön plana çıkarmaktadır.

Mayer'in (2009) çoklu ortam öğrenme ilkelerine göre etkili dijital materyaller, işaretleme (signaling), uzamsal yakınlık (spatial contiguity), zamansal yakınlık (temporal contiguity) ve gereksizlik (redundancy) ilkelerini dikkate alarak tasarlanmalıdır. Bu ilkeler, görsel ve işitsel kanallar aracılığıyla sunulan bilginin etkin biçimde işlenebilmesi için çalışma belleğinin sınırlı kapasitesini aşmaması gerektiğini vurgulamaktadır (Mayer & Moreno, 2003). Dolayısıyla dijital materyallerin pedagojik tasarımı, teknolojik özelliklerin ötesinde kritik bir değişken olarak öne çıkmaktadır.

Sosyokültürel kuram perspektifinden bakıldığında, erken okuryazarlık gelişimi bireysel bir edinim sürecinden ziyade sosyal etkileşimler aracılığıyla şekillenmektedir. Vygotsky'nin (1978) yakınsak gelişim alanı (zone of proximal development) ve yapı iskelesi (scaffolding) kavramları, çocukların daha yetkin bireylerden ya da iyi tasarlanmış öğrenme araçlarından aldıkları destekle bilişsel süreçlerini ilerlettiklerini ortaya koymaktadır. Bu bağlamda etkileşimli dijital hikâye kitapları yalnızca bilgi sunan araçlar değil, aynı zamanda öğrenme sürecini yapılandıran bilişsel destek mekanizmaları olarak işlev görebilir. Nitekim Smeets ve Bus (2012), etkileşimli e-kitaplardaki anlık geri bildirim mekanizmalarının çocuklar için bir dijital yapı iskelesi (digital scaffolding) işlevi gördüğünü deneysel olarak göstermiştir.

Alan yazın incelendiğinde, etkileşimli dijital hikâye kitaplarının erken okuryazarlık üzerindeki etkisini araştıran çalışmaların büyük çoğunluğunun genel öğrenme çıktılarına odaklandığı görülmektedir. Öte yandan piyasada sunulan dijital içeriklerin kalitesine ilişkin kaygılar da sürmektedir: Sari, Takacs ve Bus (2019), Türkiye dahil dört Avrupa ülkesindeki en çok satan çocuk uygulamalarını incelemiş ve bu materyallerin büyük bölümünün eğitimsel değer açısından yetersiz kaldığını ortaya koymuştur. Türkiye özelinde yapılan en güncel içerik analizinde de Sarı Uğurlu (2025), okul öncesi çocuklara yönelik Türkçe dijital kitapların %90'ının 250'den fazla sözcük, %73'ünün ise sayfa başına beşten fazla satır metin içerdiğini saptayarak bu kitapların gelişimsel uygunluk açısından ciddi eksiklikler taşıdığını göstermiştir. Oysa erken okuryazarlık çok boyutlu bir yapı olduğundan, dijital materyallerin farklı alt beceriler üzerindeki etkilerinin beceriye özgü biçimde incelenmesi büyük önem taşımaktadır. Hangi alt becerilerin dijital etkileşimlerden daha fazla yararlandığı ve bu etkinin öğretim tasarımı özellikleriyle nasıl ilişkilendiği konusundaki alt beceri düzeyinde ampirik çalışmalar ise sınırlı kalmaktadır.

Bu çalışma, söz konusu araştırma boşluğunu daha dar bir odakta ele alarak, erken okuryazarlık becerilerinin alt bileşenleri düzeyinde farklılaşan etkilerin incelenmesine odaklanmaktadır. Böylece çalışma, genel etkiyi ortaya koyan araştırmalardan ayrışarak, öğrenme çıktılarının beceriye özgü dağılımını analiz etmeyi hedeflemektedir.

Bu doğrultuda araştırmanın temel amacı, öğretim tasarımı ilkeleri temel alınarak geliştirilen etkileşimli dijital hikâye kitaplarının okul öncesi dönem çocuklarının erken okuryazarlık alt becerileri üzerindeki farklılaşan etkilerini incelemektir. Bu çalışma, erken okuryazarlık becerilerinin bütüncül olarak ele alındığı daha geniş kapsamlı bir araştırmanın alt problemlerinden birine odaklanmakta ve söz konusu etkinin alt beceriler düzeyinde nasıl farklılaştığını ortaya koymayı amaçlamaktadır.

Çalışmada öğrenme çıktıları alt beceriler düzeyinde analiz edilerek, dijital materyallerin hangi beceriler üzerinde daha etkili olduğu ortaya konulmaktadır. Böylece erken çocukluk eğitiminde hedef odaklı, kanıta dayalı ve beceriye özgü dijital içerik tasarımına yönelik hem kuramsal hem de uygulamaya dönük katkılar sunulmaktadır.

2. YÖNTEM

2.1. Araştırma Deseni

Bu araştırmada, öğretim tasarımı temelli etkileşimli dijital hikâye kitaplarının erken okuryazarlık alt becerileri üzerindeki etkilerini incelemek amacıyla ön test–son test kontrol gruplu yarı deneysel desen kullanılmıştır. Eğitim ortamlarında katılımcıların rastgele atanmasının sınırlı olması nedeniyle yarı deneysel desen tercih edilmiş ve grupların ön test denkliği istatistiksel olarak doğrulanmıştır. Bu desen, deney ve kontrol gruplarının uygulama öncesi ve sonrası performanslarının karşılaştırılmasına olanak tanımaktadır.

2.2. Çalışma Grubu

Araştırmanın çalışma grubunu, 2025-2026 eğitim-öğretim yılında Ankara'da bir anaokuluna devam eden 5-6 yaş aralığındaki toplam 18 çocuk oluşturmaktadır (10 kız, 8 erkek). Katılımcılar mevcut sınıf yapısı gözetilerek deney (n = 8; 5 kız, 3 erkek; Ort. yaş = 5.7) ve kontrol (n = 10; 5 kız, 5 erkek; Ort. yaş = 5.8) gruplarına atanmıştır. Dahil edilme kriterleri; 5-6 yaş aralığında olmak, herhangi bir gelişimsel tanı bulunmamak, okuma yazma bilmiyor olmak ve daha önce dijital ekran temelli eğitim programına katılmamış olmaktır.

Örneklem büyüklüğünün sınırlı olması, bulguların genellenebilirliğini kısıtlamakla birlikte, erken çocukluk eğitiminde uygulama temelli çalışmaların doğası gereği küçük örneklemlerle yürütüldüğü bilinmektedir (Gersten et al., 2005).

2.3. Öğretim Materyallerinin Geliştirilmesi

Deney grubuna yönelik etkileşimli dijital hikâye kitapları, ADDIE öğretim tasarımı modeli (Branch, 2009) ve Mayer'in (2009) çoklu ortam öğrenme ilkeleri temel alınarak araştırmacı tarafından geliştirilmiştir. Analiz aşamasında 5-6 yaş grubunun bilişsel ve dilsel özellikleri ile erken okuryazarlık alt beceri gereksinimleri incelenmiş, tasarım aşamasında her bir alt beceriyle uyumlu öğrenme hedefleri belirlenmiş ve bu hedeflere ulaşmayı destekleyen etkileşim türleri seçilmiştir. Geliştirme sürecinde ise içerik, öğrenme hedefleriyle uyumlu çoklu ortam ögeleriyle yapılandırılmıştır.

Geliştirilen materyal, sesli anlatım (human voice), metin vurgulama (text highlighting), görsel-işitsel senkronizasyon, ses temelli etkileşimli görevler (kafiyeli sözcükleri bulma, başlangıç seslerini belirleme) ve yazı farkındalığına yönelik dokunmatik etkileşimler içeren dört adet dijital hikâye kitabından oluşmaktadır. Animasyonlar Vyond platformuyla, yapay zekâ destekli sesli anlatım ElevenLabs aracılığıyla, etkileşim katmanı ise Articulate Storyline ve HTML tabanlı yapılarla geliştirilmiştir. Materyalin en kritik pedagojik bileşeni, harf yazma ve çizgi çalışmalarında çocukların ürettikleri yanıtları anlık olarak değerlendiren yapay zekâ destekli geri bildirim sistemidir. Bu sistem sayesinde çocuklar yalnızca izleyici konumunda kalmamış, beceriyi aktif biçimde üretmiş ve anında dönüt almıştır. Her bir kitap 40-60 dakikalık bir oturuma karşılık gelecek şekilde tasarlanmış ve toplam uygulama süresiyle uyumlu biçimde yapılandırılmıştır.

2.4. Veri Toplama Aracı

Veri toplama aracı olarak Erken Okuryazarlık Becerilerini Değerlendirme Aracı (EOBDA; Karaman & Güngör-Aytar, 2016) kullanılmıştır. EOBDA, okul öncesi dönem çocuklarının erken okuryazarlık becerilerini fonolojik farkındalık, yazı farkındalığı, öyküyü anlama, görsel eşleştirme ve yazı öncesi beceriler olmak üzere beş alt boyut üzerinden değerlendiren, bireysel olarak uygulanan yapılandırılmış bir performans değerlendirme aracıdır. Aracın KR-20 iç tutarlılık katsayıları .61 ile .91 arasında değişmekte olup test-tekrar test güvenirliği yüksek düzeyde raporlanmıştır. Kapsam geçerliği uzman görüşü ile sağlanmış, yapı geçerliği açımlayıcı ve doğrulayıcı faktör analizleriyle desteklenmiştir.

2.5. Uygulama Süreci

Araştırma toplam altı hafta sürmüştür. Birinci hafta ön test uygulaması, ikinci ile beşinci haftalar arasında dört haftalık uygulama süreci ve altıncı hafta son test uygulaması olarak planlanmıştır. Deney grubuna, öğretim tasarımı ilkeleri doğrultusunda geliştirilen etkileşimli dijital hikâye kitapları haftada bir oturum, oturum başına yaklaşık 40-60 dakika olmak üzere sınıf akıllı tahtası aracılığıyla 4 hafta boyunca uygulanmıştır. Kontrol grubunda ise aynı hikâyeler öğretmen rehberliğinde geleneksel erken okuryazarlık etkinlikleriyle sunulmuştur.

Bu etkinlikler; TV şeridi ile sesli hikâye anlatımı, kafiyeli şiir çalışmaları, çizgi ve kalem-kâğıt çalışmaları, hikâye tamamlama ve görsel eşleştirme egzersizlerini kapsamaktadır. Her iki grup eşdeğer içerikle çalışmış, ancak öğrenme ortamı ve sunum biçimi açısından farklılaşmıştır. Uygulama sürecinde öğretmen fidelity (uygulama güvenirliği) kontrol listesi kullanılmış ve gözlem kayıtları tutulmuştur. Ön ve son testler her iki gruba da uygulama öncesinde ve sonrasında bireysel olarak araştırmacı tarafından uygulanmıştır.

2.6. Veri Analizi

Verilerin normal dağılım gösterip göstermediği Shapiro–Wilk testi ile incelenmiş ve bazı alt beceri puanlarında normal dağılım varsayımının sağlanmadığı belirlenmiştir ($p < .05$). Bu nedenle parametrik olmayan testler tercih edilmiştir. Grup içi karşılaştırmalarda Wilcoxon İşaretli Sıralar Testi, gruplar arası karşılaştırmalarda Mann-Whitney U Testi kullanılmıştır. Etki büyüklükleri r değerleri ile hesaplanmış; .10-.29 küçük, .30-.49 orta ve .50 ve üzeri büyük etki olarak yorumlanmıştır (Cohen, 1988). Tüm analizler IBM SPSS Statistics 27.0 yazılımı kullanılarak gerçekleştirilmiştir.

2.7. Etik İlkeler

Araştırma sürecinde Gazi Üniversitesi Etik Kurulu'ndan gerekli onay alınmış, ilgili okul yönetimi ile Millî Eğitim Müdürlüğü'nden araştırma izinleri temin edilmiştir. Tüm katılımcıların ebeveynlerinden yazılı bilgilendirilmiş onam formu alınmış ve çocukların kimlik bilgileri kodlanarak gizlilik ilkesi sağlanmıştır.

3. BULGULAR

3.1. Ön Test Denkliği

Deney ve kontrol gruplarının uygulama öncesi denkliğini doğrulamak amacıyla tüm alt beceri ön test puanlarına Mann-Whitney U testi uygulanmıştır. Analiz sonuçlarına göre hiçbir alt beceride gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmamıştır ($p > .05$). Bu bulgu, grupların başlangıç düzeylerinin birbirine denk olduğunu ve gözlenen farklılıkların uygulama sürecine atfedilebileceğini göstermektedir.

3.2. Tanımlayıcı Bulgular

Tablo 1, deney ve kontrol gruplarına ait ön test ve son test ortalama (Ort.) ile standart sapma (SS) değerlerini alt beceriler düzeyinde sunmaktadır.

Tablo 1. Erken Okuryazarlık Alt Becerilerine İlişkin Tanımlayıcı İstatistikler

Beceri	Deney Ön Ort. (SS)	Deney Son Ort. (SS)	Kontrol Ön Ort. (SS)	Kontrol Son Ort. (SS)
Fonolojik Farkındalık	12.25 (2.1)	41.25 (3.8)	8.4 (1.3)	9.1 (1.5)
Yazı Farkındalığı	7.75 (1.6)	13.38 (1.3)	8.1 (1.4)	9.3 (1.6)
Öyküyü Anlama	6.5 (1.8)	7.8 (1.5)	6.7 (1.7)	7.2 (1.6)
Görsel Eşleştirme	7.2 (1.5)	8.5 (1.4)	7.4 (1.3)	7.9 (1.4)
Yazı Öncesi Beceriler	6.8 (1.7)	7.6 (1.6)	6.9 (1.5)	7.1 (1.4)

Not. Ort. = Ortalama; SS = Standart Sapma. Tüm değerler toplam alt beceri ham puanlarını yansıtmaktadır.

Tablo 1 incelendiğinde, deney grubunda tüm alt becerilerde ön testten son teste artış gözlemlendiği görülmektedir. Fonolojik farkındalıkta gözlenen yüksek puan artışını (12.25 → 41.25) bağlamına oturtmak gerekirse, EOBDA fonolojik farkındalık alt testinin maksimum puanı 48'dir; dolayısıyla ön test değeri (%26 düzeyi) başlangıçta belirgin bir tavan etkisi riski taşımamakta ve son test değeri (%86 düzeyi) gelişimin gerçek bir kazanımı yansıttığına işaret etmektedir. Yazı farkındalığındaki artış (7.75 → 13.38) da alt testin 16 puanlık maksimumu göz önüne alındığında anlamlı bir ilerlemeye karşılık gelmektedir. Kontrol grubunda da artış gözlenmekle birlikte, bu artışın daha sınırlı düzeyde kaldığı görülmektedir.

3.3. İstatistiksel Bulgular

Tablo 2, her alt beceri için deney ve kontrol grubu grup içi (Wilcoxon İşaretli Sıralar Testi) ve gruplar arası (Mann–Whitney U Testi) analiz sonuçlarını sunmaktadır.

Tablo 2. Wilcoxon (Deney ve Kontrol) ve Mann–Whitney U Testi Sonuçları

Beceri	Deney W	p	r	Kontrol W	p	r	Gruplar Arası U	p	r
Fonolojik Farkındalık	36.00	.008	.94	42.50	.016*	.75	0.50	< .01	.83
Yazı Farkındalığı	36.00	.008	.94	29.50	.148	.48	4.50	< .01	.74
Öyküyü Anlama	26.00	.062	.66	34.00	.159	.45	11.00	.004	.61
Görsel Eşleştirme	28.00	.016	.85	17.00	.688	.14	19.50	.028	.47
Yazı Öncesi Beceriler	14.00	1.000	.00	32.50	.221	.39	36.50	.749	.07

Not. W = Wilcoxon istatistiği (pozitif sıralar toplamı); U = Mann–Whitney U istatistiği; r = etki büyüklüğü ($|Z|/\sqrt{n}$). Büyük etki: $r \geq .50$ (Cohen, 1988). Kontrol grubu fonolojik farkındalık için * $p < .05$.

Analiz sonuçları, etkileşimli dijital hikâye kitaplarının erken okuryazarlık alt becerileri üzerindeki etkisinin homojen olmadığını, ancak beş alt beceriden dördünde istatistiksel olarak anlamlı gelişim sağlandığını göstermektedir. Deney grubunda fonolojik farkındalık puanlarında büyük etki büyüklüğüyle anlamlı bir artış gözlenmiştir (W = 36.00, p = .008, r = .94). Benzer biçimde yazı farkındalığında da eşdeğer düzeyde anlamlı gelişim saptanmıştır (W = 36.00, p = .008, r = .94). Gruplar arası karşılaştırmalarda da bu iki beceri deney grubu lehine belirgin farklılık göstermiştir (Fonolojik Farkındalık: U = 0.50, p < .01; Yazı Farkındalığı: U = 4.50, p < .01). Öyküyü anlama becerisinde deney grubu kendi içinde istatistiksel anlamlılık eşiğine ulaşamamıştır (W = 26.00, p = .062, r = .66); ancak gruplar arası karşılaştırmada deney grubu kontrol grubunu anlamlı biçimde geride bırakmıştır (U = 11.00, p = .004, r = .61). Bu bulgu, dijital materyaldeki yapılandırılmış anlama görevlerinin göreli katkısını ortaya koymaktadır; bununla birlikte metabilişsel becerilerin tam anlamıyla gelişebilmesi için daha uzun süreli uygulamalara ihtiyaç duyulduğuna işaret etmektedir. Görsel eşleştirme becerisinde de deney grubunda anlamlı artış gözlenmiştir (W = 28.00, p = .016, r = .85); gruplar arası karşılaştırmada da deney grubu anlamlı biçimde üstün çıkmıştır (U = 19.50, p = .028). Yazı öncesi becerilerde ise deney grubunda herhangi bir gelişim gözlenememiştir (W = 14.00, p = 1.000, r = .00). Gruplar arası karşılaştırmada da anlamlı fark bulunmamıştır (U = 36.50, p = .749). Bu bulgu, mevcut müdahalenin yazı öncesi becerileri geliştirmede yeterli olmadığını ortaya koymaktadır. Dijital ortamların yazı öncesi becerileri genel olarak geliştiremeyeceğine dair bir yargı yerine, bu müdahalenin tasarım özelliklerinin özellikle fiziksel yazma pratiğinin yokluğunun etkisizliği açıkladığı düşünülmektedir. El-göz koordinasyonu ve kavrama basıncı gibi bedensel deneyimlerin dijital dokunmatik etkileşimlerle ne ölçüde ikame edilebileceği, gelecek araştırmalarda incelenmeye değer bir sorudur. Kontrol grubu Wilcoxon analizleri incelendiğinde, yalnızca fonolojik farkındalık becerisinde istatistiksel olarak anlamlı bir grup içi gelişim gözlendiği görülmektedir (W = 42.50, p = .016, r = .75). Diğer dört alt beceride kontrol grubunda anlamlı değişim tespit edilememiştir (p > .05). Bu bulgu, geleneksel erken okuryazarlık etkinliklerinin de fonolojik farkındalığa belirli düzeyde katkı sunabildiğine işaret etmekle birlikte, gruplar arası Mann-Whitney U karşılaştırması deney grubunun bu beceri alanında kontrol grubunun çok belirgin biçimde üzerinde kaldığını ortaya koymaktadır (U = 0.50, p < .01, r = .83). Önemle vurgulanması gereken bir nokta, bu araştırmanın "dijital materyal ile hiçbir müdahale yapılmaması" arasındaki farkı değil, "öğretim tasarımı ilkelerine dayalı dijital materyal ile yapılandırılmış geleneksel erken okuryazarlık etkinlikleri" arasındaki farkı ölçtüğüdür. Kontrol grubunun tv şeridi, kafiyeli şiir, çizgi çalışmaları ve görsel eşleştirme gibi pedagojik açıdan anlamlı etkinlikler uyguladığı göz önüne alındığında, elde edilen gruplar arası farklar güçlü bir karşılaştırma zeminine dayanmaktadır.

4. TARTIŞMA

Bu araştırmanın temel bulgusu, öğretim tasarımı temelli etkileşimli dijital hikâye kitaplarının erken okuryazarlık alt becerileri üzerinde homojen olmayan, beceriye özgü farklılaşan etkiler oluşturduğudur. Beş alt beceriden dördünde (fonolojik farkındalık, yazı farkındalığı, öyküyü anlama ve görsel eşleştirme) büyük etki büyüklükleriyle istatistiksel olarak anlamlı gelişimler gözlenirken, yazı öncesi becerilerde herhangi bir ilerleme tespit edilememiştir. Bu bulgu, dijital materyallerin tüm okuryazarlık becerileri üzerinde eşit düzeyde etkili olmadığını ortaya koyan Takács ve arkadaşlarının (2015) meta-analitik bulgularıyla tutarlılık göstermekte ancak mevcut araştırma, etkililiğin daha geniş bir beceri profilinde gerçekleşebildiğini göstermesi bakımından alanyazına özgün katkı sunmaktadır.

Fonolojik farkındalıkta elde edilen yüksek artış, geliştirilen dijital kitaplardaki ses temelli etkileşimli görevlerle doğrudan ilişkilidir. Başlangıç sesi belirleme ve kafiye eşleştirme gibi görevlerin çocukların fonemik farkındalık süreçlerini aktif biçimde desteklediği değerlendirilmektedir. Bu bulgu, ses temelli dijital etkileşimlerin fonolojik işlemlemeyi güçlendirdiğini ortaya koyan Korat ve Shamir'in (2012) çalışmalarıyla örtüşmektedir. Benzer biçimde yazı farkındalığındaki gelişim, metin vurgulama özelliğinin Mayer'in (2009) işaretleme ilkesiyle uyumlu olarak çocukların dikkatini yazılı sembollere yönlendirmesiyle açıklanabilir. Bununla birlikte, materyalin özgün bileşenlerinden biri olan yapay zekâ destekli anlık geri bildirim sisteminin gözlenen gelişime katkısı ayrıca tartışılmayı hak etmektedir. Bu çalışma tasarımı, dijital hikâye kitabı ile yapay zekâ destekli geri bildirimin etkisini birbirinden bağımsız olarak ölçmeye imkân tanımamaktadır. Dolayısıyla gözlenen etkilerin hangi bileşenden zenginleştirilmiş dijital içerikten mi, yoksa anlık geri bildirim mekanizmasından mı kaynaklandığı belirsizliğini korumaktadır. Bu soru, bileşen odaklı deneysel desenlerin kullanıldığı gelecek araştırmalar için önemli bir soruşturma zemini sunmaktadır.

Öyküyü anlama becerisinde deney grubu kendi içinde istatistiksel anlamlılık eşiğine ulaşamamış ($p = .062$, $r = .66$); ancak gruplar arası karşılaştırmada anlamlı üstünlük sergilemiştir ($p = .004$, $r = .61$). Bu bulgu, dijital materyaldeki olay sıralama görevleri ve yapılandırılmış sorgulama etkileşimlerinin anlam kurma süreçlerini desteklediğini göstermekte bununla birlikte çıkarım yapma ve niyet yorumlama gibi metabilişsel becerilerin tam anlamıyla gelişebilmesi için daha uzun süreli uygulamaların gerekli olduğuna işaret etmektedir (Mol et al., 2008; Whitehurst et al., 1994). Yazı öncesi becerilerdeki etkisizlik ($W = 14.00$, $p = 1.000$, $r = .00$) ise en çarpıcı bulgudur. Dijital dokunmatik etkileşimler, kâğıt-kalem yazma pratiğinin gerektirdiği ince motor beceri gelişimini karşılayamamış olabilir. El-göz koordinasyonu ve kavrama basıncı gibi bedensel deneyimler dijital yüzeylerle ikame edilemez.

Vygotsky'nin (1978) sosyokültürel kuramı ve yapı iskelesi (scaffolding) kavramı çerçevesinde, öğretmenin anlık geri bildirim sağladığı ve soru sorma-anlam kurma süreçlerine aktif katılım sunduğu ortamlar, özellikle üst düzey bilişsel süreçleri desteklemede dijital materyallerle güçlü tamamlayıcılık ilişkisi sergilemektedir. Bu durum, dijital ve geleneksel öğretim yöntemlerinin birbirinin alternatifi değil, birbirini tamamlayan yaklaşımlar olarak ele alınması gerektiğini pekiştirmektedir.

Elde edilen bulgular, Smeets ve Bus'un (2012) vurguladığı üzere, dijital materyallerin etkililiğinin teknolojik özelliklerden ziyade beceriye özgü pedagojik tasarım uyumuna bağlı olduğunu desteklemektedir. Görsel ve işitsel ipuçlarıyla doğrudan desteklenebilen kodlama temelli beceriler (fonolojik farkındalık, yazı farkındalığı) dijital ortamlardan en yüksek düzeyde yararlanırken bedensel motor deneyim gerektiren beceriler (yazı öncesi) için fiziksel uygulama zorunlu tamamlayıcı olarak öne çıkmaktadır. Anlama ve görsel eşleştirme becerileri ise dijital ortamın sunduğu zenginleştirilmiş uyaran yapısıyla desteklenebilmektedir ancak bu becerilerin tam potansiyellerini gerçekleştirmeleri için sosyal etkileşim bileşenlerinin dijital tasarıma entegre edilmesi gerekmektedir.

Son olarak, araştırmanın sınırlılıkları dikkate alındığında, küçük örneklem büyüklüğünün bulguların genellenebilirliğini kısıtladığı söylenebilir. Özellikle, gözlenen yüksek etki büyüklükleri ($r = .94$, $r = .94$, $r = .85$) küçük örneklemlerde istatistiksel artefakt riskini artırdığından ihtiyatla yorumlanmalıdır. Bu değerler, muhtemelen üst sınır tahminleri olarak değerlendirilmelidir. Gelecek araştırmalarda daha büyük örneklemlerle elde edilecek bulgular, bu etki büyüklüklerinin istikrarını test etme açısından kritik önem taşımaktadır. Bunun yanı sıra, uzun vadeli izleme ölçümleri ve karma yöntem yaklaşımlarıyla bulguların derinleştirilmesi önerilmektedir.

5. SINIRLILIKLAR

Bu araştırmanın bazı sınırlılıkları bulunmaktadır. İlk olarak, örneklemin tek bir okuldan ve 18 çocuktan oluşması bulguların genellenebilirliğini sınırlamaktadır. Bu sınırlılığın yapısal bir nedeni bulunmaktadır: araştırmanın yürütüldüğü eğitim-öğretim yılında Ankara'da akıllı tahta ve internet altyapısına sahip yalnızca bir anaokulu bulunabilmiş bu okulda 40 çocuktan 20'sinin velisi araştırmaya katılım için izin vermiş, okuma-yazma bilen 2 çocuk ise dahil edilme kriterleri dışında tutulmuştur. Türkiye'de okul öncesi kademesinde teknoloji altyapısının yetersizliği, araştırmanın bağımsız bir bulgusu olarak da değerlendirilebilir. İkinci olarak, araştırmanın yalnızca Ankara'da yürütülmesi coğrafi ve sosyoekonomik çeşitliliği kısıtlamaktadır. Üçüncü olarak, dört haftalık uygulama süresi ve izleme ölçümünün bulunmaması, müdahalenin uzun vadeli etkilerinin değerlendirilmesini engellemektedir. Son olarak kontrol grubunda öğretmenin bireysel uygulama stilinin etkisi tam olarak kontrol altına alınamamıştır.

6. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu araştırma, öğretim tasarımı ilkeleri temel alınarak geliştirilen etkileşimli dijital hikâye kitaplarının tek bir okulda, 18 çocukla gerçekleştirilen dört haftalık uygulama bağlamında erken okuryazarlık alt becerileri üzerinde homojen olmayan, beceriye özgü farklılaşan etkiler oluşturduğuna işaret etmektedir. Fonolojik farkındalık ($r = .94$), yazı farkındalığı ($r = .94$) ve görsel eşleştirme ($r = .85$) becerilerinde büyük etki büyüklükleriyle anlamlı grup içi gelişimler gözlenirken öyküyü anlama becerisinde grup içi gelişim sınırda kalmış ($p = .062$, $r = .66$) ancak gruplar arası karşılaştırmada deney grubu anlamlı biçimde üstün çıkmıştır ($p = .004$, $r = .61$), yazı öncesi becerilerde herhangi bir ilerleme tespit edilememiştir. Bu bulgu, dijital öğrenme materyallerinin etkililiğinin tüm beceriler için eşit olmadığını ve büyük ölçüde beceriye özgü pedagojik tasarım uyumuna bağlı olduğunu göstermektedir.
Araştırmanın kuramsal katkısı, dijital materyallerin erken okuryazarlık alt becerileri üzerindeki farklılaşan etkilerini ampirik olarak ortaya koyması ve bu farklılığı öğretim tasarımı ile çoklu ortam öğrenme ilkeleri çerçevesinde açıklamasıdır. Bu çalışmanın bulguları, görsel-işitsel uyaranlarla doğrudan desteklenebilen kodlama temelli becerilerin (fonolojik farkındalık, yazı farkındalığı) ve görsel bilişsel becerilerin (görsel eşleştirme, öyküyü anlama) bu öğretim tasarımı temelli dijital materyal bağlamında etkili biçimde gelişebildiğine, buna karşılık ince motor beceri gerektiren yazı öncesi becerilerin mevcut müdahale koşullarında gelişim göstermediğine işaret etmektedir. Bu bulguların daha geniş örneklemlerde ve farklı uygulama bağlamlarında sınanması, genellenebilirlik açısından kritik önem taşımaktadır.

Uygulamaya yönelik öneriler şu şekilde özetlenebilir:

1. Dijital hikâye kitabı tasarımında içerikler, yalnızca görsel ve işitsel çekicilik açısından değil, öğrenme hedefleriyle doğrudan hizalanacak biçimde yapılandırılmalıdır.
2. Öyküyü anlama becerisini daha üst seviyelere taşımak amacıyla metabilişsel sorular, tahmin yapma ve geriye dönük düşünme etkinlikleri dijital tasarıma entegre edilmelidir. Yazı öncesi beceriler için dijital materyaller, fiziksel yazma etkinlikleriyle tamamlayıcı biçimde planlanmalıdır.
3. Okul öncesi öğretmenleri, dijital materyal seçiminde pedagojik hedef–içerik uyumunu gözetmeli ve dijital ile geleneksel yöntemleri tamamlayıcı biçimde kullanmalıdır.
4. Gelecek araştırmalar, bu bulguları daha büyük örneklemler, uzun dönemli izleme ölçümleri ve karma yöntem yaklaşımları ile test etmelidir.

Sonuç olarak, etkileşimli dijital hikâye kitapları uygun öğretim tasarımı ilkeleriyle yapılandırıldığında güçlü pedagojik araçlar sunmaktadır. Ancak bu araçların erken okuryazarlık gelişimi üzerindeki etkisinin sürdürülebilir ve kapsamlı olabilmesi için beceriye özgü, hedef odaklı ve bilişsel süreçleri destekleyen bir tasarım yaklaşımının benimsenmesi gerekmektedir.

KAYNAKÇA

Branch, R. M. (2009). Instructional design: The ADDIE approach. Springer.
Burns, M. S., Griffin, P., & Snow, C. E. (Eds.). (1999). Starting out right: A guide to promoting children's reading success. National Academy Press.

Karaman, G., & Güngör-Aytar, A. (2016). Erken okuryazarlık becerilerini değerlendirme aracı'nın (EOBDA) geliştirilmesi. Mersin Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi, 12(2), 516–541. https://doi.org/10.17860/efd.02080 Cabell, S. Q., Justice, L. M., Konold, T. R., & McGinty, A. S. (2011). Profiles of emergent literacy skills among preschool children who are at risk for academic difficulties. Early Childhood Research Quarterly, 26(1), 1–14.

Clay, M. M. (1991). Becoming literate: The construction of inner control. Heinemann.

Cohen, J. (1988). Statistical power analysis for the behavioral sciences (2nd ed.). Lawrence Erlbaum Associates.

De Jong, M. T., & Bus, A. G. (2002). Quality of book-reading matters for emergent readers: An experiment with the same book in a regular or electronic format. Journal of Educational Psychology, 94(1), 145–155.

Furenes, M. I., Kucirkova, N., & Bus, A. G. (2021). A comparison of children's reading on paper versus screen: A meta-analysis. Review of Educational Research, 91(4), 483–517. https://doi.org/10.3102/0034654321998074

Hare, C., Johnson, B., Vlahiotis, M., Panda, E. J., Tekok-Kilic, A., & Curtin, S. (2024). Children's reading outcomes in digital and print mediums: A systematic review. Journal of Research in Reading, 47, 309–329. https://doi.org/10.1111/1467-9817.12461

Dickinson, D. K., & McCabe, A. (2001). Bringing it all together: The multiple origins, skills, and environmental supports of early literacy. Learning Disabilities Research & Practice, 16(4), 186–202.

Neumann, M. M. (2018). Using tablets and apps to enhance emergent literacy skills in young children. Early Childhood Research Quarterly, 42, 239–246.

Gersten, R., Fuchs, L. S., Compton, D., Coyne, M., Greenwood, C., & Innocenti, M. S. (2005). Quality indicators for group experimental and quasi-experimental research in special education. Exceptional Children, 71(2), 149–164.

Korat, O., & Shamir, A. (2012). Direct and indirect teaching: Using e-books for supporting vocabulary, word reading, and story comprehension for young children. Journal of Educational Computing Research, 46(2), 135–152.

Mayer, R. E. (2009). Multimedia learning (2nd ed.). Cambridge University Press.

Mayer, R. E., & Moreno, R. (2003). Nine ways to reduce cognitive load in multimedia learning. Educational Psychologist, 38(1), 43–52.

Mol, S. E., Bus, A. G., De Jong, M. T., & Smeets, D. J. (2008). Added value of dialogic parent–child book readings: A meta-analysis. Early Education and Development, 19(1), 7–26.

National Early Literacy Panel (NELP). (2008). Developing early literacy: Report of the National Early Literacy Panel. National Institute for Literacy.

Nicolopoulou, A., Cortina, K. S., Ilgaz, H., Cates, C. B., & De Sá, A. B. (2015). Using a narrative- and play-based activity to promote low-income preschoolers' oral language, emergent literacy, and social competence. Early Childhood Research Quarterly, 31, 147–162.

Plass, J. L., Homer, B. D., & Kinzer, C. K. (2015). Foundations of game-based learning. Educational Psychologist, 50(4), 258–283.

Scarborough, H. S. (2001). Connecting early language and literacy to later reading (dis)abilities: Evidence, theory, and practice. In S. B. Neuman & D. K. Dickinson (Eds.), Handbook of early literacy research (pp. 97–110). Guilford Press.

Sari, B., Takacs, Z. K., & Bus, A. G. (2019). What are we downloading for our children? Best-selling children's apps in four European countries. Journal of Early Childhood Literacy, 19(4), 515–532. https://doi.org/10.1177/1468798417744057

Sarı Uğurlu, B. (2025). Are digital books really designed for young children? A content analysis of Turkish digital books. Early Childhood Education Journal. https://doi.org/10.1007/s10643-025-01977-w

Savva, M., Higgins, S., & Beckmann, N. (2022). Meta-analysis examining the effects of electronic storybooks on language and literacy outcomes for children in grades Pre-K to grade 2. Journal of Computer Assisted Learning, 38(2), 526–564. https://doi.org/10.1111/jcal.12623

Smeets, D. J. H., & Bus, A. G. (2012). Interactive electronic storybooks for kindergartners to promote vocabulary growth. Journal of Experimental Child Psychology, 112(1), 36–55.

Sweller, J. (2005). Implications of cognitive load theory for multimedia learning. In R. E. Mayer (Ed.), The Cambridge handbook of multimedia learning (pp. 19–30). Cambridge University Press.

Takács, Z. K., Swart, E. K., & Bus, A. G. (2015). Benefits and pitfalls of multimedia and interactive features in technology-enhanced storybooks: A meta-analysis. Review of Educational Research, 85(4), 698–739.

Teale, W. H., & Sulzby, E. (1992). Emergent literacy: New perspectives. In D. S. Strickland & L. M. Morrow (Eds.), Emerging literacy: Young children learn to read and write (pp. 1–15). International Reading Association.

Verhallen, M. J. A. J., & Bus, A. G. (2010). Low-income immigrant pupils learning vocabulary through digital picture storybooks. Journal of Educational Psychology, 102(1), 54–61.

Vygotsky, L. S. (1978). Mind in society: The development of higher psychological processes. Harvard University Press.

Wagner, R. K., & Torgesen, J. K. (1987). The nature of phonological processing and its causal role in the acquisition of reading skills. Psychological Bulletin, 101(2), 192–212.

Wasik, B. A., & Bond, M. A. (2001). Beyond the pages of a book: Interactive book reading and language development in preschool classrooms. Journal of Educational Psychology, 93(2), 243–250.

Whitehurst, G. J., & Lonigan, C. J. (1998). Child development and emergent literacy. Child Development, 69(3), 848–872.

Whitehurst, G. J., Arnold, D. S., Epstein, J. N., Angell, A. L., Smith, M., & Fischel, J. E. (1994). A picture book reading intervention in day care and home for children from low-income families. Developmental Psychology, 30(5), 679–689.

ACEMİ ERLERE VERİLEN AFET FARKINDALIK EĞİTİMİNİN ETKİLİLİĞİ: TEK GRUP ÖN VE SON TEST ÇALIŞMASI

THE EFFECTIVENESS OF DISASTER AWARENESS TRAINING PROVIDED TO RECRUITS: A SINGLE-GROUP PRE- AND POST-TEST STUDY

Abdullah TEKELİER
Çanakkale Onsekiz Mart University,Department of Disaster education and Management, Çanakkale, Türkiye
ORCID: 0009-0002-5749-7268

Asst. Prof. Dr. İsmail Onur TUNÇ
Çanakkale Onsekiz Mart University, Department of Geological Engineering, Çanakkale, Türkiye
ORCID: 0000-0002-4273-9175

ABSTRACT

This study evaluated a disaster awareness training for gendarmerie recruits at the 3rd Gendarmerie Training Battalion in Ezine, Türkiye. A single-group pre-test/post-test experimental design was employed with 704 volunteer recruits selected via convenience sampling. Data were collected via a researcher-designed Personal Information Form and the 23-item, 5-point Likert-type Disaster Awareness Scale (DAS; Kırıkkaya & Gerdan, 2019), comprising five subscales: disaster knowledge, pre-disaster, during-disaster, post-disaster, and non-structural risk awareness. The scale's internal consistency coefficients were 0.78 at pre-test and 0.79 at post-test. Data were analyzed using descriptive statistics and paired-samples t-tests. Of the participants, 65.8% were aged 21–30 years, 58.9% were high school graduates, and 63.1% were employed. Forty-seven percent reported having previously experienced at least one disaster, of whom 74.3% had been exposed to an earthquake, 12.4% to a flood, and 6.3% to a fire. After training, the mean total scale score increased significantly from 78.53±13.90 to 83.39±13.31 ($t=6.87$; $p<0.001$). Significant gains emerged in the disaster knowledge ($t=6.07$; $p<0.001$), pre-disaster ($t=7.17$; $p<0.001$), and non-structural risk awareness ($t=4.53$; $p<0.001$) subscales, while no significant change was found in the during-disaster ($p=0.484$) or post-disaster ($p=0.205$) subscales. Subgroup analyses showed the most pronounced gains among participants aged 18–30, those with primary through high school education, and those without prior disaster experience; no significant differences emerged among those aged 41+ or holding a master's degree. Overall, the training significantly increased recruits' disaster awareness; limited gains in the during- and post-disaster dimensions suggest these areas should be enriched and supported by hands-on field drills.

Keywords: Disaster awareness, disaster education, military recruits, gendarmerie, Disaster Awareness Scale.

ÖZET

Bu çalışma, Ezine 3'üncü Jandarma Eğitim Tabur Komutanlığında görev yapan acemi erlere uygulanan afet farkındalık eğitiminin etkililiğini değerlendirmek amacıyla gerçekleştirilmiştir. Araştırma, tek grup ön test–son test deneysel desende yürütülmüş; çalışmaya gönüllü 704 acemi er, uygun örnekleme yöntemiyle dâhil edilmiştir. Veriler, araştırmacı tarafından hazırlanan Kişisel Bilgi Formu ve Kırıkkaya ile Gerdan (2019) tarafından geliştirilen, 23 maddelik 5'li Likert tipi Afet Farkındalık Ölçeği (AFÖ) aracılığıyla toplanmıştır. Ölçeğin iç tutarlılık katsayıları ön testte 0,78, son testte 0,79 olarak hesaplanmıştır. Verilerin analizinde tanımlayıcı istatistikler ile eşleştirilmiş örneklemler t-testi kullanılmıştır. Katılımcıların %65,8'i 21–30 yaş aralığında, %58,9'u lise mezunu ve %63,1'i çalışan bireylerden oluşmaktadır. Katılımcıların %47'si daha önce en az bir afet deneyimlemiş olup bu grubun %74,3'ünü deprem, %12,4'ünü sel ve %6,3'ünü yangın yaşayanlar oluşturmuştur. Eğitim sonrasında ölçek toplam puan ortalaması 78,53±13,90'dan 83,39±13,31'e yükselmiş ve fark istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($t=6,87$; $p<0,001$). Anlamlı artışlar afet bilgisi ($t=6,07$; $p<0,001$), afet öncesi ($t=7,17$; $p<0,001$) ve yapısal olmayan risklerin farkındalığı ($t=4,53$; $p<0,001$) alt boyutlarında saptanırken; afet sırası ($p=0,484$) ve afet sonrası ($p=0,205$) alt boyutlarında anlamlı bir değişim gözlenmemiştir.

Alt grup analizlerinde 18–30 yaş aralığındaki bireyler, ilkokul, ortaokul ve lise mezunları ile daha önce afet deneyimi olmayan katılımcılar en belirgin gelişimi sergilemiş; 41 yaş ve üzeri grup ile yüksek lisans düzeyindeki katılımcılarda anlamlı bir farka rastlanmamıştır. Sonuç olarak uygulanan eğitim, acemi erlerin afet farkındalık düzeylerini anlamlı biçimde artırmıştır; ancak afet sırası ve sonrasına yönelik kazanımların sınırlı kalması, eğitim içeriklerinin bu boyutlarda zenginleştirilmesi ve uygulamalı saha tatbikatlarıyla desteklenmesi gerektiğine işaret etmektedir. Kazanımların kalıcılığını sınamak amacıyla izlem ölçümlerinin yapılması da önerilmektedir.
Anahtar Kelimeler: Afet farkındalığı, afet eğitimi, acemi er, jandarma, Afet Farkındalık Ölçeği.

KLASİK FIKIH USULÜNÜN DİLİ VE YAPAY ZEKÂ

THE LANGUAGE OF CLASSICAL USŪL AL-FIQH AND ARTIFICIAL INTELLIGENCE

Dr. Öğr. Üyesi Muhammed Mehdi AKSOY
Gaziantep İslam Bilim ve Teknoloji Üniversitesi, İlahiyat Fakültesi, İslam Hukuku ABD
Gaziantep/Türkiye
ORCİD: ID/0000-0003-2854-730X

ÖZET

Günümüzde yapay zekâ tabanlı otomatik çeviri araçlarının yaygınlaşması, farklı dillerde üretilmiş bilgilere erişimi önemli ölçüde kolaylaştırmış ve hızlandırmıştır. Ancak bu gelişme, özellikle fıkıh usulü gibi kavram ve bağlam hassasiyeti yüksek disiplinlerde epistemolojik ve metodolojik birtakım sorunları da beraberinde getirmiştir. Bu çalışma, klasik usul metinlerinin yoğun terminolojiye dayalı dil yapısının, yapay zekâ platformları tarafından hangi ölçüde doğru çözümlenip aktarılabildiğini eleştirel bir perspektifle incelemektedir. Fıkıh usulü, şer'î hükümlerin kaynaklarını ve istinbat yöntemlerini teknik bir ıstılah ağı üzerinden kurduğundan bu alana ait metinlerin Türkçeye aktarımında kelimelerin yalnızca lügat karşılıkları değil; ıstılâhî yapısı, delalet teorisi, mezhepsel usul farklılıkları ve metnin sevk bağlamı belirleyici önem taşımaktadır. Bu sebeple usul metinlerinin tercümesinde didaktik ve metodolojik hassasiyetin gözetilmesi zorunludur. Araştırma kapsamında "hâss lafzın hükmü, açık lafızlar arasındaki teâruzda tercih sebebi, zâhir ve nass lafızların mahiyeti ile istifsâlın terkine bağlı olarak hükmün umum kazanması" şeklindeki klasik literatürde önemli konuma sahip dört mesele seçilmiştir. Bu meseleler ile ilgili Arapça birer klasik pasaj, ChatGPT, Gemini ve Deepseek adındaki üç yapay zekâ platformuna tercüme ettirilmiştir. Ardından çeviriler terminolojik sadakat, kavramsal bütünlüğün korunması, usulî bağlamın doğru aktarımı, mezhep içi görüş nispetlerinin isabeti ve örneklerin ilmî işlevinin muhafazası ölçütleriyle mukayeseli olarak değerlendirilmiştir. İnceleme bulguları, çevirilerin çoğunlukla sözlük merkezli bir yaklaşımla üretildiğini, hâss, âmm, nass, kat'î delalet, tahsis, istisna, illet ve istifsâl gibi terimlerin ıstılahî muhtevasının daraltıldığını göstermiştir. Ayrıca bazı durumlarda parantez içi ilavelerle metne müdahale edildiği, bu müdahalelerin yer yer örneklerin epistemik işlevini zayıflattığı, bazı örneklerde ise görüş nispetlerinin tersine çevrildiği veya hüküm-delil mantığını tahrif eden anlam kaymalarına yol açıldığı gözlemlenmiştir. Sonuç olarak çalışma, yapay zekâ temelli çevirilerin klasik fıkıh usulü metinlerinde ilmî güvenilirliği tek başına temin edemeyeceğini, bu tür tercümelerin ancak eleştirel denetim ve alan vukûfiyetiyle kullanılabileceğini ortaya koymaktadır. Bundan hareketle ilahiyat araştırmalarında dijital kaynak kullanımına ilişkin metodolojik farkındalık ihtiyacının vurgulanması gerektiği sonucuna varılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Fıkıh Usulü, Yapay Zekâ, Otomatik Çevri, Terminoloji, Metodoloji.

ABSTRACT

Today, the proliferation of artificial intelligence-based machine translation tools has significantly facilitated and accelerated access to information produced in different languages. However, this development has brought along several epistemological and methodological challenges, particularly in disciplines with high conceptual and contextual sensitivity, such as uṣūl al-fiqh (legal theory). This study critically examines the extent to which the terminology-dense linguistic structure of classical uṣūl texts can be accurately analyzed and rendered by AI platforms. Since uṣūl al-fiqh establishes the sources of Sharia rulings and methods of deduction (istinbāṭ) through a technical network of terminology, the translation of such texts requires more than mere lexical equivalents; the terminological framework, theory of indication (dalālah), sectarian methodological differences, and the discursive context (siyāq) are of decisive importance. Therefore, maintaining didactic and methodological sensitivity in the translation of uṣūl texts is imperative. Within the scope of this research, four central issues in classical literature were selected: the legal ruling of the khāṣṣ (specific) term, the grounds for preference in the conflict between clear terms, the nature of ẓāhir and naṣṣ terms, and the generalization of a ruling based on the omission of inquiry (tark al-istifṣāl). One classical Arabic passage for each issue was translated by three AI platforms: ChatGPT, Gemini, and Deepseek.

The translations were then comparatively evaluated based on criteria such as terminological fidelity, preservation of conceptual integrity, accurate transmission of the methodological context, the correctness of sectarian attributions, and the preservation of the scholarly function of the examples. The findings indicate that translations are predominantly produced with a dictionary-centered approach, narrowing the technical content of terms such as khāṣṣ, ‘āmm, naṣṣ, definitive indication (qaṭ‘ī al-dalālah), takhṣīṣ, istithnā’, ‘illah, and istifṣāl. Furthermore, it was observed that the texts were occasionally intervened in through parenthetical additions, which weakened the epistemic function of the examples. In some instances, these tools reversed sectarian attributions or caused semantic shifts that distorted the logic of ruling and evidence. Consequently, the study reveals that AI-based translations cannot independently ensure scholarly reliability in classical uṣūl al-fiqh texts; such translations can only be utilized through critical supervision and disciplinary expertise. Accordingly, it is concluded that there is an urgent need to emphasize methodological awareness regarding the use of digital resources in theological research.
Keywords: Uṣūl al-Fiqh, Artificial Intelligence, Machine Translation, Terminology (Istilah), Methodology.

GİRİŞ

Günümüzde yapay zekâ tabanlı otomatik çeviri sistemleri, hem araştırmacılar hem de genel kullanıcılar tarafından sıkça başvurulan araçlar hâline gelmiştir. Bu durum, bilgiye erişimi hızlandırmakla birlikte özellikle dil ve kavram hassasiyeti yüksek olan disiplinlerde ciddi birtakım epistemolojik ve metodolojik sorunları beraberinde getirmektedir. Zira yapay zekâ üzerinden üretilen çevrilerin önemli bir kısmı, ilmî denetim ve klasik literatüre vukûfiyet bakımından herhangi bir garanti sunmamaktadır. Fıkıh usulü gibi hem kavramsal örgüsü hem de terminolojik ağı son derece yoğun ve katmanlı bir disiplin söz konusu olduğunda yapay zekâ mecralarının sunduğu tercümelerin güvenilirlik derecesi daha da tartışmalı bir hâl almaktadır.

Fıkıh usulü, şer‘î hükümlerin kaynağı ve istinbat yöntemleri ile ilgili teorik bir çerçeve sunarken bunu yüksek derecede teknik bir dil ve yerleşik ıstılah sistemi üzerinden yapmaktadır. Nitekim hâss, âmm, müşterek, mü’evvel, zâhir, nass, müfesser, muhkem, sarih, kinaye, hakikat, mecaz, kat‘î-zannî delalet, tahsis, istisna vb. kavramlar, ilmî gelenek içerisinde belirli anlam katmanlarına kavuşmuş terimlerdir. Bu nedenle klasik usul metinlerinin anlaşılması ve başka bir dile veya aynı dil içinde sadeleştirilerek aktarılması, yüksek bir terminoloji bilinci, bağlam bilgisi ve mezhepsel usul farklılıklarına vukufiyeti gerektirmektedir. Oysa yapay zekâ temelli otomatik çeviri araçları, çoğu zaman bu kavramsal derinliği gözetmeksizin metinleri kelime düzeyinde, bağlamdan kopuk ve çoğu kere sözlük merkezli bir yaklaşımla aktarmaktadır. Bu durum, yalnızca dilsel bir bozulmaya değil, aynı zamanda usulî meselelerin mahiyetine dair doğrudan yanlış anlamalara da zemin hazırlamaktadır.

Bu çalışmanın çıkış noktası, klasik usul kitaplarında geçen ibarelerin yapay zekâ platformlarınca nasıl tercüme edildiği ve bu tercümelerin ilgili usulî tartışmaları ne ölçüde doğru yansıttığı sorusudur. Bu bağlamda hâss lafzın hükmü, açık lafızlar arasındaki teâruzda tercih sebebi, zâhir ve nass lafızların mahiyeti ve istifsâlın terkine bağlı olarak hükmün umûm kazanması kuralı şeklindeki klasik usul literatüründe son derece merkezî bir konuma sahip dört temel mesele ile ilgili birer metin ele alınmıştır. Klasik kaynaklarda geçen bu metinler, ChatGPT, Gemini ve Deepseek adındaki üç yapay zekâ platformuna tercüme ettirilerek karşılaştırılmıştır. Bu karşılaştırma, yalnızca kelime düzeyinde bir doğru-yanlış tespiti değil, kavramsal çerçevenin korunup korunmadığı, usulî bağlamın aktarılıp aktarılmadığı, mezhepler arası görüş ayrılıklarının doğru yansıtılıp yansıtılmadığı ve örneklerin ilmî işlevinin muhafaza edilip edilmediği gibi boyutları da içermektedir.

Bu çalışmanın amacı, klasik fıkıh usulünün dilini ve kavramsal yapısını esas alarak yapay zekâ platformları üzerinden elde edilen çevirilerin ilmî açıdan ne tür zaaflar taşıdığını somut örnekler üzerinden ortaya koymaktır. Böylece hem araştırmacılar hem de bu tür dijital platformları başvuru kaynağı olarak kullanan geniş kullanıcı kitlesi için klasik usul metinlerinin yapay zekâ aracılığıyla tercüme ettirilmesine yönelik eleştirel bir perspektif sunulması hedeflenmektedir. Elde edilen bulguların, ilahiyat alanında dijital kaynak kullanımına dair metodolojik farkındalığı artıracağı, klasik metinlerle yapay zekâ temelli bilgi üretimi arasındaki gerilimi daha görünür kılacağı ve nihayetinde fıkıh usulü çalışmalarında güvenilir metin ve çeviri ihtiyacını bir kez daha vurgulayacağı düşünülmektedir.

1. HÂSS LAFZIN HÜKMÜ

Hanefî usulcüler, "belirli bir tek ferdi içeren lafız" (Debûsî, 2001) veya "bilinen bir tek mananın fertlerini teker teker (infiraden) göstermek üzere konulmuş lafız" (Siğnâkî, 2001; Nesefî, h. 1326; Buhârî, ts.) şeklinde tanımladıkları hâss lafzın hükmü ile ilgili kendi aralarında ihtilaf etmişlerdir. Burada hâss lafzın hükmünden maksat, onunla sabit olan neticedir/eserdir (İbn Kutluboğa, ts.). Bir diğer ifadeyle hâssın, anlamına delaletinin mahiyetidir.

Irak Hanefîleri, hâss lafzın, -hüküm itibariyle- konulduğu manaya delaletinin kat'î olduğunu savunmuşlardır. Onlara göre söz konusu lafız, kesin bir şekilde manasına delalet ettiği için aksi yönde bir delil veya karine bulunmadıkça mecaza hamledilmek suretiyle vaz' olunduğu mananın dışında başka bir anlama te'vîl edilemez (Debûsî, 2001; Serahsî, ts.; 1/132; Semerkandî, 1984).

Buna karşın Semerkant Hanefîleri, hâss lafzın delaletinin zannî olduğunu ileri sürmüşlerdir. Zira hâssın, özel bir mana için konulmuş olsa da her zaman için mecaz yoluyla başka anlamlara çekilme ihtimaline açık olduğunu, ihtimalin ise kesinliği ortadan kaldıracağını belirtmişlerdir (Molla Fenârî, 2006; İbn Emîru Hâc, 1983).

Bu iki görüş arasındaki ihtilafın pratik sonucu, "Zeyd Geldi" örneği üzerinden ortaya konulabilir. İlk görüşte olanlara göre bu örnek, lafzı itibariyle Zeyd'in gelişine kesin bir şekilde delalet eder. İkinci görüşte olanlara göre ise bu örneğin Zeyd'in gelişine delaleti kesin değildir. Çünkü bu ifadeyle Zeyd'in kendisinin değil de onunla alakalı bir haber, mektup veya elçinin gelmiş olduğu da kastedilmiş olabilir. Dolayısıyla örneğin mecaza hamledilerek te'vil edilmesi mümkündür (Buhârî, ts.).

Hanefîlerin çoğunluğuna göre hâss lafızda söz konusu ihtimallerin bulunması onu kat'î olmaktan çıkarmaz. Çünkü ihtimal iki çeşittir. Birincisi bizzat delilin kendisinden kaynaklı; ikincisi ise delilin dışındaki hâricî bir neden ötürü varit olan ihtimaldir (Molla Fenârî, 2006; Emîr Pâdişâh, 1983; İbn Emîru Hâc, 1983). İhtimalin delilden kaynaklı olması, delilin mecaz anlamda kullanıldığını gösteren bir karnenin bilfiil bulunması demektedir. İhtimalin hâricî bir neden ötürü olması ise de bir karne bulunmaksızın delilin mecaz anlamda kullanılmaya müsait olmasıdır (Karabeg, h. 1316). Birinci tür ihtimal, lafzın katiyetini ortadan kaldırır. Ancak ikinci tür ihtimal lafzın kat'î olmasına engel teşkil etmez (Molla Fenârî, 2006; Emîr Pâdişâh, 1983; 1/367; İbn Emîru Hâc, 1983). Bu görüşte olan Hanefîlerin çoğunluğu, bir karine bulunmadığı sürece hâss lafızda var olan ihtimalin onun katiyetine mani olmayacağını savunmuşlardır (Molla Fenârî, 2006; Emîr Pâdişâh, 1983; İbn Emîru Hâc, 1983).

İbn Kutluboğa (ö. 879/1474), Semerkant Hanefîlerinin görüşlerinin örfen geçersiz olduğunu, çünkü fıkıh usulü geleneğinde delilden kaynaklı olmayan ihtimallerin itibara alınmadığını belirtmiştir. Bu reddiyede bulunurken de sağlam duvar örneği üzerinden görüşünü temellendirmiştir. Bilindiği üzere insanlar, herhangi bir çatlaklık barındırmayan sağlam duvara güvenirler ve ondan kaçmazlar. Oysa sağlam da olsa duvarın her zaman için yıkılma ihtimali vakidir. Fakat bu ihtimal, sağlam olması hasebiyle duvarın kendisinden kaynaklı değildir. Bu nedenle insanların duvardan kaçmasına yol açmamaktadır. İşte İbn Kutluboğa, bu örneği verirken insanların çatlak olmayan sağlam duvardan kaçmadıklarını ve ondan korkanları deli olarak saydıklarını ifade etmiştir (İbn Kutluboğa, ts.). Bu konudaki ibareleri şöyledir:

"(وحكمه) أي حكم الخاص وهو الأثر الثابت به (تناول المخصوص)، وهو مدلول الخاص (قطعاً) أي تناولاً قاطعاً إرادة غيره عنه، وهذا عند مشايخ العراق خلافاً لمشايخ سمرقند، ومذهبهم مردود باتفاق العرف، حيث لا يعتبرون احتمالاً لا عن دليل أصلاً، فلا يفرون من جدار لا شق فيه ويعدون الخائف منه مجنوناً (İbn Kutluboğa, ts.)"

Kırık Tercüme: "(Onun hükmü) yani hâss lafzın hükmü ki onunla sabit olan eserdir. (Mahsusu içermesidir) -Mahsus- hâss lafzın medlulüdür. (Kat'î bir şekilde) yani başka bir şeyin kastedilmesinin önün kesecek kesin biçimde. Bu, Semerkant Hanefîlerinden farklı olarak Irak Hanefîlerine göredir. Onların -Semerkantlıların- görüşü ise örfün ittifakıyla merduttur. Çünkü -örf ehli- delilden kaynaklı olmayan ihtimallere asla itibar etmezler. Nitekim çatlak olmayan duvardan kaçmazlar ve ondan korkanı deli sayarlar."

Sadeleştirilmiş Açıklamalı Tercüme: "Hâss lafzın hükmü yani onunla sabit olan netice, başka bir anlamın kastedilmiş olmasını engelleyecek biçimde içerdiği manaya kat'î olarak delalet etmesidir. Bu, Irak Hanefîlerinin görüşüdür. Semerkant Hanefîleri ise onlardan farklı olarak -muhtelif ihtimalleri barındırdığı gerekçesiyle- hâss lafzın delaletinin zannî olduğunu savunmuşlardır. Ancak usul geleneğinde bu görüş kabul edilebilir değildir.

Çünkü usulcüler, delilden kaynaklı olmayan ihtimalleri, -katiyeti engelleyici unsur olarak- dikkate almazlar. Nitekim -her an için yıkılma ihtimali olmasına rağmen- sağlam duvardan kaçmazlar ve ondan korkanı deli sayarlar."

-ChatGPT: "(Hükmü) yani 'hass'ın hükmü -ondan sabit olan etkidir - (muhassasa delâlet etmesidir); bu da hass'ın kesin olarak ifade ettiği anlamdır. (Kesinlikle) yani onun dışında başka bir anlamın kastedilmiş olmasını kesin biçimde dışlayacak şekilde… Bu, Iraklı Hanefî âlimlerinin görüşüdür; Semerkandlı âlimlere ise aykırıdır. Ancak onların görüşü örfe (teamüle) aykırı olduğundan reddedilmiştir; zira örfte, hiçbir delile dayanmayan ihtimaller dikkate alınmaz. Nitekim insanlar yarığı bulunmayan düz bir duvardan kaçmaz ve böyle bir şeyden korkan kimseyi deli sayarlar."

-Gemini: "(Ve onun hükmü) yani Hâss'ın hükmü, ki o, onunla sabit olan etkidir (hükümdür), (mahsûsu) kapsamaktır. Mahsûs ise Hâss'ın delalet ettiği manadır. (Kapsaması) katiyetle (kesin olarak)dır; yani başkasının kastedilmesi ihtimalini tamamen kesip atan bir kapsamadır. Bu (görüş), Irak meşâyihine göredir; Semerkant meşâyihine muhaliftir. Onların (Semerkant meşâyihinin) mezhebi, örfün (genel kabulün) ittifakıyla reddedilmiştir. Zira onlar, delile dayanmayan bir ihtimali kesinlikle dikkate almazlar. Bu nedenle (örfteki insanlar), hiçbir çatlağı olmayan bir duvardan kaçmazlar ve ondan korkanı deli sayarlar."

-Deepseek: "(Onun hükmü): Yani "hâs" (özel/tek anlamlı ifade)nin hükmü; bu, onunla sabit olan eserdir. (Mahsusa delalet etmesi): Yani "hâs"ın ifade ettiği şeydir. (Kesin olarak): Yani, ondan başka bir şeyin kastedilme ihtimalini kesin olarak dışlayan bir delalet ile. Bu, (Semerkant hocalarının görüşünün aksine) Irak hocalarının görüşüdür. Onların bu mezhebi (görüşü), örfe göre ittifakla reddedilmiştir. Zira onlar, (hiçbir delile dayanmayan) bir ihtimali asla dikkate almazlar. Bu sebeple, (yarık/çatlak olmayan) bir duvardan kaçmazlar ve ondan korkan kimseyi de deli sayarlar."

Bu çeviriler dikkatlice incelendiğinde hiçbirinin metnin kavramsal bütünlüğünü, fıkıh usulü terminolojisini ve ilmî içeriğini tam anlamıyla yansıtmadığı görülmektedir. Birbirine oldukça yakın olan ChatGPT ile Gemini tarafından yapılan çevirilerde, metinde geçen hâss, mahsus, kat'î delalet vb. teknik terimlerin fıkıh usulündeki ıstılahî anlamları dikkate alınmaksızın kelimelerin yalnızca sözlük karşılıklarına bağlı kalınmıştır. Bu nedenle hâss lafzın "kat'î delalet" şeklindeki hükmü, çevirilerde ya sadece "kapsama" gibi epistemolojik olmayan sade bir tanıma indirgenmiş ya da delalet-kat'iyet ilişkisinin mantıksal temeli açıklanmamıştır. Böylelikle teknik bir tartışma, içerikten uzak biçimde yalnızca kelime karşılıklarına dönüşmüş ve metnin ilmî bağlamı zayıflatılmıştır. Ayrıca her iki çeviride yer alan yoğun parantez eklemeleri, metnin anlaşılmasını kolaylaştırmak yerine kopuk, dağınık ve parçalanmış bir ifade yapısına yol açmıştır. Bu durum, konuya aşina olmayan bir okuyucunun metni takip etmesini güçleştirdiği gibi kavramsal ilişkilerin içyapısını görünmez hâle getirmektedir. Örneğin ChatGPT'nin çevrisinde "muhassasa delalet" gibi metinde bulunmayan ifadelerin parantez içine eklenmiş olması, Gemini'nin çevrisinde "hükümdür" ifadesinin parantez içine alınması ve "Mahsûs ise Hâss'ın delalet ettiği manadır" gibi aslında fıkıh usulü açısından teknik olmayan ve yanlış yönlendirme yapan bir karşılık verilmesi, tercümelerin metni açıklamaktan ziyade bozduğunu göstermektedir. Buna ilave olarak örfün genel kabul anlamında sunulması, delil dışı ihtimalleri terk etmeye dair örneği bağlamından koparmakta, ifadeyi usul metodolojisine değil yanlış biçimde teamüle indirgenmektedir. Deepseek'in yaptığı çeviri ise hem bu eksiklikleri taşımakta hem de daha ciddi bir anlam hatası içermektedir. Metindeki ilmî görüş ayrılığının yanlış aktarılması, Semerkant Hanefîlerinin delaletin zannî olduğunu savunan görüşünün sanki Irak ekolüne aitmiş gibi sunulmasına yol açmıştır. Bu hata yalnızca bir tercüme kusuru değil, metnin düşünsel bağlamını tersine çeviren, mezhep içi farklılıkları hatalı aktaran ve ilmi güvenilirliği doğrudan zedeleyen bir çarpıtmadır. Ayrıca bu çeviride "özel/tek anlamlı ifade" gibi aşırı açıklayıcı fakat bağlamı daraltıcı nitelemeler yapılmış, böylece hâss lafzın yalnızca semantik ciheti öne çıkarılmış, kat'î hüküm doğurması şeklindeki epistemolojik yönü arka planda bırakılmıştır. Sonuç itibarıyla tüm bu çevirilerde kavramların anlam çerçevesi daraltılmış, ilmî bağlam tahrif edilmiş, usulî tartışmanın dayandığı delil mantığı zayıflatılmış ve örneklerin amacı yeterli düzeyde açıklanmamıştır. Bu nedenle söz konusu tercümeler üzerinden metne dair doğru bir sonuca ulaşılması mümkün değildir. Nitekim tercümeler, terminolojiye aşina olmayan okuyucu için anlaşılmaz; terminolojiye aşina olan okuyucu için ise yanlış yönlendirici bir görünümdedir.

2. AÇIK LAFIZLAR ARASINDAKİ TEÂRUZ DURUMUNDA TERCİH SEBEBİ

Hanefî usulcüler, lafızları açıklık-kapalılık itibariyle açık ve kapalı olmak üzere ikiye ayırmış, her birinin de dörder türünün olduğunu belirtmişlerdir.

Açık lafızlar en az açık olandan en fazla açık olana doğru bir tertiple zâhir, nass, müfesser ve muhkemdir (Şâşî, 1982; Debûsî, 2001; Serahsî, ts.; Siğnâkî, 2001). Kapalı lafızları ise en az kapalı olandan en fazla kapalı olana doğru bir sıralamayla hafî, müşkil, mücmel ve müteşâbihtir (Şâşî, 1982; Debûsî, 2001; Serahsî, ts.;).

Hanefî usulünde zâhir, "işitildiği anda hâricî bir karineye ihtiyaç duyulmadan hemen anlaşılacak şekilde manasına açıkça delâlet eden, fakat te'vîl, tahsis ve nesh ihtimallerine açık bulunan ve sözün asıl sevk sebebini teşkil etmeyen lafızdır." (Buhârî, ts.; Molla Fenârî, 2006; İbn Emîru Hâc, 1983). Nass, "manasına açıkça delalet eden ve sözün asıl sevk sebebini teşkil eden, bununla beraber te'vîl, tahsis ve nesh ihtimallerini barındıran lafızdır." (Buhârî, ts.; Molla Fenârî, 2006; İbn Emîru Hâc, 1983).

Hanefî usulcüler, mezkûr iki lafız için genelde *"Allah alışverişi helâl, faizi haram kıldı"* (el-Bakara 2/275) âyetini örnek olarak zikrederler (Şâşî, 1982; Debûsî, 2001; Serahsî, ts.; Semerkandî, 1984). Bu âyet, alım-satım ile faizin aynı şeyler olduğunu iddia eden müşriklerin söylemlerini reddetmek üzere nâzil olmuştur. Dolayısıyla âyetin sevk sebebi, alım-satım ile faizin farklı şeyler olduğunu vurgulamak suretiyle müşriklerin sözlerini reddetmesidir. Fakat âyetten -her ne kadar asıl sevk sebebi olmasa da- alım-satımın helal, faizin haram olduğu da açıkça anlaşılmaktadır. İşte âyet, alım-satımım helalliği ile faizin haramlığına delalet etmesi yönüyle zâhir, ikisinin farklı olduklarını vurgulama cihetiyle nasstır (Şâşî, 1982; Debûsî, 2001; Serahsî, ts.; Semerkandî, 1984; Siğnâkî, 2001; Buhârî, ts.).

Müfesser, "manasına açıkça delalet edip te'vil ve tahsis ihtimallerini barındırmayan, fakat neshe kabil olan" lafızdır (Buhârî, ts.; Molla Fenârî, 2006; İbn Emîru Hâc, 1983). Örneğin *"Meleklerin hepsi topluca (aynı anda) secde ettiler"* (el-Hicr 15/30) âyetindeki "melekler" ifadesi müfesserdir. Şöyle ki, ilgili kelime, başında umum ifade eden "Elif-Lam" edatı bulunduğundan ötürü âmmdır. Dolayısıyla bütün melekleri kapsamaktadır. Âmm lafızlar ise hem tahsise hem de te'vîle kabildirler. Ancak akabindeki "hepsi" ifadesiyle hiçbir meleğin istisna edilemeyeceği şekilde tahsis ihtimali ortadan kalkmıştır. Ne var te'vîl ihtimali halen devam etmektedir. Çünkü melekler toplu bir şekilde secde etmiş olabilecekleri gibi ayrı ayrı da secde etmiş olabilirler. Dolayısıyla âyet bu iki mânadan birine yorumlanabilir. Bu te'vîl ihtimali de "topluca" ifadesiyle ortadan kalkmıştır. Böylece te'vîl ve tahsise açık olan "melekler" ifadesi, "hepsi-topluca" ifadesiyle tahsis ve te'vîle kapalı olan müfesser bir lafza dönüşmüştür (Şâşî, 1982; Serahsî, ts.; Buhârî, ts.).

Muhkem ise "manasına açıkça delalet eden, te'vil, tahsis ve nesih ihtimallerini içermeyen" lafızdır (Buhârî, ts.; Molla Fenârî, 2006). Mesela "*Sizin Allah'ın Resûlü'nü üzmeniz ve kendisinden sonra onun hanımlarını nikâhlamanız ebediyen câiz değildir. Çünkü bu, Allah katında büyük bir günahtır"* (el-Ahzâb 33/53) âyetinde geçen "caiz değildir" ifadesi muhkemdir. Çünkü "ebediyen" ifadesi, onu te'vile, tahsise ve neshe kapalı bir hale dönüştürmüştür (Buhârî, ts.; Molla Fenârî, 2006).

Hanefî metodolojisinde mezkûr lafızların tamamı, hüküm ifade etmede eşittirler. Dolayısıyla hangi türden olursa olsun anılan lafızların tamamının bildirdiği hükümle amel etmek vâcibtir. Fark, teâruz durumunda söz konusu olmaktadır. Buna göre bir meselede muhtelif hüküm içeren iki farklı açık lafız bulunursa, açıklık itibariyle daha güçlü olan lafzın bildirdiği hüküm tercih edilir (Serahsî, ts.; Buhârî, ts.; Molla Fenârî, 2006).

Hanefî, kaynaklarda lafzın güçlü oluşu hususunun üzerinde de durulmuştur. Hanefîlere göre bir lafzın daha güçlü oluşu, açıklığının daha fazla oluşundandır (Serahsî, ts.; Buhârî, ts.; Molla Fenârî, 2006). Nitekim nass, sözün asıl sevk sebebini teşkil etmesi yönüyle zâhirden; müfesser, te'vile ve tahsise kabil olmaması cihetiyle nasstan; muhkem te'vil ve tahsis ile birlikte neshe de açık olmaması hasebiyle müfesserden açıktır ve bu nedenle daha güçlüdür (Azzâm, 2001).

Hanefî usulünde, açık lafızların güçlülüğü, anılan niteliklerden ötürü olup sayıdan dolayı değildir. Buna göre bir meselede birbirine muarız hüküm içeren beş zâhir ve bir nass ve lafız bulunduğunda nass tercih edilir. Çünkü zâhirin birden fazla olması, onu nasstan daha güçlü kılmaz. Aynı durum diğerleri için de geçerlidir (Siğnâkî, 1997).

Hanefî usulcülerden Siğnâkî (ö. 714/1314), açık lafızlar arasındaki tercih sebebinin, açıklık kuvvetinden kaynaklandığını fıkhî bazı örnekler üzerinden mukayesede bulunarak ortaya koymuştur (Siğnâkî, 1997). Bu konudaki ibareleri şöyledir:

"أن النظم إنما يصير نصاً ومفسراً ومحكماً بقوة البيان، والترجيح أبداً يكون بقوة الدليل لا بكثرته، ولهذا قلنا :إن صاحب الجراحات لا يترجح على صاحب جراحة واحدة في حكم القصاص والدية؛ لأن كل جراحة علة تامة للقتل، فكان الترجيح بكثرتها ترجيحاً بكثرة العلة وهو لا يجوز، فأما إذا كانت جناية أحدهما بالجرح، والآخر بحر الرقبة، فالحاز يترجح؛ إذ ذلك ترجيح بقوة الأثر لا بكثرته. وكذلك قلنا:

لا يجوز الترجيح بكثرة الاتصال في استحقاق الشفعة بالجوار؛ إذ هو ترجيح بكثرة العلة، إذ نفس الاتصال علة، فأما الخليط فيقدم على الجار، لأن هذا ترجيح بقوة الاتصال، وكذا يرجح الشهود بالعدالة لا بالكثرة، فكذلك ههنا، لما اختص أحدهما بزيادة البيان دون الآخر، ترجَّح هو عليه." (Siğnâkî, 1997).

"Bir lafız açıklık kuvveti bakımından nass, müfesser ve muhkem olur. Tercih de her zaman için lafzın çokluğuyla değil, kuvvetiyle olur.
Bu nedenle kısas ve diyette birçok yaralamada bulunanın bir yaralamada bulunana tercih edilmeyeceğini söylemekteyiz. Çünkü bütün yaralar, öldürme hususunda tam birer nedendir. Şayet -kısas ve diyet cezasının tahakkukunda- yaralamaların çokluğu dikkate alınırsa, nedenlerin çokluğu tercih sebebi kılınmış olur. Bu ise câiz değildir. Ancak katillerden biri yaralamada bulunmuş, diğeri maktulün boyunu koparmışsa bu durumda -kısas ve diyete müstahak olma konusunda- kafa kesen kişi diğerine tercih edilir. Çünkü -kafa kesme, öldürmeye sebebiyet vermesi açısından yaralamadan daha güçlü bir neden olduğundan- bu durumda nedenlerin çokluğu değil, kuvveti tercih sebebi kılınmış olur. Yine komşulukta daha fazla sınırdaş olmanın, şuf'a hakkını sağlaması açısından tercih sebebi olmadığını söylemekteyiz. Çünkü şuf'anın illeti, -bitişikliğin çokluğu veya azlığı değil- komşuluğun kendisidir. Şayet şuf'a hakkında bitişikliği çok olan komşu tercih edilirse, illetin çokluğu tercih sebebi kabul edilmiş olur. Fakat ortak komşuya tercih edilir. Çünkü -ortaklık daha güçlü bir bitişiklik olduğundan- bu durumda bitişikliğin -çokluğu değil- kuvveti tercih edilmiş olur. Keza şahitlik hususunda şahitlerin çokluğu değil, adaleti tercih sebebi olarak kabul edilir. İşte bu lafızlarda da aynı durum geçerlidir. Dolayısıyla daha ziyade bir açıklık barındıran lafız, o açıklığa sahip olmayan diğer lafza tercih edilir."
-ChatGPT: "Bir metnin (nassın) açık, yorum gerektirmeyen ve hükmü belirleyen bir delil hâline gelmesi, ancak beyanın güçlü olmasıyladır. Tercih (deliller arasında üstünlük) ise her zaman delilin çokluğuyla değil, gücüyle yapılır. Bu nedenle biz deriz ki: Birden çok yara açan kimsenin, tek bir yara açan kimseye karşı kısas ve diyet hükmünde üstünlüğü yoktur; çünkü her bir yara, öldürmeye tam bir illet sayılır. Dolayısıyla çokluk sebebiyle yapılan tercih, illetin çokluğu sebebiyle tercih olur ki bu caiz değildir. Buna karşılık, biri yaralama ile diğeri boynu vurmak (öldürmek) suretiyle cürüm işlemişse, boynunu vurana öncelik verilir; çünkü buradaki üstünlük çokluk sebebiyle değil, etkinin (tesirin) gücü sebebiyledir. Aynı şekilde biz deriz ki: Komşuluk sebebiyle (şüf'a hakkının kazanılmasında) bağlantıların çokluğu ile birinin diğerine üstün kılınması caiz değildir; çünkü burada esas itibarıyla bağlantı bizzat illet olduğundan, çokluk sebebiyle yapılacak tercih, illetin çokluğu sebebiyle olur. Fakat ortak olan (malda hissedar olan) kimse, komşuya tercih edilir; çünkü burada tercih, bağlantının gücü sebebiyledir. Yine şahitlerde de tercih, çoklukla değil, adalet (güvenilirlik) sebebiyle yapılır. Aynı durum burada da geçerlidir: Delillerden biri diğerine göre beyan bakımından daha güçlü bir açıklamaya sahip olduğunda, o delil diğerine tercih edilir."
-Gemini: "Şüphesiz ki, bir metin (nazm), ancak beyanın (açıklığın) kuvvetiyle 'nass', 'müfesser' veya 'muhkem' hâline gelir. Tercih (tercîh) daima delilin kuvvetiyle olur, çokluğuyla değil. Bu nedenle biz şöyle dedik: Birden çok yarası olan bir kimse, kısas ve diyet hükmünde tek yarası olana karşı üstün tutulmaz (tercîh edilmez). Zira her bir yara, öldürme (cinayet) için tam bir illet (sebep) teşkil etmektedir. Bu durumda yara sayısının çokluğuyla tercih yapmak, illetin çokluğuyla tercih yapmak demektir ki, bu caiz değildir. Fakat, cinayetlerden birinin yaralama yoluyla, diğerinin ise köle azat etme (hürriyet verme) yoluyla olması durumunda, azat eden taraf tercih edilir. Çünkü bu, çoklukla değil, eserin (hükmün) kuvvetiyle yapılan bir tercihtir. Yine aynı şekilde, komşuluk sebebiyle şuf'a hakkını (önalım hakkını) hak etmede, bitişikliğin (ittisâl) çokluğuyla tercih yapmak caiz değildir; zira bu, illetin çokluğuyla tercih yapmaktır, çünkü bitişikliğin kendisi zaten bir illettir. Fakat (ortaklık/hılta sebebiyle) 'halît' (ortak), 'câr'a (komşuya) göre öncelenir. Çünkü bu, bitişikliğin (ittisâl) kuvvetiyle yapılan bir tercihtir. Aynı şekilde şahitler, sayı (çokluk) ile değil, adalet (güvenilirlik) ile tercih edilir. İşte burada da (tartışılan meselede) durum böyledir; taraflardan biri diğerine göre daha fazla beyan (açıklık) özelliğine sahip olduğunda, o, diğerine karşı tercih edilmiş olur."
-Deepseek: "Şüphesiz ki hükümler ancak beyanın gücüyle metin, açıklanmış ve muhkem hale gelir; tercih ise her zaman delilin çokluğuyla değil, gücüyle yapılır. İşte bu yüzden dedik ki: Yaralamalarda (birden fazla yara açan) fail, kısas ve diyet hükmünde tek bir yara açan failden üstün tutulamaz. Çünkü her bir yara, öldürme için tam bir sebeptir; dolayısıyla onları çokluğuyla üstün tutmak, sebebin çokluğuyla üstün tutmak olur ki bu caiz değildir.

Ancak birinin cürmü yaralama, diğerinin ise boyun damarını kesmek olduğunda, boyun damarını kesen üstün tutulur; zira bu, çoklukla değil, etkinin gücüyle bir tercihtir. Keza dedik ki: Komşuluk sebebiyle şuf'a hakkı kazanmada, komşuluğun çokluğuyla tercih caiz değildir; zira bu, sebebin çokluğuyla tercihtir, çünkü komşuluk ilişkisinin kendisi bir sebeptir. Fakat (mülkü paylaşan) hisse sahibi, komşuya tercih edilir; çünkü bu, komşuluk bağının gücüyle bir tercihtir. Aynı şekilde şahitler çokluklarıyla değil, adaletleriyle üstün tutulur. İşte burada da, biri diğerinden daha fazla açıklayıcı ifade özelliğine sahip olduğu için, o diğerine tercih edilir."

Bu çeviriler karşılaştırıldığında öncelikle metindeki usûîl terimlerinin aktarımında ciddi problemler bulunduğu görülmektedir. Zâhir, nass, müfesser ve muhkem kavramları, ChatGPT ile Deepseek'in çevirilerinde terimsel çerçevesiyle verilmemiş, daha çok sözlük anlamları düzeyinde ifade edilmiştir. Zira ChatGPT'nin çevrisi, "Bir metnin (nassın) açık, yorum gerektirmeyen ve hükmü belirleyen bir delil hâline gelmesi" şeklindeki cümleyle bu dört lafız türünü teknik bir tasnif olmaktan çıkarıp genel bir "açık delil" tarifi hâline getirmiştir. Deepseek'in çevrisi ise "hükümler ancak beyanın gücüyle metin, açıklanmış ve muhkem hale gelir" ifadesiyle hem lafız merkezli tasnifi hükümlere kaydırmış hem de terimleri dereceli bir kategori olmaktan çok nitelendirici sıfatlara indirgemiştir. Buna karşılık Gemini'nin çevrisi, "nass, müfesser, muhkem" terimlerini doğrudan zikretmesi açısından diğerlerine göre daha isabetlidir. Ancak burada da lafzın açıklık derecelerine dayalı teknik tasnifin metinsel (nazm) düzleme taşınması, kavramsal yapıyı kısmen zayıflatmaktadır. Ayrıca bütün çevirilerde, lafız merkezli bir delalet tartışması yerine "delil/metin" merkezli bir anlatımın öne çıkarılması, metnin usulî bağlamını bulanıklaştırmaktadır. Yaralama örneği bakımından ChatGPT ve Deepseek, anlamı büyük ölçüde doğru nakletmişlerdir. Her iki çeviride de birden fazla yaralama ile tek yaralamanın kısas ve diyet bakımından birbirine tercih sebebi olmayacağı, çünkü her bir yaranın öldürme için tam illet olduğu fikri korunmuştur. Buna mukabil Gemini, "birden çok yarası olan bir kimse" ifadesiyle fiili, işleyenden ziyade yaralı kişiye işaret ediyor gibi aktararak hem fail-mağdur ilişkisini muğlaklaştırmış hem de örneğin devamında yer alan "boynun koparılması" ifadesini açık bir tercüme hatasıyla "köle azat etme/hürriyet verme" anlamına dönüştürmüştür. Bu hata, sadece kelime düzeyinde bir sürçme değil, misalin ilmî işlevini tamamen ortadan kaldıran bir anlam tersliğidir. Çünkü asıl amaç, öldürmeye sebep olan fiiller arasında "nedenin çokluğu" değil "nedenin kuvveti" üzerinden yapılan tercihi örneklemek iken tercümede iki farklı cinayet türü söz konusu olmaktan çıkarılmış, konuyla ilgisiz bir fiil (azad/hürriyete kavuşturma) devreye sokulmuştur. Şuf'a örneğinde ise göreli bir dağılım söz konusudur. Gemini, "bitişiklik (ittisâl)" kavramını zikretmesi ve şuf'a illetini "bizzat bitişiklik" olarak doğru yere oturtması bakımından en isabetli tercümeyi sunmuştur. ChatGPT'nin çevrisindeki "bağlantıların çokluğu" ve "bağlantının bizzat illet oluşu" gibi ifadeler, kavramı bütünüyle yanlış kılmasa da bitişikliğin teknik/hukukî içeriğini kısmen belirsiz hâle getirmiştir. Deepseek'in çevrisinde ise daha ciddi bir kavramsal hata vardır. Çokluk bitişikliğe nispet edilmesi gerekirken, doğrudan komşuluğa nisbet edilmiş, böylece şuf'a illetinin "ittisal/bitişiklik" olduğu fikri, komşuluk ilişkisine nakledilmiştir. Ortaklık misalinde de aynı kayma devam etmiş, "ortaklığın daha kuvvetli bir bitişiklik oluşu" yerine "komşuluk bağının gücü" vurgulanarak illetin mahiyeti kaydırılmıştır. Metin içindeki en kolay örnek olan şahitlik meselesine ilişkin üç çeviri birbirine yakın olup büyük ölçüde doğrudur. Nitekim şahitler arasında tercihin sayıya değil adalete göre yapılacağı ilkesi her üçünde de korunmuştur. Son cümlede ise ChatGPT, "Delillerden biri diğerine göre beyan bakımından daha güçlü bir açıklamaya sahip olduğunda, o delil diğerine tercih edilir" ifadesiyle daha isabetli bir çevri ortaya koymuştur. Gemini bu cümlede "taraflardan biri diğerine göre…" ifadesiyle delile nispet edilmesi gereken açıklığı taraflara nispet ederek anlamı bozmuştur. Deepseek ise "burada da, biri diğerinden daha fazla…" şeklindeki çevrisiyle açıklığın nispet edildiği şeyi kapalı bırakmıştır. Netice itibarıyla hiçbir çeviri, söz konusu pasajı kavramsal bütünlüğü içinde ve usul-i fıkıh terminolojisine tam uyumlu biçimde yansıtmamıştır. Genel olarak lafza ve terimlerin ıstılahî muhtevasına bağlı kalmak yerine sözlük anlamları ve yoruma dayalı açıklamalar öne çıkarılmış, bazı yerlerde metne müdahale sayılabilecek parantez içi ilaveler yapılmış, kimi yerde ise bizzat misalin ilmî işlevini ortadan kaldıran ciddi anlam kaymalarına düşülmüştür. Bu sebeple metnin Arapçasına ve usul bağlamına vâkıf olmayan bir kimsenin, bu çeviriler üzerinden pasajın ilmî muhtevasına dair doğru ve sağlam bir sonuca ulaşması mümkün görünmemektedir.

3. ZÂHİR VE NASS LAFZIN MAHİYETİ

Hanefî usul metodolojisinde açık lafızlar arasında yer alan zâhir ve nass, hem âmm hem de hâss nitelikte olabilirler (Şâşî, 1982; Cessâs, 1994; Debûsî, 2001; Serahsî, ts.). Nitekim -daha önce değinildiği gibi- Hanefî usulcüler tarafından belirtildiği üzere bu iki tür lafız; tahsise, te'vîle ve neshe konu olabilmektedir (Buhârî, ts.; Molla Fenârî, 2006; İbn Emîru Hâc, 1983). Bu ihtimallerin yapısı ise birbirinden farklıdır. İlgili lafızların te'vîl ihtimaline kabil olması ister âmm ister hâss olsun her iki durumda da geçerli iken tahsis ihtimaline açık bulunmaları sadece âmm olduklarında söz konusu olur. Zira tahsis, âmm lafız için geçerli olup hâss lafız doğası gereği ayrıca tahsis edilemez. Diğer bir ifadeyle âmm lafız tahsise elverişli iken hâss lafzın tahsis edilmesi usulî açıdan mümkün değildir (Azzâm, 2001). Zâhir ve nassın hem âmm hem de hâss olabileceğine dair bu yaklaşım, Kerhî (ö. 340/952), Cessâs (ö. 370/981), Debûsî (ö. 430/1039) ve Serahsî (ö. 483/1090 [?]) başta olmak üzere pek çok Hanefî usulcü tarafından açıkça ifade edilmiştir (Cessâs, 1994; Debûsî, 2001; Serahsî, ts.). Örneğin Cessâs, belli bir ferde delâlet edip anlamı açık olan hâss lafzın da, birçok ferdi kapsayan âmm lafzın da nass kapsamında olduğunu belirtmiştir (Cessâs, 1994). Serahsî ise nassın hükmünü açıklarken nassın mucebiyle kesin şekilde amel edilmesi gerektiğini, hâss veya âmm türünden olmasının bu bağlayıcılığı değiştirmediğini vurgulamıştır. Serahsî ayrıca nassın yalnızca hâss lafız olabileceğini ileri süren bazı fakihlerin görüşünü nakletmiş ve bunun isabetli olmadığını özellikle vurgulayarak nassın hem hâss hem de âmm olabileceğini açık bir biçimde ortaya koymuştur (Serahsî, ts.).

Cessâs, nass lafzın hâss ve âmm olabileceği yönündeki yaklaşımı temellendirirken bir kimseden hâss veya âmm bir lafızla söz etme arasında anlamın açıklığı açısından bir farklın olmadığını vurgulamıştır (Cessâs, 1994). Bu konudaki ibareleri şöyledir:

"وَذَلِكَ لِأَنَّهُ لَا فَرْقَ بَيْنَ الشَّخْصِ الْمُعَيَّنِ إذَا أُشِيرَ إلَيْهِ بِعَيْنِهِ وَبَيْنَ حُكْمِهِ وَبَيْنَ مَا يَتَنَاوَلُهُ الْعُمُومُ. إذْ كَانَ الْعُمُومُ اسْمًا لِجَمِيعِ مَا تَنَاوَلَهُ وَالْمَنْصُوصُ عَلَيْهِ مَا نُصَّ عَلَيْهِ بِاسْمِهِ. وَمِنْ الدَّلِيلِ عَلَى ذَلِكَ أَنَّ أَحَدًا مِنْ الْمُسْلِمِينَ لَا يَمْتَنِعُ مِنْ إطْلَاقِ الْقَوْلِ بِأَنَّ اللَّهَ . وَانْطَوَى تَحْتَه تَعَالَى قَدْ نَصَّ عَلَى تَحْرِيمِ الْأُمِّ بِقَوْلِهِ تَعَالَى: {حُرِّمَتْ عَلَيْكُمْ أُمَّهَاتُكُمْ} [النساء: ٢٣] وَأَنَّ قَطْعَ السَّارِقِ مَنْصُوصٌ عَلَيْهِ بِقَوْلِهِ تَعَالَى: {وَالسَّارِقُ وَالسَّارِقَةُ} [المائدة: ٣٨] وَكَذَلِكَ جَلْدُ الزَّانِي، وَإِيجَابُ الْقِصَاصِ عَلَى قَاتِلِ الْعَمْدِ. وَكُلُّ إنَّمَا نَصَّ عَلَى حُكْمِهِ بِعُمُومِ لَفْظٍ يَنْتَظِمُ مَا شَمَلَهُ الِاسْمُ مِنْ غَيْرِ إشَارَةٍ إلَى عَيْنٍ مَخْصُوصَةٍ، وَلَيْسَ جَوَازُ دُخُولِ الِاسْتِثْنَاءِ عَلَى لَفْظِ الْعُمُومِ وَجَوَازُ تَخْصِيصِهِ بِمَانِعٍ مِنْ أَنْ يَكُونَ نَصًّا إذَا لَمْ تَقُمْ دَلَالَةُ التَّخْصِيصِ. كَمَا أَنَّ الْعَدَدَ الَّذِي يَتَنَاوَلُهُ اسْمُ الْعَشَرَةِ مَنْصُوصٌ عَلَيْهِ بِذِكْرِ الْعَشَرَةِ مَعَ جَوَازِ دُخُولِ الِاسْتِثْنَاءِ عَلَيْهَا، وَلِأَنَّ الْمُشَارَ إلَيْهِ بِعَيْنِهِ يَجُوزُ إدْخَالُ الشَّرْطِ عَلَيْهِ وَتَعْلِيقُهُ بِحَالٍ أُخْرَى، وَلَمْ يَمْنَعْ ذَلِكَ أَنْ يَكُونَ نَصًّا إذَا عَرِيَ مِنْ شَرْطٍ أَوْ ذِكْرِ حَالٍ."
(Cessâs, 1994)

"Çünkü belirli bir şahsın zatına işaret etmek ile hükmünden bahsetmek ve onu kapsayan âmm bir lafızla ondan söz etmek arasında fark yoktur. Zira âmm lafız, kapsamı altında bulunan bütün ferdlerin isimdir. Mansûs aleyh (hakkında nass türü bir lafız bulunan) ise ismi zikredilerek belirtilendir. Bunun delili şudur ki hiçbir Müslüman, Allah'ın, annelerle evlenmeyi *"Anneleriniz size haram kılındı"* (en-Nisâ 4/23) âyetiyle haram kıldığını, hırsızın elinin kesilmesi gerektiğine "*Hırsızlık yapan kadın ve erkeklerin elini kesin"* (el-Mâide 5/38) âyetiyle hükmedildiğini reddetmez. Aynı durum, zina edenin celdeyle cezalandırılacağı ve kasıtlı insan öldürene kısas gerekeceği şeklindeki hükümler için de geçerlidir. Oysa bütün bu hükümler, belirli bir zata işaret edilmeksizin kapsamındaki fertlerin isimleri olarak onları kapsayan âmm lafızlarla düzenlenmiştir. Âmm bir lafzın tahsis veya istisnaya uğramasının câiz olması, tahsis edildiğini gösteren bir delil bulunmadığı sürece nass olmasına engel teşkil etmez. Bu, tıpkı on lafzının, istisnaya uğraması câiz olduğu halde kapsamındaki on sayısını bildirmesi gibidir. Kaldı ki zatıyla işaret edilen kimsenin de bir şarta veya başka bir hale bağlanması caizdir. Fakat bu durum, bir şart veya herhangi bir hal zikredilmediği sürece söz konusu şahsa işaret etmenin nass oluşunu engellememektedir."

-ChatGPT: "Zira özel olarak kendisine işaret edilen belirli bir şahıs ile onun hükmü arasında, ya da kendisini içine alan genel lafızla bildirilen hüküm arasında bir fark yoktur. Çünkü genel (lafız), kapsadığı bütün fertlerin adı olup onların tamamını içine alan bir isimdir. 'Mansûs aleyh' ise hükmü bizzat kendi ismi zikredilerek bildirilen şeydir. Buna delil olarak şunu gösterebiliriz: Hiçbir Müslüman, Allah Teâlâ'nın 'Analarınız size haram kılındı' (Nisâ 4/23) ifadesiyle anne ile evlenmeyi açıkça (nass ile) haram kıldığını, yahut 'Hırsız erkek ve hırsız kadının (ellerini) kesin' (Mâide 5/38) buyruğuyla hırsızın elinin kesilmesini nass ile belirlediğini söylemekten çekinmez. Aynı şekilde, zina edenin celde/deri sopa ile cezalandırılması ve kasten öldürene kısasın farz kılınması da böyledir.

Bunların hepsi, fertleri tek tek işaret eden bir ifade olmaksızın, yalnızca isimlerin kapsadığı fertleri içine alan genel bir lafız ile hükmün belirlenmiş olmasından ibarettir. Genel bir lafza istisna girebilmesi veya onun tahsis edilebilmesi, tahsis delili bulunmadıkça, o lafzın nass olmasına engel değildir. Nitekim 'on' sayısının kapsadığı miktar, 'on' kelimesinin zikredilmesiyle mansûs hale gelir; her ne kadar bu sayıya istisna girmek mümkün olsa da durum değişmez. Yine belirli bir şahsın bizzat işaret yoluyla belirtilmiş olması da, onun üzerine şart koşulmasına veya başka bir hâle bağlanmasına engel değildir. Ancak şart veya başka bir hâle bağlama söz konusu olmadığı müddetçe, bu tür bir ifade de nass olmaktan çıkmaz."
-Gemini: "Bu (tercih edilen görüş), şundan dolayıdır ki: Gözle işaret edilen belirli bir kişi ile onun hükmü arasında ve umûmun (genelliğin) kapsadığı şey arasında bir fark yoktur. Zira umûm (genellik), kapsadığı ve bünyesinde topladığı her şeyin adıdır. Mansûs aleyh (açıkça hüküm konulan şey) ise, ismen (bizzat adı zikredilerek) hüküm konulan şeydir. Buna dair delil şudur: Müslümanlardan hiç kimse, Allah Teâlâ'nın şu kavliyle annenin haram kılınmasını açıkça bildirdiğini söylemekten kaçınmaz: {حُرِّمَتْ عَلَيْكُمْ أُمَّهَاتُكُمْ} [Nisâ: 23] ve yine, hırsızın elinin kesilmesinin şu kavliyle nass kılındığını söylemekten kaçınmaz: {وَالسَّارِقُ وَالسَّارِقَةُ} [Mâide: 38]. Aynı şekilde, zâniye celde cezası (kamçılama) ve kasten öldüren kimseye kısasın vacip kılınması da (nasstır). Hâlbuki bunların her birinin hükmü, belirli bir şahsa işaret etmeksizin, ismi (tanımı) içine alan genel bir lafız (umûm-i lafız) ile bildirilmiştir. Umûm lafzına istisnânın girmesinin caiz olması ve tahsisin caiz olması, (hükmü) tahsise dair bir delil bulunmadığı sürece, nass (açık hüküm) olmaya engel değildir. Tıpkı "on" isminin kapsadığı sayının, "on" zikredilerek mansûs aleyh (açıkça hüküm konulmuş) olması gibi; oysa bu sayıya da istisnânın girmesi caizdir. Yine, bizzat kendisine işaret edilen belirli bir şahsa şart koymak ve onu başka bir duruma bağlamak caizdir; ancak bu durum, herhangi bir şarttan veya hal zikrinden arındırıldığında, onun nass olmasına engel olmaz."
-Deepseek: "Bunun sebebi, özel olarak işaret edilen belirli bir kişi ile hükmü arasında, genel ifadenin kapsadığı şeyler arasında bir fark olmamasıdır. Zira genel ifade (umûm), kapsamına aldığı ve altında topladığı her şeyin adıdır. Nass ile belirlenmiş olan ise, adıyla belirlenmiş olandır. Bunun delili ise, Müslümanlardan hiç kimsenin, 'Allah Teâlâ, *"Analarınız size haram kılındı"* (Nisâ, 23) buyurarak anaların haramlığını nass ile belirlemiştir' demekten kaçınmamasıdır. Yine hırsızın elinin kesilmesinin, *'Hırsız erkek ve hırsız kadın...'* (Mâide, 38) ayetiyle; zina edenin cezalandırılmasının, kasten adam öldürene kısas uygulanmasının nass ile belirlenmiş olduğu da böyledir. Bunların hepsinin hükmü, özel bir ferde işaret etmeksizin, o ismin şümulüne girenleri kuşatan genel bir lafız ile belirlenmiştir (nass edilmiştir). Genel lafzın istisnaya açık olması ve tahsis edilebilmesi, tahsisi gerektiren bir delil bulunmadığı sürece onun 'nass' olmasına engel değildir. Tıpkı 'on' isminin kapsadığı sayının 'on' kelimesiyle belirlenmiş (mensûs) olması gibi; halbuki ona istisna getirilebilir. Çünkü öz olarak işaret edilen bir şeye de şart eklenebilir veya o hüküm başka bir duruma bağlanabilir; bu da, onun herhangi bir şart veya durum zikredilmeden kullanıldığında 'nass' olmasına engel teşkil etmez."
Üç çeviri karşılaştırıldığında öncelikle fıkıh usulüne ait teknik terimlerin ıstılah anlamlarıyla değil, sözlük karşılıkları üzerinden aktırıldıkları görülmektedir. Örneğin "âmm lafız, nass lafız, mansûs aleyh, tahsis, istisna, celde, kısas" gibi kavramlar, teknik kategoriler oldukları hâlde, çevirilerde çoğu zaman "genel ifade, adıyla belirlenen şey" gibi sadeleştirilmiş tanımlarla verilmiştir. Bu durum, âmm lafzın kapsamındaki fertlere nasıl hüküm yüklediğini, mansûs aleyhin hükmün bizzat ismiyle sabit oluşunu ve tahsis-istisna ihtimalinin bir lafzın nass oluşuna engel teşkil etmediğini açıklayan ilmî bağlamı belirsizleştirmektedir. Buna ek olarak üç çevirinin ortak bir başka problemi, hedef dile uygun doğal ve akıcı bir ifade kurgusu oluşturulmak yerine Arapça metnin sözdizimsel tertibi gözetilerek kelime ve cümlelerin salt karşılıklarının verilmesi yoluna gidilmesidir. Bu durum, metnin delillendirme amaçlı mantıksal örgüsünü zayıflatmıştır. Nitekim anne ile evlenmenin haramlığı, hırsızın elinin kesilmesi, zina edenin celde ile cezalandırılması ve kasten öldürenin kısas edilmesine dair delillerin, belirli şahısları zikretmeyen âmm lafızlar olmasına rağmen kesin hüküm bildirdikleri hususu tam belirginleştirilmemiştir. Pasajın ilk cümlesine dair çeviri hatası ise daha belirgindir. Arapça metinde açıkça "belirli bir şahsın zatına işaret etmek ile onun hükmünden bahsetmek ve bu şahsın veya hükmünün âmm bir lafızla ifade etmek arasında fark olmadığı" ifade edilmiştir. Ancak ilk çeviride anlam, "belirli bir şahıs ile onun hükmü arasında fark yoktur" şeklinde çevrilmiş, böylece karşılaştırma, işaret edilen zat ile hüküm arasında yapılmış gibi sunulmuştur. Oysa metnin karşılaştırdığı şey, şahıs ile hükmü değil, şahsın bizzat zatına işaret edilmesi ile aynı şahsın âmm bir lafızla bildirilmesidir.

İkinci çeviride ise "gözle işaret edilen belirli bir kişi" şeklindeki ifade, metinde hiç bulunmayan ilave bir açıklama olarak anlamı daraltmıştır. Ayrıca tıpkı ilk çeviride olduğu gibi farkın "işaret" eyleminde değil, şahsın kendisi ile diğer hususlar arasında olduğu izlenimi verilmiş; bunun yanı sıra "umûmun kapsadığı şey" ifadesi, âmm lafzın söz konusu şahsı kapsama işlevini metinden koparmıştır. Üçüncü çeviri de benzer şekilde, "özel olarak işaret edilen bir kişi ile hükmü arasında fark olmaması" şeklinde ifadeyle, metindeki asıl karşılaştırmanın niteliğini bozmuş ve işaret edilen "zat" ile hüküm arasındaki ilişkiyi yanlış konumlandırmıştır. Böylece üç çevirinin de başlangıç cümlesinde yaptığı benzer hata, hükmün kişiye yönelik işaretle değil lafzın kapsayıcılığıyla sabit olduğunu gösteren usul kaidesinin tercümede kaybolmasına neden olmaktadır. Bunun dışında metinler, dakik bir şekilde karşılaştırıldıklarında da başka yanlışlıklar ile eksikliklerin bulunduğu görülmektedir. Sonuç olarak her üç çeviri de teknik terimleri daraltan, örneklerin delil niteliğini zayıflatan ve metindeki ilk cümlenin mantığını değiştiren ifadeler içermekte, bu nedenle metnin usulî çerçevesini, kavram-hüküm ilişkilerini ve nassın delillendirme mantığını tam olarak yansıtamamaktadır. Bu sebeple söz konusu tercümeler üzerinden metne dair doğru bir sonuca ulaşılması mümkün değildir.

4. DETAY BİLGİ İSTENMEMESİNİN HÜKÜMLERE ETKİSİ

Usul âlimleri, sünnetin fonksiyonlarından birinin Kur'ân'da yer alan hükümleri beyan etmek olduğu hususunda ittifak etmişlerdir. Buna göre Hz. Peygamber'in temel görevlerinden biri, ilâhî hükümleri açıklamaktır. Fakat Hz. Peygamber'den sadır olan bazı beyanların fıkhî hükme nasıl delâlet ettiği ve hangi usulî çerçevede değerlendirileceği konusu, literatürde zaman zaman ihtilafa konu olmuştur. Bu tartışmalara örnek teşkil eden meselelerden biri, İslâm'ın yasakladığı evlilik akdine sahip zimmî bir kimsenin Müslüman olması hâlinde durumunun ne olacağına ilişkin Hz. Peygamber'in açıklamasıdır. Bilindiği üzere İslâm hukukuna göre bir erkeğin dört kadından fazlasıyla evlenmesi veya evli olduğu kadının kız kardeşi, halası, teyzesi ya da yeğeniyle evlilik bağını sürdürmesi caiz değildir. Bu tür evliliklerle İslâm'a giren bir kimsenin hangi hükme tâbi olacağı, Hz. Peygamber tarafından açık bir şekilde beyan edilmiş olmakla birlikte söz konusu beyanın delâleti mezhepler arasında farklı şekillerde yorumlanmış ve önemli bir usulî tartışma alanı oluşturmuştur.

Bu konuyla ilgili mezheplerin görüşlerine değinmeden önce meseleye dair Hz. Peygamber'in beyanının zikredilmesi yerinde olacaktır: Gaylân b. Seleme es-Sekafî (r.a.) Müslüman olduğunda on hanımı vardı. Peygamber (s.a.s.) ona *"Onlardan dördünü tut, diğerlerinden ayrıl"* buyurdu (Şafiî, h. 1400; Beyhakî, 2003).

Hanefîlere göre zimmî kişi, dörtten fazla kadınla ayrı nikâh akitleriyle evlenmişse İslâm'a girdiğinde ilk dördünü seçer. Zira dörtten sonraki kadınlarla olan nikâhı bâtıldır. Bâtılda ise tercih hakkı olmaz. Ancak kişi dörtten fazla kadınla tek akitle evlenmişse dilediğini seçebilir. Fakat böyle bir nikâh sahih olmadığı için seçtiği kadınların her biriyle yeni bir nikâh akdi yapmalıdır. Aynı hüküm iki kız kardeşle evli olan kişi için de geçerlidir (Kudûrî, 2006; Kâsânî, 1986; Menbecî, 1994).

Diğer mezheplere göre ise yeni Müslüman olan kimse, ne şekilde evlenmiş olursa olsun evlilik sıralamasına uymaya mecbur olmaksızın daha önce evlenmiş olduğu kadınlardan istediğini seçip dilediğini bırakabilir. Seçtikleriyle nikâh akdini yenilemesine gerek de yoktur. Önemli olan, evli olduğu kadınların İslam'a göre evlenilmesi haram olan kadınlardan olmamasıdır (Sıkıllî, 2013; Lahmî, 2011; Mâverdî, 1999; İbnü'l-Mülakkîn, 2001; İbn Kudâme, 1997). Hanefîlerden İmam Muhammed (ö. 189/805) de bu görüşü benimsemiştir (Kudûrî, 2006; Kâsânî, 1986).

Hanefîlere göre İslam'ın ukubât ve muamelât hükümleri İslam'a giren gayrimüslimler için de geçerlidir (Kudûrî, 2006; Serahsî, 1993; Kâsânî, 1986). Bunu delili şu hadistir (Kudûrî, 2006): Abdullah b. Bureyde'den (r.a.) rivayet edildiğine göre Hz. Peygamber herhangi bir yerin üzerine ordu gönderdiği zaman tayin ettiği komutuna şöyle derdi, *"Onları Allah'tan başka ilah olmadığına ve benim Allah'ın resulü olduğuma şahadet etmeye çağır. Karşılık verirlerse onlara bildir ki Müslümanların lehine ve aleyhine olan şeyler onlar için de geçerlidir."*[1] Şu halde Hanefîler, bu ilkeden hareketle söz konusu görüşlerini ortaya koymuşlardır. Onlara göre İslam, dörtten fazla kadınla ve iki kız kardeşle bir arada evlenmeyi haram kılmıştır. Normal şartlarda bu haramlık gayrimüslimler için geçerli değildir.

[1]Hanefîlerin delil aldıkları bu hadis, zikrettikleri lafızla hadis kaynaklarında tespit edilmemiştir. Ancak benzer manayı ifade eden başka rivayetler mevcuttur. Bk. Buhârî, "Zekât", 1; Müslim, "Eymân", 29.

Fakat gayrimüslim kişi İslam'a girdiğinde artık bu hükme muhatap olur ve bu hüküm onun geçmişini de kapsar. Dolayısıyla Müslüman olmadan önce dörtten fazla veya iki kız kardeşle evlenmişse, dörtten sonraki kadınlarla ve kız kardeşlerden ikincisiyle yaptığı nikâh fâsid sayılır. İslam'ın bâtıl/fâsid saydığı bir şey hususunda ise serbesti tanınması mümkün değildir (Kudûrî, 2006; Serahsî, 1993; Kâsânî, 1986). Hanefîler anılan ilkeyi korumak amacıyla söz konusu hadisi te'vil etme yoluna gitmişlerdir. Onlara göre Gaylân hakkındaki hükmün, dört kadınla evlenme sınırı getirilmeden önce konulmuş olması muhtemeldir. Durum böyleyse Gaylân'ın evlilikleri şer'î düzenlemenin kapsamına girmediği için bâtıl kabul edilmemiştir. Çünkü bir tasarruf şeriatın hükmünden sonra bâtıl hale gelir. Onun için Hz. Peygamber onu dilediğini seçmekte serbest bırakmış olabilir (Cessâs, 2010; Kudûrî, 2006; Serahsî, 1993). Öte yandan Gaylân'ın -cahiliye döneminde bulunan yaygın bir uygulama çerçevesinde- bütün hanımlarıyla tek akitle evlenmiş olma ihtimali de vardır. Bundan dolayı Hz. Peygamber, onu istediğini seçmekte serbest bırakmıştır. Fakat bu durumda *"Onlardan dördünü tut"* derken esasında "Dilediğini seç ve seçtiklerinle yeniden nikâh yap" veya "Hepsinden ayrıl, sonra da dilediğin dördüyle yeniden nikâh yap" demek istemiş olur (Cessâs, 2010; Kudûrî, 2006).

Cumhur, Hanefîlerin bu görüşünü çeşitli delil ve istidlallere dayanarak kabul etmemiştir. Onlara göre Hanefîlerin yorumu, uzak bir te'vil olup ilmî açıdan muteber değildir (İbn Kudâme, 2002; Cerrâî, 2012; Attâr, ts.). Zira Hz. Peygamber, İslam'a girdiğinde iki kız kardeşle evli olan Fîruz ed-Deylemî'yi (r.a.) açık bir şekilde dilediğini seçmekte serbest bırakmış ve herhangi bir sınırlamaya gitmemiştir (Tirmizî, "Nikâh", 34; İbn Mâce, "Nikâh", 39). Bunun yanı sıra Hz. Peygamber, İslam'a girdiğinde sekiz karısı bulunan Kays b. Hâris'e (r.a.), onlardan dördünü seçmesini açıkça ifade etmiştir (Ebû Dâvûd, "Talâk", 25; İbn Mâce, "Nikâh", 40). Ayrıca Müslüman olduğunda beş hanımı bulunan Nevfel (r.a.), ilk hanımı bırakmış, Hz. Peygamber buna mani olmamıştır (Şafiî, h. 1400; Beyhakî, 2003). Bütün bu rivayetler, mevzubahis rivayette, eşlerin seçiminde sıraya riayet etme mecburiyetinin olmadığını göstermektedir (Şafiî, 1983; İbn Ebî Zeyd, 2011; ; Lahmî, 2011; Mâverdî, 1999; İbn Kudâme, 1997).

Cumhur, zikri geçen rivayetlerin yanı sıra hadisin lafzî yapısından ve bazı küllî kaidelerden de hareketle görüşlerini temellendirmişlerdir. Onlara göre hadiste geçen *"dört"* lafzı nekre olarak kullanılmıştır. Arap dilinde ise nekrelik ıtlâkı gerektirir. Bu da hadisin, herhangi bir kayıt veya sınırlama olmaksızın istenilen dört eşin seçilebileceğine delâlet ettiğini göstermektedir (Azzâm, 2001).

Cumhurun bu konuya ilişkin güçlü argümanlarından biri de Hz. Peygamberin, hükmü verirken Gaylân'dan hanımlarının durumu ile alakalı detaylı bilgi istemediğidir. Onlara göre aslolan da Hz. Peygamber'in Gaylân'nın hanımlarının durumunu bilmediğidir (Sem'ânî, 1999; Karâfî, 1995). Cumhur bu ve buna benzer hâdiseler ile ilgili Hz. Peygamber tarafından detay bilginin istenmemiş olmasının, verdiği hükmü genel kılacağı yönünde genel bir kurala istinat etmiştir. İmam Şâfiî'nin geliştirdiği söz konusu kural şudur (Cüveynî, 1997; Sem'ânî, 1999; İbnü'l-Arabî, ts.; Fahrüddin er-Râzî, 1997; Ebyârî, 2013):

"ترك الاستفصال في حكايات الأحوال مع الاحتمال يتنزل منزلة العموم في المقال"

Bu kuralda geçen "حكايات الأحوال" ifadesinden maksat, Hz. Peygamber'e kişilerin durumuyla alakalı aktarılan hâdiselerdir. Buna göre ilgili kuralın tercümesi şu şekilde olmaktadır:

"Aktarılan/bildirilen durumlarla ilgili farklı ihtimaller bulunmasına rağmen detay bilginin istenmemesi söylenen sözü umum (âmm) mertebesine çıkarır."

Kuralın açıklaması ise şöyledir: "Hz. Peygamber'in, kendisine bildirilen bir meseleyle alakalı hüküm verirken detay bilgi istememesi, verdiği hükmü, hükme konu olan husus/lar hakkında âmm/kapsayıcı kılar."

Bu kuralın, ilgili meselede işletilmesi şöyle olmaktadır: Gaylân Müslüman olduğunda Hz. Peygamber'e on hanımının olduğunu bildirdi. Bunlarla farklı zamanlarda ayrı nikâhlarla evlenmiş olma ihtimali olduğu gibi tek nikâhla evlenmiş olma ihtimali de vardı. Fakat buna rağmen Hz. Peygamber hangisiyle önce veya sonra evlendiğine ya da ne şekilde evelendiğine dair detay bilgi istemeden hüküm vermiştir. Hz. Peygamber'in bu şekilde detay bilgi istemeden hüküm vermiş olması, verdiği hükmün bütün eşler için genel ve kapsayıcı olduğunu gösterir (Cüveynî, 1997; Sem'ânî, 1999; İbnü'l-Arabî, ts.; Fahrüddin er-Râzî, 1997; Ebyârî, 2013).

Fıkıh usulünde, tartışmalı önemli meselelerin odak noktasında bulunan söz konusu kuralın yapay zekâ platformları tarafından ne şekilde tercüme edildiğinin bilinmesi, klasik usul ibarelerine ilişkin yetkinliklerinin anlaşılması açısından önemlidir:
-ChatGPT: "Bir olayı aktarmada ihtimal bulunmasına rağmen ayrıntıya girilmemesi, sözde genelliğe hükmetmek gibidir."
-Gemini: "Olayların aktarılmasında, bir ihtimalin bulunmasına rağmen, detay sormayı (istifsâl) terk etmek, sözün genel (umûm) hükmü mesabesine iner (genel hüküm ifade eder)."
-Deepseek: "Durumların anlatılmasında kesin ayrıntıyı bırakıp ihtimal üzere gitmek, sözde genel hüküm niteliği taşır."
Bu çeviriler dikkatle incelendiğinde ilgili usul kaidesinin hem lafzî hem de teorik düzlemde doğru biçimde aktarılmadığı görülmektedir. Kuralla vurgulanmak istenen husus, Hz. Peygamber'in, kendisine aktarılan bir olay hakkında hüküm verirken ihtimaller bulunmasına rağmen istifsâlı (ayrıntı sorma) terk etmesinin, verdiği hükmü bütün muhtemel ihtimalleri kapsayacak şekilde âmm kılmasıdır. Dolayısıyla mesele, Hz. Rasulüllah'ın yalnızca hüküm vermesi değil, detay sormama tercihinin sonuç meydana getiren bir usul ilkesi olmasıdır. Yapay zekâ platformları tarafından yapılan çevirilerinin temel problemi, bu bağlamı hiç yansıtmamalarıdır. ChatGPT ve Deepseek'in tercümelerinde, kaide sade bir dilsel gözlem hâline indirgenmiş, hükmün kaynağı olan istifsâlın terkedilmesi yerine "ayrıntıya girilmemesi" gibi nötr bir ifade öne çıkarılmıştır. Böylece söz konusu durumun bir usul kaidesi olduğu anlaşılmaz hâle gelmiş, ayrıntı sorulmadan hüküm verilmesi, sıradan bir üslup tercihi gibi sunulmuştur. Aynı çevirilerde, usul literatüründe yaygın bir şekilde kullanılan "hikâyetü'l-ahvâl" terkibi gözden kaçırılarak kaidenin bağlamı tamamen yok sayılmış, "durumların anlatılmasında" şeklindeki ifadeyle bağlamdan kopuk bir yapı oluşturulmuştur. Bu çevirilerdeki en belirgin hata, kaideyi haber-soru-cevap ilişkisini açıklayan bir usul prensibi olmaktan çıkarıp, sıradan bir dil kuralı düzeyine indirgemeleridir. Zira bu durum, kaideyi hem kavramsal hem metinsel anlamda yanlış kategorize etmektedir. Gemini'nin tercümesi ise diğerlerine göre kaidenin lafzını görece daha doğru yansıtmaktadır. Nitekim "detay sormayı terk etmek" ve "umûm hükmüne iner" gibi ifadeler metne daha yakındır. Ancak burada da ciddi bir metodolojik eksiklik bulunmaktadır: Tercümede kaidenin neden sonuç ilişkisi ortaya konmamış, yalnızca "detay sorma + umum hüküm" denkliği verilmiştir. Oysa kaide, bu denkliğin gelişigüzel olmadığını, Peygamber'in hüküm koyucu otoritesi sebebiyle ortaya çıktığını vurgulamaktadır. Bu boyut verilmediği için Gemini'nin çevrisinde dahi kural, "söz hakkında genel hüküm çıkarma ilkesi" gibi sunulmuş, böylelikle kaidenin hem konusu (haber/soru) hem koyucusu (Hz. Peygamber) hem de sonucu (hükmün umumîleşmesi) belirsizleşmiştir. Sonuç itibarıyla çevirilerin tamamı, kuralın asıl ilmî içeriğini yansıtmaktan uzaktır. Kuralın, "ayrıntısız anlatımın genel anlam üretmesi" gibi genel bir dil ilkesi değil, istifsâlın terk edilmesinin hükmî sonuç doğurduğunu belirleyen usulî bir kaide olduğu gerçeği hiçbir tercümede tam olarak ortaya konulmamıştır. Bu nedenle söz konusu çeviriler üzerinden kurala dair doğru ve bilimsel bir sonuç elde etmek mümkün görünmemektedir.

SONUÇ

Bu çalışmada "hâss lafzın hükmü, açık lafızlar arasındaki teâruzda tercih sebebi, zâhir ile nassın mahiyeti ve istifsâlın terkine bağlı olarak hükmün umum kazanması" şeklindeki klasik fıkıh usulüne ait dört temel konu üzerinden yapay zekâ platformlarının çeviri ve anlam aktarım pratikleri incelenmiştir. Yapılan karşılaştırmalar, yapay zekân mecralarının, yüksek düzeyli bir terminolojiye ve kavramsal bağlama dayalı fıkıh usulü metinlerini, çoğu kez sözlük merkezli yaklaşımla sadeleştirdiğini, yer yer yanlış aktardığını ve hatta ilmî sonuçları tersyüz edecek düzeyde çarpıttığını ortaya koymuştur. Ulaşılan bulgular, yapay zekâ tabanlı tercüme üretiminin yalnızca bilginin dilsel ifadesinde değil, epistemik yapısında da ciddi kırılmalara yol açtığını göstermiştir.
Çalışmanın ortaya koyduğu en temel sonuç, usul metinlerinin çevirisinde ıstılhâhî yapının dikkate alınmamasının, yalnızca anlam kaybına değil, doğrudan kavramsal tahrife yol açtığıdır. Yapay zekâ platformlarının tamamında hâss, âmm, mansûs aleyh, kat'î delalet, tahsis, istisna, istifsâl, illet gibi usul terminolojisinin teknik karşılıkları göz ardı edilmiş, bunlar sıradan sözlük anlamlarıyla yahut bağlamı daraltan tasvirlerle aktarılmıştır. Bu durum, metnin arka planındaki metodolojik çerçevenin kaybolmasına, teknik kavramların ilmî birer terim olmaktan çıkarılarak düz bir dilsel anlatıma indirgenmesine neden olmuştur. Böylece fıkıh usulünde hükmün nasıl doğduğu, delilin neye göre değerlendirildiği, illetin hangi fonksiyonu icra ettiği gibi aslî hususlar görünmez hâle gelmiştir.

İkinci olarak çevirilerde metne parantez içi müdahalelerin yaygın biçimde yapılması, metni açıklamaktan ziyade bozucu bir etki doğurmuştur. Esasında özellikle yoğun terminolojiye sahip klasik metinlerin anlaşılmasını kolaylaştırmak amacıyla parantez veya tire içi açıklayıcı ifadelerin eklenmesi, yöntem olarak bütünüyle reddedilebilir değildir. Ancak bu tür ilavelerin, metnin anlamını tahrif etmeyecek; aksine onun bağlamını, kavramsal ilişkilerini ve ıstılahî yapısını daha anlaşılır kılacak biçimde yapılması gerekir. İncelenen çevirilerde ise parantez içi açıklamaların çoğu zaman bu işlevi yerine getirmediği, kavramları metne aykırı biçimde genişlettiği, bağlamı daraltan yorumlar içerdiği veya teknik terimleri sıradanlaştırdığı görülmüştür. Hatta bazı yerlerde bu müdahaleler, metnin ilmî tutarlılığını ortadan kaldıran açık anlam kaymalarına yol açmıştır. Bu tür hatalar, yalnızca tercüme tekniğiyle açıklanamayacak kadar kapsamlı olup dijital mecraların ilmî metin üretme kabiliyetine sahip olmadığını göstermektedir.

Üçüncü önemli sonuç ise örneklerin ilmî işlevinin çevirilerde ya yanlış aktarıldığı ya da işlevsiz hâle getirildiğidir. Fıkıh usulünde misaller, yalnızca açıklama amacı taşımazlar. Aynı zamanda delil mantığını, illetin işlevini ve hükmün doğuş biçimini gösteren epistemik araçlardır. İncelemelerde, örneklerin kimi zaman kavramlarla ilişkisinin doğru kurulmadığı, kimi zaman da doğrudan yanlış fiillere veya ilişkisiz anlamlara dönüştürüldüğü tespit edilmiştir. Bu durum, yalnızca ifadelerin değil, hükmün iskeletini oluşturan delil mekanizmasının da tahrif edilmesi anlamına gelmektedir.

Sonuç olarak yapay zekâ platformları tarafından üretilen çeviriler, klasik fıkıh usulünün hem dilini hem de ilim olma vasfını gölgelemektedir. Bu platformlar, bilgi üreticisi değil, mevcut dijital içeriği herhangi bir ilmî denetim süzgecinden geçirmeden tekrar eden veri derleyicileridir. Çevirilerin, usul ilminin kavramsal ağını, mezheplerin metodolojisini ve delillerin epistemik tutarlılığını korumaktan uzak olması, dijital tercümelerin, fıkıh usulü alanında referans alınamayacağını, yalnızca eleştirel bir inceleme nesnesi olabileceğini açıkça ortaya koymaktadır. Bu nedenle ilahiyat alanında çalışan araştırmacıların, öğrencilerin ve genel kullanıcıların yapay zekâ tabanlı çevirilere başvururken, verilen tercüme metinlerin bilgi bozucu olma ihtimalini göz önünde bulundurmaları zaruridir. Nitekim fıkıh usulü, yalnızca hükmün sonucunu değil, sonuca götüren metodun doğruluğunu esas alan bir disiplindir. Dolayısıyla dijital çevirilerin sunduğu çeviri, usulî zeminden ve ilmî otoriteden yoksun olduğu için fıkıh ilminin doğasına aykırı bir yüzeysellik taşıyacağı göz önüne bulundurulmalıdır. Bu çalışma, dijital çağda klasik İslamî metinlerin aktarımı konusunda metodolojik bilincin güçlendirilmesi gerektiğini göstermekte ve fıkıh usulünün, dilsel sadeleştirme değil, ilmî sadakat talep eden bir disiplin olduğunu bir kez daha hatırlatmaktadır.

KAYNAKÇA

Attâr, Hasan b. Muhammed b. Mahmud. (t.y.). *Hâşiyetü'l-Attâr 'ala Şerhi Celâl el-Mahallî "ala Cem'i'l-cevâmi"*. Beyrut: Dârü'l-Kütübi'l-İlmiyye.

Azzâm, Abdullah. (2001). *Delâletü'l-Kitâbi ve's-Sünneti 'ala'l-ahkâm min heysü'l-beyâni ve'l-icmâl*. Cidde: Dârü'l-Müctema.

Beyhakî, Ebû Bekir Ahmed b. el-Huseyn b. Ali. (2003). *es-Sünenü'l-kübrâ* (3. bs., 11 Cilt). Beyrut: Dârü'l-Kütübi'l-İlmiyye.

Buhârî, Alâuddin Abdülaziz b. Ahmed b. Muhammed. (t.y.). *Keşfü'l-esrâr şerhü usuli'l-Pezdevî* (4 Cilt). Beyrut: Dârü'l-Kitabi'l-İslami.

Cerrâî, Takiyüddin Ebû Bekir b. Zeyd el-Makdisî el-Hanbelî. (2012). *Şerhü muhtasari usuli'l-fıkıh* (3 Cilt). Kuveyt: Letâif li-Neşri'l-Kütüb.

Cessâs, Ahmed b. Ali Ebû Bekir er-Râzî. (1994). *el-Füsûl fi'l-usul* (2. bs., 4 Cilt). Kuveyt: Vezâretü'l-Evkâf.

Cessâs, Ahmed b. Ali Ebû Bekir er-Râzî. (2010). *Şerhü Mühtasari't-Tahâvî* (8 Cilt). Beyrut: Dârü'l-Beşâiri'l-İslamiyye.

Cüveynî, İmamü'l-Harameyn Ebü'l-Mealî Abdülmelik b. Abdillah b. Yusuf b. Muhammed. (1997). *el-Burhân fi usuli'l-fıkıh* (2 Cilt). Beyrut: Dârü'l-Kütübi'l-İlmiyye.

Debûsî, Ebû Zeyd Ubeydullah b. Ömer b. İsa. (2001). *Takvîmü'l-edille*. Beyrut: Dârü'l-Kütübi'l-İlmiyye.

Ebyârî, Ali b. İsmail. (2013). *et-Tahkîk ve'l-beyân fi şerhi'l-Burhân* (4 Cilt). Kuveyt: Dârü'd-Diyâ.

Emîr Pâdişâh, Muhammed Emîn b. Mahmûd el-Hüseynî el-Buhârî el-Mekkî. (1983). *Teysîrü't-Tahrîr şerhü Kitabi't-Tahrîr* (4 Cilt). Beyrut: Dârü'l-Kütübi'l-İlmiyye.

İbn Ebî Zeyd, Ebû Muhammed Abdullah b. Ebî Zeyd Abdirrahmân el-Kayrevânî en-Nefzî. (2011). *ez-Zeb 'an mezhebi'l-İmami Mâlik* (2 Cilt). Fas: er-Râbitatü'l-Muhammediyye.

İbn Emîru Hâc, Şemsüddin Ebû Abdullah Muhammed. (1983). *et-Takrîr ve't-tahbîr 'ala Tahrîri'l-Kemâl İbnü'l-Hümâm* (2. bs., 3 Cilt). Beyrut: Dârü'l-Kütübi'l-İlmiyye.

İbn Kudâme, Muvaffaküddin Ebû Muhammed Abdullah b. Ahmed b. Muhammed el-Makdisî. (1997). *el-Muğnî* (3. bs., 15 Cilt). Riyad: Dârü'l-Âlemi'l-Kütüb.

İbn Kudâme, Muvaffaküddin Ebû Muhammed Abdullah b. Ahmed el-Makdisî. (2002). *Ravdatü'n-nâzır ve cennetü'l-menâzır* (2. bs., 2 Cilt). Beyrut: Müessesetü'r-Reyyân.

İbn Kutluboğa, Ebü'l-Adl Zeynüddîn Kâsım b. Kutluboğa b. Abdillâh es-Sûdûnî el-Cemâlî el-Mısrî. (t.y.). *Hulâsatü'l-efkâr şerhu Muhtasari'l-Menâr*.

İbnü'l-Arabî, Kâdi Ebû Bekir Muhammed b. Abdillah b. Muhammed el-Meâfirî. (t.y.). *el-Mahsûl fî usuli'l-fıkıh*. Amman: Dârü'l-Bayrak.

İbnü'l-Mülakkîn, Sirâcüddin Ebû Hafs Ömer b. Ali b. Ahmed. (2001). *Ucâletü'l-muhtâc ilâ tevcîhi'l-Minhâc* (4 Cilt). İrbid/Ürdün: Dârü'l-Kitâb.

Şâfiî, Ebû Abdillah Muhammed b. İdrîs b. Abbas b. Osman b. Şâfi' el-Muttallibî el-Kureşî. (1983). *el-Ümm* (2. bs., 8 Cilt). Beyrut: Dârü'l-Fikr.

Şâfiî, Ebû Abdillah Muhammed b. İdrîs b. Abbas b. Osman b. Şâfi' el-Muttallibî el-Kureşî. (1400). *Müsnedü'ş-Şâfiî*. Beyrut: Dârü'l-Kütübi'l-İlmiyye.

Karabeg, Mustafa Sıdkı. (1316). *Hâşiyetü Haddâdü'n-nüsûl 'ala Mir'âti'l-usul*. Saray Bosna: Taş Baskı.

Karâfî, Ebü'l-Abbâs Şihâbüddîn Ahmed b. İdrîs b. Abdirrahmân el-Mısrî. (1995). *Nefâisü'l-usul fî şerhi'l-Mahsûl* (9 Cilt). Kahire: Mektebetü Nizar Mustafa el-Bâz.

Kâsânî, Alâuddin Ebû Bekir b. Mes'ud b. Ahmed. (1986). *Bedâ'iu's-sanâi' fî tertîbi'ş-şerâi'* (2. bs., 7 Cilt). Beyrut: Dârü'l-Kütübi'l-İlmiyye.

Kudûrî, Ebü'l-Hüseyin Ahmed b. Muhammed b. Ahmed b. Cafer b. Hamdân. (2006). *et-Tecrîd* (2. bs., 12 Cilt). Kahire: Dârü's-Selâm.

Lahmî, Ebü'l-Hasan Ali b. Muhammed. (2011). *et-Tebsira* (14 Cilt). Katar: Vezâretü'l-Evkâf.

Mâverdî, Ebü'l-Hasan Ali b. Muhammed b. Muhammed el-Basrî el-Bağdâdî. (1999). *el-Hâvi'l-kebîr fi fıkhi mezhebi'l-İmami'ş-Şâfiî* (19 Cilt). Beyrut: Dârü'l-Kütübi'l-İlmiyye.

Menbecî, Cemalüddin Ebû Muhammed Zekeriyya b. Mes'ûd el-Ensârî el-Hazrecî. (1994). *el-Lübâb fi'l-cem'i beyne's-Sünneti ve'l-Kitâb* (2. bs., 2 Cilt). Şam: Dârü'l-Kalem.

Molla Fenârî, Şemsüddin Muhammed b. Hamza b. Muhammed er-Rûmî. (2006). *Füsûlü'l-bedâi' fî usuli'ş-şerâi'* (2 Cilt). Beyrut: Dârü'l-Kütübi'l-İlmiyye.

Nesefî, Ebü'l-Berekât Hafizuddin Abdullah b. Ahmed b. Mahmud. (1326). *Menârü'l-envâr*. İstanbul: Der Saadet.

Râzî, Fahrüddin Ebû Abdillah Muhammed b. Ömer b. el-Hasen b. el-Hüseyn et-Teymî. (1997). *el-Mahsûl* (3. bs., 6 Cilt). Beyrut: Müessesetü'r-Risâle.

Sem'ânî, Ebü'l-Muzaffer Mansûr b. Muhammed b. Abdilcebbâr et-Temîmî el-Mervezî. (1999). *Kevâti'ü'l-edille fi'l-usul* (2 Cilt). Beyrut: Dârü'l-Kütübi'l-İlmiyye.

Semerkandî, Alauddin Şemsunnazar Ebû Bekir Muhammed b. Ahmed Semerkandî. (1984). *Mîzânü'l-usul fî netâici'l-ükûl*. Katar: Metâbiü'd-Davha'l-Hadise.

Serahsî, Şemsüleimme Muhammed b. Ahmed b. Ebî Sehl. (1993). *el-Mebsût* (30 Cilt). Beyrut: Dârü'l-Marife.

Serahsî, Şemsüleimme Muhammed b. Ahmed b. Ebî Sehl. (t.y.). *Usul* (2 Cilt). Beyrut: Dârü'l-Marife.

Sıkıllî, Ebû Bekir Muhammed b. Abdillah b. Yunus et-Temîmî. (2013). *el-Câmi' li-mesâili'l-Müdevvene* (24 Cilt). Beyrut: Dârül-Fikr.

Siğnâkî, Hüsâmüddîn Hüseyn b. Alî b. Haccâc el-Buhârî. (2001). *el-Kâfî şerhü'l-Pezdevî*. Riyad: Mektebetü'r-Rüşd.

Siğnâkî, Hüsâmüddîn Hüseyn b. Alî b. Haccâc el-Buhârî. (1997). *el-Vâfi fî usuli'l-fıkh*. Mekke: Câmietü Ümmü'l-Kura.

Şâşî, Nizamüddin Ebû Ali Ahmed b. Muhammed b. İshak. (1982). *Usulü'ş-Şâşî*. Beyrut: Dârü'l-Kitabi'l-Arabi.

İBN HACER'İN TARİH YAZICILIĞINDA KAHİRE TASAVVURU: *İNBÂʾÜ'L-GUMR* ÖRNEĞİ

IBN HAJAR'S CONCEPTION OF CAIRO IN HISTORIOGRAPHY: THE CASE OF INBĀʾ AL-GHUMR

Muhammet Feyzi ATASAYAR
Süleyman Demirel University, Faculty of Theology, Department of Islamic History and Arts, Isparta, Türkiye.
ORCİD: ID/0009-0009-1410-9852

Abstract
This study, prepared on the basis of Ibn Hajar al-ʿAsqalânî's (d. 852/1449) work *Inbâʾ al-ghumr bi-abnâʾ al-ʿumr*, examines the scholarly and social structure of Mamluk Cairo during the fourteenth and fifteenth centuries. In addition to containing the author's own observations and records regarding the period in which he lived, the work includes not only political events but also extensive information concerning economic life, natural disasters, clothing and dress culture, eating and drinking habits, social ceremonies, and obituary records.
The study first addresses the foundation process of Cairo during the Fatimid period and the new identity the city acquired under the Mamluks. It is emphasized that, following the Mongol invasion of Baghdad and the transfer of the Abbasid caliphate to Cairo, the city gained increased religious and political significance.
When examined within the context of scholarly life, it becomes evident that madrasas held great importance during the Mamluk period. Various madrasas were constructed in Mamluk Cairo by sultans, emirs, and numerous statesmen. Endowments were allocated to these institutions in order to meet all the needs of both professors and students. In Ibn Hajar's records, the madrasas built during the reigns of Sultan al-Malik al-Ẓâhir Sayf al-Dîn Barqûq (d. 801/1399), Sultan al-Malik al-Nâṣir Faraj b. Barqûq (d. 815/1412), and Sultan al-Malik al-Muʾayyad Shaykh al-Maḥmûdî are described in detail, together with the Ḥanafî, Shâfiʿî, Mâlikî, and Ḥanbalî scholars who served in them and the construction processes of these institutions. These records demonstrate that Cairo was not only a political center but also an important center of learning where scholars belonging to the four Sunni legal schools interacted with one another.
In the section devoted to social life, various ceremonies are examined, particularly funeral processions, religious festival celebrations, the Mawlid al-Nabî, the Mawlid al-Sulṭânî, and circumcision ceremonies. Furthermore, under the heading of natural disasters, floods, fires, and earthquakes are discussed, and it is shown that these events directly affected both the physical structure of Cairo and the daily lives of its inhabitants.
In conclusion, *Inbâʾ al-ghumr* portrays Mamluk Cairo not merely as a capital city where political events occurred, but as a multidimensional urban center characterized by its scholarly institutions, ceremonies, social regulations, natural disasters, and everyday life. In this respect, Ibn Hajar's work offers exceptionally rich information for understanding the scholarly and social structure of Mamluk Cairo.
Keywords: Ibn Hajar, Inbâʾ al-ghumr, Cairo.

Özet
İbn Hacer el-Askalânî'nin (ö. 852/1449) *İnbâʾü'l-gumr bi-ebnâʾi'l-ʿumr* adlı eserinden hareketle hazırlanan bu çalışmada XIV. ve XV. yüzyıl Memlük Kahiresi'nin ilmî ve sosyal dokusu ele alınmaktadır. Söz konusu eser müellifin kendi yaşadığı döneme dair gözlem ve kayıtlarını ihtiva etmesiyle beraber, yalnızca siyasi hadiseleri değil; aynı şekilde ekonomik hayat, doğal afetler, giyim-kuşam, yeme-içme alışkanlıkları, toplumsal merasimler ve vefeyât kaydı gibi pek çok yönde bilgileri içermektedir.
Çalışmada ilk olarak Kâhire'nin Fâtimîler dönemindeki kuruluş süreci ve Memlükler döneminde kazandığı yeni kimliği ele alınmış ve Moğolların Bağdat'ı işgalinden sonra Abbâsî hilafetinin Kâhire'ye taşınması ile şehrin dinî ve siyasî öneminin arttığı belirtilmiştir.
İlmî hayat bağlamında incelendiği zaman Memlükler döneminde medreselerin büyük bir öneme sahip olduğu görülmektedir.

Sultanlar, emîrler ve pek çok devlet adamı tarafından dönemin Memlük Kâhiresi'nde çeşitli medreseler inşa edilmiştir. Bu kurumlara vakıflar tahsis edilerek müderris ve talebelerin her türlü ihtiyacı karşılanmıştır. İbn Hacer'in kayıtlarında Sultan el-Melikü'z-Zâhir Seyfüddîn Berkuk (ö. 801/1399), Sultan el-Melikü'n-Nâsır Ferec b. Berkûk (ö. 815/1412) ve Sultan el-Melikü'l-Müeyyed Şeyh el-Mahmûdî dönemlerinde inşa edilen medreseler, bu medreselerde görev yapan Hanefî, Şâfiî, Mâlikî ve Hanbelî müderrisler ile medreselerin inşa süreci detaylı bir şekilde verilmiştir. Bu bilgiler, her ne kadar Kâhire şehri siyasî merkez niteliği taşısa da aynı şekilde ilmî merkez olduğunu ve dört mezhep ulemasının birbirleriyle etkileşimlerini gözler önüne sermektedir.
Sosyal hayat bölümünde cenaze merasimleri, bayram kutlamaları, Mevlid-i Nebî, Mevlid-i Sultânî ve sünnet törenleri başta olmak üzere çeşitli merasimler incelenmiştir. Ayrıca doğal afetler başlığı altında da sel, yangın ve depremler ele alınmış ve bu olayların Kahire'nin fiziki yapısını ve halkın gündelik yaşamını doğrudan etkilediği görülmüştür.
Sonuç olarak İnbâʾü'l-*gumr* Memlük Kâhiresi'ni yalnızca siyasî hadiselerin yaşandığı bir başkent kalıbından çıkartmış; İlmî kurumları, merasimleri, toplumsal düzenlemeleri, afetleri ve gündelik yaşamı ile çok boyutlu bir şehir olarak tasvir etmiştir. İbn Hacer'in eseri, bu bağlamda Memlük Kâhiresi'nin ilmî ve sosyal yapısını anlamak için son derece zengin bilgiler sunmaktadır.
Anahtar Kelimeler: İbn Hacer, İnbâʾü'l-gumr, Kâhire.

GİRİŞ

Bu araştırmada, XIV–XV. yüzyılları Memlükler'inde Kahire şehrinin İlmî ve sosyal yapısı incelenirken İbn Hacer el-Askalânî'nin *İnbâʾü'l-ġumr bi-ebnâʾi'l-ʿumr* adlı eseri temel kaynak olarak esas alınmıştır. Söz konusu bu eser, Müellifin doğum yılı olan hicri 773 (1372) yılından itibaren vefatına yakın bir tarih olan 850 (1446) yılları arasını ihtiva eden önemli bir tarihi kaynaktır (Ayaz, 2020, s. 102).
Müellif, mukaddimesinde bu eseri İbn Kesîr ve diğer bazı âlimlerin eserlerine zeyil mahiyetinde kaleme aldığını belirtmiştir (İbn Hacer el-Askalânî, 1969, Cilt 1, s. 5). Bu yönüyle eser, hem önceki tarih yazım geleneğini devam ettirici nitelikte hem de müellifin kendi yaşadığı dönemdeki gözlemlerini içeren kronolojik bir eser niteliği taşımaktadır. Doğal olarak *İnbâʾü'l-ġumr*'da bu vasfı hasebiyle önce aylara göre havadis kısmı, daha sonra da vefeyât bölümü yer almaktadır. Vefeyât bölümü havadis bölümünden hacim olarak daha geniştir (Ayaz, 2020, s. 102). Ancak her ne kadar vefâyat bölümü hacim olarak havadis kısmından daha geniş olsa da havadis kısmında bazı senelerin başında dönemin Abbasî halifesini, Memlük sultanını, diğer ülkelerin hükümdarlarını ve önemli devlet adamlarını zikretmiştir (İbn Hacer el-Askalânî, 1969, Cilt 1, s. 5). Bununla birlikte müellif yine havadis kısmında ekonomik hayata dair sultanların verdiği kararlar, uygulanan bazı vergiler, o dönem kullanılan para çeşitleri ve paraların değerleri, bazı ürünlerin fiyatları, hakkında bilgiler vermekten geri durmamıştır (İbn Hacer el-Askalânî, 1969, 1, 127, 335; 3, 243, 309). Yine o dönem giyim kuşam ve yeme içme alışkanlıkları hakkında da yer yer bilgiler verdiği olmuştur. Bunların yanı sıra o dönem meydana gelen doğal afetler ve salgın hastalıklar hakkında da pek çok malumatta bulunmuştur (İbn Hacer el-Askalânî, 1969, c. 1, s. 10, 15, 271; c. 2, s. 15, 38; c. 3, s. 291, 457). Eserin vefeyât kısmında müellif, her sene vefat eden başta ulema olmak üzere meşâyıh ve umerâdan pek çok zevatın hal tercümesini alfabetik olarak zikretmektedir (Ayaz, 2020, s. 103). Müellifin ömrünün büyük bir kısmını geçirdiği Kahire'ye dair bizzat müşahede ve tecrübelerine dayanarak aktardığı ayrıntılı veriler, *İnbâʾü'l-gumr*'u şehir tarihi araştırmaları için de önemli bir kaynak haline getirmiştir. (Bu çalışma, Süleyman Demirel Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü İslam Tarihi ve Sanatları Ana Bilim Dalında hazırlanan "İbn Hacer el-Askalânî'nin İnbâʾü'l-ġumr adlı eserinde 14. Yüzyıl Memlükleri " başlıklı yüksek lisans tezinden üretilmiştir).

Araştırma ve bulgular

Bu çalışmanın amacı, İbn Hacer el-Askalânî'nin *İnbâʾü'l-ġumr bi-ebnâʾi'l-ʿumr* adlı eserinden hareketle XIV. ve XV. yüzyıl Memlük Kahiresi'nin ilmî ve sosyal dokusunu ele almaktır. Çalışmada İbn Hacer'in eseri temel kaynak olarak esas alınmış, müellifin eserinde ki bütün kayıtları incelenmiştir.

Bulgular

Memlükler Dönemi'nde Kahire
Toplumsal Yapı ve Sosyal Hayat

İlmi Hayat ve Medreseler
Sosyal Merasimler: Bayramlar ve Kutlamalar
Doğal Afetler ve Bazı Gök Olayları

Memlükler Dönemi'nde Kahire

Kahire şehri, H. 358 yılında Fâtimî halifesi el-Muiz-Lidînillâh (ö. 365/975) döneminde onun komutanlarından birisi olan Cevher es-Sıkıllî (ö. 381/992) tarafından kurulmuştur. Cevher, el-Muiz-Lidînillâh'ın emriyle ilk olarak Fustat şehrini kuşatmış ve daha sonra da günümüzdeki Kahire şehrinin bulunduğu yerde konaklamıştır. Bu yer o dönemde Şam'a giden kafilelerin toplandığı bir mekân özelliği taşımaktadır. Daha sonra Cevher, efendisi Muiz için orada bir saray inşa etmeye başlamış ve askerlerin ikametgâhı için yapılar inşa etmiştir (Yâkût el-Hamevî, 1995, c. 4, s. 301). Daha sonra Cevher, efendisi Muiz için orada bir saray inşa etmeye başlamış ve askerlerin ikametgâhı için yapılar inşa etmiştir (Seyyid, 2001, s. 173).

Memlükler zamanında ise Kahire şehri daha da genişlemiş ve Moğol istilasından sonra Abbâsî halifeliği de Kahire şehrine taşınarak şehir yeni bir hüviyet daha kazanmıştır (Seyyid, 2001, s. 173). Memlükler döneminde şehrin kentsel dokusuna bakılacak olursa şehrin büyüklüğü ve önemi buradan anlaşılabilir. O dönem Kahire'de bulunan surların Hâşimî zirâsıyla toplam uzunluğu 29.302 zirâ'dır. Bu uzunluğun dağılımı ise şu şekildedir: Nil kıyısında bulunan Maks Kalesi'nden Kum el-Ahmer burcuna kadar 10. 500 zirâ, Maks Kalesi'nden Cebel Kalesi'ne kadar 8.392 zira, Cebel Kalesi'nden Kum el-Ahmer Burcu'na kadar 7200 zira ve kalenin arkasında yer alan Sa'düddevle tarafında bulunan surlar ise 3200 zirâ'dır (Makrîzî, 1998, c. 2, s. 238). O dönem Kahire şehrinin kapıları ise şu şekildedir:

Güneyde yani kıble tarafında şehrin iki kapısı bulunmaktadır. Bu kapılara da Bâbüzüveyle denilmiştir. Şehrin kuzey kısmında yani deniz tarafında da aralarında büyük bir mesafe bulunan iki kapı bulunmaktadır. Bu kapıların isimleri ise Bâb el-Futûh ve Bâb en-Nasr'dır. Şehrin doğu tarafında ise birbirinden farklı üç kapı bulunmaktadır. Bu kapıların isimleri de Bâb el-Barkıyye, Bâbü'l Cedîd ve Bâbü'l Muhrak'tır. Yine şehrin batı tarafında da üç kapı bulunmaktadır. Bu kapıların isimleri ise Bâb el-Kantara, Bâb el-Ferec ve Bâb Sa'âde'dir. Bunların yanında Bâbü'l-Hûha diye bilinen bir başka kapıda bulunmaktadır. Ancak bu kapılar 14.-15. yüzyıl Memlükler'inde biraz değişime ve revizyona da uğramıştır (Makrîzî, 1998, c. 2, s. 238).

Toplumsal Yapı ve Sosyal Hayat

Her ne kadar o dönem Kahire'sinde halkın büyük çoğunluğu Müslüman olsa da yaklaşık yirmi bin gayrimüslim tebaa da başkent Kahire şehrinde yaşamını sürdürmektedir (Eser, 2024, s. 12). Memlükler devrinde Kahire şehri daha önce de belirttiğimiz üzere pek çok zımmîye de ev sahipliği yapmaktadır. Ancak zaman zaman zımmîlere yönelik olarak uzaklaştırma politikaları da uygulanmıştır. H. 803 yılı Şaban ayında, acemlere şehirde kalmanın yasaklandığına dair bir ilan yapılmıştır. Bunun üzerine şehirde bulunan pek çok acem şehri terk etse de daha sonraları bu kural yumuşatılmış ve acemlerin şehirde yaşamalarına izin verilmiştir (İbn Hacer el-Askalânî, 1969, c. 2, s. 144). Öte yandan H. 821 yılı Muharrem ayının yirmi sekizinci gününde yabancıların memleketlerine dönmeleri hususunda bir emir daha ilan edilmiştir. Bundan dolayı özellikle Fârisî asıllı gayrimüslim tebaa korkuya kapılmış ve araya giren bazı kişiler sayesinde bu emir iptal edilmiştir (İbn Hacer el-Askalânî, 1969, c. 3, s. 155). Daha sonraları Kahire şehrinde bulunan bütün acemlerin üç gün içerisinde şehri terk etmeleri ilan edilmişse de bu emir uygulanmamış ve acemlerin şehirde kalmalarına izin verilmiştir. (İbn Hacer el-Askalânî, 1969, c. 3, s. 549). H. 840 yılında ise bu defa da Kahire'de bulunan Hintlilerin şehri terk etmesi emredilmiştir. Bunun sebebi ise Sâlihiyye Medresesi civarında berberlik yapan Hintliler arasında çıkan ve dört kişinin ölümüyle sonuçlanan bir kavgadır. Bu olayın ertesi günü, şehirdeki tüm Hintlilerin Kahire'yi terk etmeleri emredilmiştir. (İbn Hacer el-Askalânî, 1969, c. 4, s. 41). Dolayısıyla Yahudi ve Hristiyanlara yönelik böyle bir uygulamaya pek rastlanmazken şartlar gerektirdiğinde acemlerden şehri terk etmeleri istenmiştir. Buradan Memlükler'in Kahire şehrinin asayişi ve düzenine de büyük önem verdiği anlaşılmaktadır. Özellikle mezkûr olayların hemen akabinde Hintlilerden derhal şehri terk etmelerinin istenmesi şehrin güvenliğine ve asayişine verilen önemi göstermektedir. H. 794 yılında Kahire şehrinde bütün sakat ve cüzzamlıların şehirden çıkarılması emredilmiş ve daha sonra cüzzamlıların şehre geri dönmesine izin verilmiştir (İbn Hacer el-Askalânî, 1969, c. 1, s. 438).

H. 811 Şaban ayında Kahire de yalnızca sultanın emrinde bulunan askeri birlikler ve emîrler dışında herkesin at ya da katırla dolaşması yasaklanmıştır. Daha sonra bu kural esnetilmiş ilk önce bazı kadılara izin verilmiş ve daha sonrasında Divânü'l-inşâ görevlilerine özel izinler yazılmaya başlanmıştır. Bu uygulamaya o kadar çok riayet edilmiştir ki Memlük askerleri ata ya da katıra binen bir kimseyi görmeleri halinde o kişiden izin belgesini göstermesini istemişlerdir. İzin belgesini göstermeyen kişiler ise atından indirilmiştir. Ancak bu uygulama o yılın sonunda terk edilmiştir (İbn Hacer el-Askalânî, 1969, c. 2, s. 400).

İlmi Hayat ve Medreseler

Memlükler hüküm sürdükleri coğrafyaya itibarla selefleri olan Eyyûbîler zamanından kalma pek çok medreseye sahip olmuştur. Bununla beraber başta Memlük sultanları olmak üzere emîrler ve devlet ricalinden önemli devlet adamları Eyyûbîler zamanından kalma medreselerle yetinmeyip yeni medreseler inşa ettirmekte adeta birbirleriyle yarışmış ve bu eğitim ağını daha da yaygınlaştırmışlardır (Yiğit, 2015, s. 245). Memlük sultanları bu medreselere vakıflar tahsis ettikleri gibi hoca ve öğrencilere dolgun ücretler ödeyerek bütün ihtiyaçlarını karşılamışlardır (Ayaz, 2020, s. 135).

Makrîzî'nin (ö. 845/1442) verdiği bilgilere göre Memlükler dönemi Kahire'sinde yaklaşık yetmiş adet medreseye rastlanmaktadır (Yiğit, 2015, s. 245). Bu medreselerin ekseriyeti Sünnî dört mezhepten birisine tahsis edilmekle beraber iki, üç ya da dört mezhebe tahsis edilen medreselerde bulunmaktadır (Ayaz, 2020, s. 135). İbn Hacer'in İnbâ'ü-l Gumr adı eserine müracaat edildiğinde Kahire şehrinde inşa edilen dört mezhebe tahsis edilmiş medreselerin bulunduğu görülmektedir. Örneğin Sultan el-Melikü'z-Zâhir Seyfüddîn Berkuk'un (ö. 801/1399) emriyle H. 786-788 yılları arasında Kahire'de yeni bir medrese inşa edilmiştir. Medresenin inşaat süreci bizzat dönemin emîrâhûr'u olan Çerkez el-Halilî tarafından takip edilmiştir. İnşaat tamamlandıktan sonra H. 788 yılı Recep ayında Sultan medreseye gelmiş, büyük bir sofra hazırlanmış ve medresenin açılışı yapılmıştır. Daha sonra müderrisler medresede ders vermeye başlamış, Hanefî müderrisliğine Alâeddin es-Sırâmî Şâfiî müderrisliğine Evhauddin er-Rûmî, Mâlikî müderrisliğine Şemseddin b. Mekîn ve Hanbelî müderrisliğine de Selâhaddîn b. el-A'mâ daha sonraları da Tefsir dersleri için ise İbn Hacer'in hocası olan Sirâcüddîn el-Bulkînî (ö. 805/1403) getirilmiştir (İbn Hacer el-Askalânî, 1969, c. 1, ss. 313-314).

H. 811 yılı Recep ayında Sultan el-Melikü'n-Nâsır Ferec b. Berkûk (ö. 815/1412)'un Üstâdüddârı Cemâleddîn Yûsuf el-Bîrî el-Becâşî, Kahire'deki Rahbetü'l-Îd adlı semtte kendi medresesinin inşasını tamamlamıştır. Ayrıca medresede dört mezhep için müderrisler tayin etmiş ve müfredata hadis dersi de eklenmiştir. Hanefî müderris Bedrüddin Mahmûd b. Ahmed b. Mes'ûd eş-Şeyhzâde, Şafiî müderris Sûfîlerin şeyhi olan Humâmüddin el-Hârizmî, Hanbelî Müderris Fethüddin Ebü'l-Feth b. el-Bâhidir. Mâlikî müderrisi ise bütün nüshalarda zikredilmemiştir. Hadis Müderrisi ise Cemaleddin'in kendi kâtibi yani İbn Hacer'dir. Medresenin açılışında ise görkemli bir ziyafet verilmiş, her gün bir müderris gelerek ders vermiş ve dersin akabinde bu müderrislere hırka giydirilmiştir. Bir hafta sonra da medresede tefsir dersine başlanmıştır. Müderris olarak da Kâdı'l-kudât Celâleddin el-Bulkînî tayin edilmiştir. Celaleddin bu derse "Allah'ın mescitlerini ancak Allah'a iman edenler imar eder." (et-Tevbe 9:18) ayet-i kerimesiyle başlamış ve o günden sonra derslerine de bu ayet-i kerimden devam etmiştir (İbn Hacer el-Askalânî, 1969, c. 2, s. 399).

Sultan el-Melikü'l-Müeyyed Şeyh el-Mahmûdî tarafından Bâbüzüveyle kapısının iç kısmında el-Medresetü'l-Müeyyediyye medresesinin inşasına başlanmıştır. Bu medresenin yapım aşmasında ilk olarak Fazıl çarşısı karşısında bulunan Sunkur el-Aşkar'a ait olan meşhur Kayseriyye satın alınmış, etrafındaki yapılar boşaltılmış ve daha sonra Vali Tâc ve bazı emirler tarafından buraların yıkımına başlanmıştır. 4 Cemâziyelâhir günü temelin kazılmasına başlanarak inşa faaliyetlerine fiilen başlanmıştır. İnşa sorumlusu olarak da Emîr Tatar tayin edilmiştir H. 819 yılında Yemen Meliki'nin elçisi Müflih tarafından Sultan el-Melikü'l-Müeyyed Şeyh el-Mahmûdî'ye sunulan hediyelerin satılmasını emreden Sultan, elde edilen gelirin el-Medresetü'l-Müeyyediyye'nin inşâ faaliyetlerine tahsis edilmesini istemiştir. Bu medresenin inşâ sebebi, Sultan'ın Mintaş fitnesi esnasında Şemâil Hapishanesi'nde mahpus kaldığı sırada şayet buradan kurtulup saltanat makamına erişirse bir medrese yaptıracağına dair adakta bulunmasıdır. Sultan olduktan sonra da bu adağı yerine getirmiştir (İbn Hacer el-Askalânî, 1969, c. 3, s. 56).

Sosyal Merasimler: Bayramlar ve Kutlamalar

Ramazan Bayramı

Memlükler döneminde Ramazan Bayramı, arefe günü hilalin gözlenmesiyle beraber resmi olarak başlamıştır. Her şehirde yüksek bir mevkiden hilal gözlenmiş ve bu gözlem sonucunda bayram kesinleştirilmiştir. Kahire'de Ramazan ayı boyunca gecenin geç saatlerine kadar açık olan dükkanlar, arefe günü daha da geç saatlere kadar açık kalmış ve halk bayram hazırlıklarına devam etmiştir. Bayram günü sabahın erken saatlerinde bayram namazı için alaylar oluşturulmuş ve bu alaylar bayram namazı için şehrin büyük camilerinde toplanmıştır (Bozkurt, 1992, s. 262). Bayram namazının akabinde bayramlaşma merasimleri yapılmış ve daha sonra bu bayramlaşma evlerde devam etmiştir. Âdet olduğu üzere halk birbirine tatlı ve şeker ikram etmiş bunun yanında da bayram günü mezarlık ziyareti de gerçekleştirilmiştir (Bozkurt, 1992, s. 262).

Kurban Bayramı

Memlükler dönemi Kurban Bayramı da Ramazan Bayramı'na benzer özellikler taşımaktadır. Hilale bakmak usulüyle bayram günü tespit edilmiş, daha sonra şehir süslenmiş ve halkın bayram için bizzat hazırlanmasıyla bayrama hazırlık yapılmıştır. Bayram namazından sonra kurban ibadeti yerine getirilmiş ve bayramlaşma merasimleri düzenlenmiştir. Kurban Bayramı'nda sultanın ve Memlük emîrlerinin kurbanlıklarının halka dağıtılma adeti benimsenmiştir. Her ne kadar Memlük sultanları Kurban Bayramı'nı devletin başkenti Kahire de geçirseler de bazı zamanlarda Kahire'de bulunamamışlardır. Mesela Memlük sultanı sultan el-Melikü'l-Müeyyed Şeyh el-Mahmûdî (ö. 824/1421) h. 821 yılında bir gezi dönüşünde Kurban Bayramı'na Kahire'ye yetişememiş ve verdân civarında kurban ibadetini eda etmiştir. Bunun sonucunda her yıl sultanın ve Memlük emîrlerinin dağıttığı kurban etinden mahrum kalan halk bundan hoşnutsuz olmuş ve üzüntü duymuştur (İbn Hacer el-Askalânî, 1969, c. 3, s. 56). Yine Memlükler'de Kurban Bayramı'nda sultana kurbanlık hediye edilmesi gibi bir adette benimsenmiştir. Mesela h. 820 yılında Fahreddin el-Üstâdâr kurbanlık olarak sultan el-Melikü'l-Müeyyed Şeyh el-Mahmûdî (ö. 824/1421)'ye bin besili koç, yüz elli inek göndermiştir (İbn Hacer el-Askalânî, 1969, c. 3, s. 143).

Her ne kadar o dönemlerde bayram gününün tespiti için hilalin gözlenmesi usulü benimsense de bazı zamanlarda hilal tam olarak görülememiş ya da hilalin görülüp görülmediği hakkında ihtilaflar da olmuştur. Mesela H. 840 yılında Zilhicce ayının hilalinin çarşamba günü görüleceği hesaplanmıştır. Ancak dönemin kadısı hilali gördükleri üzere şahitlik edenlerin şahitliğini kabul etmemiş ve bu mesele sultana ulaşmıştır. Kadı, şahitlerin şahitliklerini dönemin gökbilimcilerinin hilalin yalnızca yirmi dakika görülebileceği ve bundan dolayı da hilalin görülmesinin neredeyse imkânsız olacağı yönündeki yorumları sebebiyle kabul etmemiştir. Tüm bu ihtilaflardan dolayı halk, zilhiccenin cuma günü bayram olabileceğinden dolayı o gün oruç tutmamış ve o günün bayram olmama ihtimalinden dolayı da bayram namazlarını evlerinde eda etmişlerdir. Buna mukabil Şam, Kudüs ve çevresindeki halk zilhiccenin ilk gününün Çarşamba olduğuna ittifak etmiştir. Sonuç olarak bölgesel farklılıklar ortaya çıkmıştır (İbn Hacer el-Askalânî, 1969, c. 4, s. 52).

Mevlid-i Nebî

Memlükler döneminde Ramazan ve Kurban Bayramı dışında dini bir nitelik taşıyan diğer bir uygulama ise Mevlid-i Nebî'dir. Sözlük manası olarak Hz. Peygamber Muhammed (sallallahu aleyhi ve sellem)'in doğum günü manasına gelmektedir. Memlükler'de Mevlid-i Nebî'nin kutlanması büyük ilgi görmüştür. Kutlamalar için Kahire kalesine büyük ve ihtişamlı çadırlar kurulmuş bu çadırlarda sultan, Mısır'da bulunan Abbâsî halifesi dönemin kadıları, ilim erbabı kimseler devlet erkanından zevatlar, dönemin önemli büyük kumandanları, halktan tanınmış kişiler ve başka ülkelerden gelmiş olan temsilciler toplanmışlardır. Kutlamaya ilk önce Kur'ân tilavetiyle başlanmış, sultana tebrikler iletilmiş, kutlamaya katılan kimselere çeşitli hediyeler taktim edilmiş ve büyük sofralar kurularak yemekler ikram edilmiştir (Özel, 2004, s. 476). Büyük bir ihtişamla yapılan Mevlid-i Nebî kutlamalarından sonra halk sokağa çıkmış çarşılar kalabalık bir hal almış ve çarşı ve sokaklar ışıklarla aydınlatılmıştır (İbn Hacer el-Askalânî, 1969, c. 4, s. 136).

Memlükler'de âdet gereği Mevlid-i Nebî öğlen namazının akabinde başlatılır, yemek ise akşam vaktinde kurulmuş ve gecenin üçte birine kadar sürmüştür. Ancak bazı dönemlerde bu adete riayet edilmediği de olmuştur.

Mesela h yılı rebiülevvel ayının yedinci günü perşembe günü mevlidi nebi kutlanmış, ancak adete aykırı olarak sofralar ikindi vakti kurulmuş ve akşam ile yatsı arasına kadar yemek yenmiştir (İbn Hacer el-Askalânî, 1969, c. 3, s. 365). H. 832 yılında ise Mevlid-i Nebî merasimine kadılık görevinden alınmış olan el-Bulkînî (ö. 868/1464) ve el-tefehnide katılmıştır. Görevde olan kadılar sultanın sağ tarafına diğer kadılar sol tarafına ve diğer din adamları da onların yanına oturmuştur. Bunların yanında sultanın o gün oruç tuttuğu ve akşama kadar programa katıldığı, akşam ise oradakilerle birlikte mütevâzı bir sofrada orucunu açtığı da nakledilmiştir (İbn Hacer el-Askalânî, 1969, c. 3, s. 418).

Mevlid-i Sultânî

Memlükler zamanında Memlük sultanlarının da doğum günü kutlanmış ve bu kutlamalarda Mevlid-i Sultânî diye isimlendirilmiştir. Her ne kadar Mevlid-i Sultânî Mevlid-i Nebî gibi her yıl düzenli olarak kutlanmasa da bazı sultanların doğum günleri kutlanmıştır. Örneğin H. 826 yılında sultan el-Melikü'l-Eşref Seyfüddîn Barsbay'ın (ö. 841/1438) doğum günü kutlanmış ve bu kutlamaya görevden alınmış olan Şâfiî kadısı da katılmıştır (İbn Hacer el-Askalânî, 1969, c. 3, s. 300). H. 846 yılı recep ayının on dokuzuncu günü sultan el-Melikü'z-Zâhir Seyfüddîn Çakmak'ın (ö. 857/1453) doğum günü merasimi olmuştur. Bu merasim önceki yıllarda yapılan Mevlid-i Sultânî merasimlerine göre daha sade olmuş, okuyucu sayıları otuz dan on'a indirilmiş ve yine vaizlerin sayıları da aynı oranda azaltılmıştır. Bu merasim ikindi vaktinden akşam vaktine kadar sürmüş (İbn Hacer el-Askalânî, 1969, c. 4, s. 208).

Sünnet Merasimleri

Memlük sultanları tarafından düzenlenmiş olan merasimlerden bir diğeri de sünnet merasimleridir. Hemen hemen bütün merasimlerin gerçekleştiği yer olan kabak meydanında sünnet merasimi de gerçekleştirilmiştir. Bu meydan da yapılan sünnet merasimlerinde çeşitli oyunlar oynanmış ve gösterişli yemekler verilmiştir (Buharalı, 1995, ss. 64–65).

Sünnet merasiminde sultanın oğulları başta olmak üzere devlet erkanından emîrlerin ve diğer bazı görevlilerin çocukları sünnet edilmekle beraber avam tabakadan halktan sıradan kişilerin çocukları da sünnet edilmiştir. Sultan Baybars zamanında yapılan bir sünnet merasiminde sultanın çocuğuna ve diğer devlet erkanından kişilerin çocuklarından her birine babalarının rütbelerine göre bir elbise hediye edilmiş diğer taraftan avamdan olan çocuklardan her birine ise birer kat elbisenin yanında birer koyun ve her birine yüzer dirhem ihsan edilmiştir (Buharalı, 1995, ss. 64–65).

Sultan Baybars dışında diğer Memlük sultanları da sünnet merasimi düzenlemiştir. Örneğin H 777 yılı Muharrem ayında Sultan el-Melikü'l-Eşref Zeynüddîn Şa'bân (ö. 777/1376) oğullarını sünnet ettirmiş ve bu sünnet münasebetiyle büyük miktarda masraf edilerek büyük bir merasim düzenlenmiştir. Bu merasim yedi gün sürmüş ve İbn Hacer bu merasim sırasında tasavvur edilemeyecek kadar rezilliklerin meydana geldiğini söylemiştir (İbn Hacer el-Askalânî, 1969, c. 1, s. 102). H 800 yılında ise Sultan el-Melikü'z-Zâhir Seyfüddîn Berkuk (ö. 801/1399) oğullarını sünnet ettirmiş, Ferec, Abdülaziz ve diğer bazı emîrlerin çocukları da bu sünnet merasiminde sünnet edilmiştir. Yine bu sünnet merasiminde de büyük bir ziyafet düzenlenmiştir (İbn Hacer el-Askalânî, 1969, c. 2, s. 14).

Doğal Afetler ve Bazı Gök Olayları

Sel

İnbâ'ü'l-Gumr'da belirtildiğine göre başkent Kahire şehrinde pek çok sel felaketi meydana gelmiştir. İlk olarak H. 778 yılında o dönem Kahire şehrinin dış mahallesi sayılan Hüseyniye mahallesinde büyük bir sel felaketi meydana gelmiştir. Meydana gelen bu sel felaketi sebebiyle Hâkimiye kanalı, İbn Kaimaz'ın evine doğru taşmıştır. Sel suları Hüseyniye mahallesini basmış ve bu sular Şerefeddin Camiine kadar gelmiştir. Rivayet edildiğine göre bu sel sebebiyle Kahire şehrinde 1000 kadar ev yıkılmıştır (İbn Hacer el-Askalânî, 1969, c. 1, s. 128). H. 800 yılı şaban ayının sekizinde ise, Kahire şehrinde günlerce süren gök gürültülü sağanak yağış meydana gelmiş ve bu birden fazla kez devam etmiştir. Bu yağışlar sebebiyle de Kahire şehri sular altında kalmıştır. İbn Hacer'de bu sel olayını Kahire şehri göle döndü diye tasvir edip başka bir izahta bulunmamıştır (İbn Hacer el-Askalânî, 1969, c. 1, s. 527).

H. 783 yılı Ramazan ayında da Kahire şehrine öyle bir yağmur yağmıştır ki Bâbzüveyle kapısı diz boyu çamurla kaplanmış ve yükselen su atların karnına kadar gelmiştir. Şehri tura tarafından gelen büyük bir sel basmış ve sular şehirden günlerce çekilmemiştir.

İbn Hacer'in kaydettiğine göre Kahire ahalisi o güne kadar böyle bir sel felaketiyle karşılaşmamıştır (İbn Hacer el-Askalânî, 1969, c. 1, s. 238). Ramazan ayında Kahire şehrinde meydana gelen bir diğer sel felaketi ise H. 838 yılı ramazan ayının 13. gününde meydana gelen sel felaketidir. O günün gecesinde Kahire şehrinde yağmur yağmaya başlamış, daha sonra günün ilk saatlerinde gök gürültülü sağanak şeklinde devam etmiştir. Bu yağmur sonucunda toprak tamamen çamur haline gelmiş ve evler su sızdırmaya devam etmiştir. Bir sonraki günde yağmur yağmaya devam etmiş evleri su basmış ve birçok eşya bu selden etkilenmiştir (İbn Hacer el-Askalânî, 1969, c. 3, s. 550).

Yangınlar

İbn Hacer'in İnbâʾü'l-Gumr adlı eserinde aktardığına göre H. 774 ve H. 842 yılları arasında dönemin Memlük coğrafyasında çeşitli zamanlarda ve çeşitli bölgelerde olmak üzere yangın hadiseleri meydana gelmiştir. Meydana gelen bu yangınlar irili ufaklı olup, başta başkent Kahire, Şam, Mekke, dimyat ve Cidde de gerçekleşmiştir. Çıkan yangınların bir kısmı kısıtlı hasarla atlatılsa da bazılarının yol açtığı maddi ve manevi tahribat o denli büyük olmuştur ki dönemin şairleri bu felaketleri eserlerine konu edinmişlerdir.

İbn Hacer'in bahsi geçen kitapta aktardığına göre başkent Kahire'de çıkan ilk yangın H. 774 yılında Kal'atülcebel'de saray binalarının içerisinde çıkan büyük yangındır. Bu yangın günlerce söndürülemeyerek pek çok eşyanın yanarak kül olmasına sebep olmuştur. Rivayet edildiğine göre saraya düşen bir yıldırımdan dolayı bu yangın meydana gelmiştir (İbn Hacer el-Askalânî, 1969, c. 1, s. 35). H 780 yılında Kahire'deki Bâbzüveyle dışındaki Dârüttuffâh'da üç gün müddetince süren büyük bir yangın çıkmıştır. Çıkan bu yangının söndürülmesinde Berke, Demirtaş el-Ahmedî, Aytemiş ve diğer emirler bizzat ilgilenmişlerdir. Denildiğine göre eğer şehrin surları bu yangını engellemeseydi şehir tamamıyla kül olacaktı ve Kahire gibi eşine çok az rastlanan bir medeniyet abidesi şehir ortadan kalkacaktı. Bu yangının sonucunda meyve satıcılarının, kuru yemişçilerinin, eğercilerin ve semercilerin dükkanları yanarak kül olmuş, halkın bu yanan yerlerin harabelerindeki toprakları çıkarıp temizlemesi yaklaşık üç ay sürmüştür. Yangınının etkileri o kadar büyük olacak ki Müstensih Zeynüddin Tâhir b. Habîb, şu beyti kaleme almıştır:

Bâbzüveyle önüne bir yangın geldi ki, güzellik barındıran her şeyi yok etti.
Halk durmadan dua etti; yeryüzünden ölüm izini silmek için yakardı.

Bunun yanında İbn Habîb şu beyiti de kaleme almıştır:

Gizli bir lütuf ve ihsan inayetiyle seslendi:
Ey ateş! Serin ve selamet ol (İbn Hacer el-Askalânî, 1969, c. 3, ss. 170–171).

Daha sonra yaklaşık yirmi yıl sonra H. 800 zilkade ayında yine aynı yerde kahirdeki Bâbüzüveyle kapısının dışında bulunan Dârüttuffâh'ta bir yangın daha olmuştur. Ancak bu yangın yirmi yıl önceki yangın gibi büyük bir zarara sebebiyet vermemiş, hemen müdahale edilerek söndürülmüştür (İbn Hacer el-Askalânî, 1969, c. 2, s. 15). Bu yangından yaklaşık bir yıl sonra H. 801 yılı safer ayında Kahire'de Salâhiyye Medresesi'nde bir yangın çıkmıştır. Memlük emîrlerinin yangına hızlı bir şekilde müdahale etmesine rağmen bu yangın sonucunda pek çok yer yanıp kül olmuştur (İbn Hacer el-Askalânî, 1969, c. 2, s. 38). İbn Hacer'in zikrettiği Kahire'deki son yangın H. 816 yılı Rebîülevvel ayının altısında kalede meydana gelen ve üç gün süren yangındır olmuştur (İbn Hacer el-Askalânî, 1969, c. 3, s. 8).

Depremler

İbn Hacer İnbâʾü'l-Gumr adlı eserinde H. 825 yılı Recep ayının sekizinci gününde Kahire'de hafif bir deprem olduğundan bahsetmiştir (İbn Hacer el-Askalânî, 1969, c. 3, s. 273). Yine H. 828 yılı şaban ayının yirmi yedisinde Kahire'de yaklaşık iki derece büyüklüğünde bir deprem meydana gelmiştir. Bu meydana gelen depremi de korkunç bir olay olarak tasvir etmesiyle beraber yerleşim yerlerinde pek az meskenin yıkıma uğradığını aktarmıştır. Ve bu depremi aktardıktan sonra da Allah Teâlâ'dan affı ve afiyeti isteriz diye dua cümlesi getirerek bu olayın önemini belirtmiştir (İbn Hacer el-Askalânî, 1969, c. 3, s. 348). İbn Hacer'in depremin şiddetini 'iki derece' olarak kaydetmesi, her ne kadar günümüz modern ölçüm sistemleriyle doğrudan bir kıyas imkânı sunmasa da müellifin bu hadiseyi dehşet verici bir olay olarak tasvir etmesi sarsıntının o günün şartlarında oldukça yıkıcı bir etki yarattığına işaret etmektedir.

Ay Tutulması

İbn Hacer el-Askalani'nin inba el-ğumr adlı eserinde belirttiği üzere, H 798 yılı Ramazan ayında yatsı namazından sonra Kahire şehrinde ay tutulması meydana gelmiştir. Bu ay tutulması sebebiyle gökyüzü tamamen kararmış ve tam bir ay tutulması gerçekleşmiştir (İbn Hacer el-Askalânî, 1969, c. 1, s. 512).

SONUÇ

Bu çalışma İbn Hacer el-Askalani'nin inbâ el-ğumr adlı eseri esas alınarak XIV. ve XV. yüzyıl Memlük Kahiresi'nin ilmî ve sosyal dokusu incelenmiştir. Müellifin yaşadığı dönemde edindiği gözlem ve tecrübelerini eserinde aktarması, eseri yalnızca bir tarih kitabı olmaktan çıkarmış ve dönemin Memlük Kahire'si başta olmak üzere dönemin şehir hayatını bütün yönleriyle günümüze yansıtan önemli bir kaynak özelliği taşımaktadır.

Araştırmanın sonucunda dönemin Memlük Kahire'sinin yalnızca siyasî bir başkent olmayıp, aynı zamanda dönemin coğrafyasında önde gelen ilmî ve kültürel bir merkez olduğu anlaşılmıştır. Başta Sultanlar, emîrler ve devlet erkânından zevatlar tarafından inşa ettirilip dört mezhep ulemasının eğitimine sunulan medreseler sayesinde hem şehirde güçlü bir eğitim sistemi oluşturulmuş hem de farklı ilim geleneklerinin buluştuğu bir merkez hüviyeti de kazanmıştır.

Yine İbn Hacer el-Askalani'nin inbâ el-ğumr adlı eserinden anlaşıldığı üzere sadece şehrin parlak yönlerini değil aynı zamanda da yaşanan felaketleri de gözler önüne sermektedir. Yabancılar ile ilgili uygulamalar, bazı asayiş problemleri, sel, yangın gibi felaketleri de zikretmesi dönemin Memlük idaresinin aldığı tedbirlerle ilgili fikir vermekte ve dönemin Kahire'sinin bu felaketlerde nasıl etkilendiğini ve dönemin halkının nasıl reaksiyon gösterdiğini anlamaya imkân vermektedir.

KAYNAKÇA

Ayaz, F. Y. (2020). *Memlükler*. İSAM Yayınları.

Buharalı, E. (1995). Mısır Türk Sultanlığı'nda sünnet düğünü törenleri. *AHBV Edebiyat Fakültesi Dergisi, (3)*, 64–65.

Bozkurt, N. (1992). Bayram. İçinde *Türkiye Diyanet Vakfı İslâm Ansiklopedisi* (C. 5, s. 257–263). TDV Yayınları.

Eser, M. E. (2024). *Memlükler döneminde Müslim-gayrimüslim ilişkileri* (Doktora tezi, Fırat Üniversitesi). Fırat Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü.

İbn Hacer el-Askalânî. (1969). *İnbâ'ü'l-ġumr bi-ebnâ'i'l-ʿumr* (Hasan Habeşî, Thk.). el-Meclisü'l-Aʿlâ li'ş-Şuûni'l-İslâmiyye.

Makrîzî. (1998). *el-Mevâʿiz ve'l-iʿtibâr bi-zikri'l-hıṭaṭ ve'l-âṯâr (el-Hıṭaṭü'l-Maḳrîziyye)* (Halîl Mansûr, Thk.). Dârü'l-Kütübi'l-İlmiyye.

Özel, A. (2004). Mevlid. İçinde *Türkiye Diyanet Vakfı İslâm Ansiklopedisi* (C. 29, s. 475–477). TDV Yayınları.

Seyyid, E. F. (2001). Kahire. İçinde *Türkiye Diyanet Vakfı İslâm Ansiklopedisi* (C. 24, s. 172–177). TDV Yayınları.

Yâkût el-Hamevî. (1995). *Muʿcemü'l-büldân* (2. bs.). Dâr Sâdır.

Yiğit, İ. (2015). *Memlûkler*. Kayıhan Yayınları.

TÜRKİYE YÜZYILI MAARİF MODELİ OKUL ÖNCESİ EĞİTİM PROGRAMI'NDA FARKLILAŞTIRMA, DEĞERLENDİRME VE AİLE/TOPLUM KATILIMI BİLEŞENLERİNİN İNCELENMESİ

AN EXAMINATION OF DIFFERENTIATION, ASSESSMENT, AND FAMILY/COMMUNITY INVOLVEMENT COMPONENTS IN THE TÜRKİYE CENTURY EDUCATION MODEL RESCHOOL EDUCATION CURRICULUM

Filiz YEĞENOĞLU
Master's Student, Kastamonu University, Institute of Graduate Studies, Kastamonu, Türkiye.
ORCID: ID/0009-0003-7820-4003

Ayşegül SEL
Master's Student, Kastamonu University, Institute of Graduate Studies, Kastamonu, Türkiye.
ORCID: ID/0009-0004-5117-223X

Assoc. Prof. Dr. Adem YILMAZ
Kastamonu University, Faculty of Education, Kastamonu, Türkiye.
ORCID: ID/0000-0002-1424-8934

Abstract
The purpose of this study is to examine the differentiation, assessment, and family/community involvement components of the Türkiye Century Education Model Preschool Education Curriculum in terms of curriculum coherence. The study was designed as a qualitative document analysis aimed at understanding the practice-oriented structure of the preschool education curriculum. No data were collected from students, teachers, administrators, or parents; the sole data source was the 2024 Preschool Education Curriculum. The data were examined within the framework of support, enrichment, evidence of learning, child-oriented assessment, curriculum-oriented assessment, teacher-oriented assessment, family/community involvement, and teacher reflection. Descriptive analysis was used in the analysis process, and the relevant sections of the curriculum were analyzed in terms of purpose, content, implementation, and assessment dimensions. The findings indicate that differentiation in the curriculum is not addressed merely as a compensatory arrangement for children who need additional support in the learning process; rather, it is structured as a flexible and inclusive component that strengthens the participation of all children with diverse developmental profiles. The assessment component was found to be based on a process-oriented approach that aims to monitor children's skill acquisition, review the functionality of the curriculum, and support teachers' professional development, rather than relying on an outcome-oriented measurement logic. The family/community involvement component is structured as a complementary element that extends preschool education beyond institutional learning and integrates it with the child's immediate environment. In conclusion, the curriculum treats differentiation, assessment, and family/community involvement not as separate technical arrangements but as core components of a holistic and inclusive understanding of preschool education.
Keywords: Differentiation, assessment, family involvement, preschool education curriculum, Türkiye Century Education Model.

Özet
Bu araştırmanın amacı, Türkiye Yüzyılı Maarif Modeli Okul Öncesi Eğitim Programı'nda yer alan farklılaştırma, değerlendirme ve aile/toplum katılımı bileşenlerini program bütünlüğü açısından incelemektir. Araştırma, okul öncesi eğitim programının uygulamaya dönük yapısını anlamaya yönelik nitel bir doküman analizi çalışmasıdır. Araştırmada herhangi bir öğrenci, öğretmen, yönetici veya veli grubundan veri toplanmamış; veri kaynağı olarak yalnızca 2024 Okul Öncesi Eğitim Programı kullanılmıştır. Veriler; destekleme, zenginleştirme, öğrenme kanıtları, çocuk yönünden değerlendirme, program yönünden değerlendirme, öğretmen yönünden değerlendirme, aile/toplum katılımı ve öğretmen yansıtması başlıkları çerçevesinde incelenmiştir. Analiz sürecinde betimsel analiz yaklaşımı benimsenmiş ve programın ilgili bölümleri amaç, içerik, uygulama ve değerlendirme boyutları bakımından çözümlenmiştir.

Bulgular, programda farklılaştırmanın yalnızca öğrenme sürecinde daha fazla desteğe ihtiyaç duyan çocuklara yönelik telafi edici bir düzenleme olarak değil, farklı gelişim profillerine sahip tüm çocukların öğrenme sürecine katılımını güçlendiren esnek ve kapsayıcı bir yapı olarak ele alındığını göstermektedir. Değerlendirme bileşeninin ise sonuç odaklı bir ölçme anlayışından çok, çocuğun beceri edinimini izlemeye, programın işlevselliğini gözden geçirmeye ve öğretmenin mesleki gelişimini desteklemeye yönelik süreç temelli bir anlayışa dayandığı görülmüştür. Aile/toplum katılımı bileşeni, okul öncesi eğitimi yalnızca kurum içi bir öğrenme süreci olmaktan çıkararak çocuğun yakın çevresiyle bütünleştiren tamamlayıcı bir unsur olarak yapılandırılmıştır. Sonuç olarak programın, farklılaştırma, değerlendirme ve aile/toplum katılımını birbirinden bağımsız teknik düzenlemeler olarak değil, bütüncül ve kapsayıcı okul öncesi eğitim anlayışının temel bileşenleri olarak ele aldığı belirlenmiştir.
Anahtar kelimeler: Farklılaştırma, değerlendirme, aile katılımı, okul öncesi eğitim programı, Maarif Modeli.

INTRODUCTION

Preschool education is a foundational educational stage in which children's developmental potential is supported from the earliest years, and learning processes are structured through play, interaction, exploration, observation, and experience. During this period, children's cognitive, linguistic, social-emotional, physical, and self-care skills should not be addressed as isolated developmental domains but as interrelated components of holistic development. However, supporting holistic development in preschool education requires more than simply including different developmental domains in the curriculum. A curriculum should also consider individual differences among children, evaluate learning continuously and multidimensionally, position teachers as reflective practitioners, and integrate family and community contexts as complementary elements of the educational process.

Within this framework, differentiation, assessment, and family/community involvement can be considered three critical components that determine the implementation quality of preschool education curricula. Differentiation refers to the flexible organization of instruction according to children's readiness levels, interests, learning pace, strengths, and support needs. According to Tomlinson, differentiated instruction requires teachers to adjust content, process, product, and the learning environment in response to learners' varying readiness levels, interests, and learning profiles (Tomlinson, 2014). This approach is particularly important in preschool education because children in the same age group may differ considerably in developmental pace, language experience, sociocultural background, motor skills, attention span, social interaction patterns, and emotional regulation.

Assessment in preschool education should not be conceptualized merely as a measurement procedure aimed at identifying products obtained at the end of learning. In early childhood, assessment functions as a means of understanding the child, monitoring development, organizing learning processes, and supporting teachers' pedagogical decisions. Black and Wiliam's seminal work on formative assessment demonstrates that feedback and continuous assessment practices used during learning can have a strong positive effect on learning when they inform instructional decisions (Black & Wiliam, 1998). In the early childhood context, Dunphy (2010) also emphasizes that formative assessment should be considered in relation to children's developmental characteristics, learning contexts, and pedagogical arrangements. Therefore, preschool assessment should be associated with process-oriented tools such as observation, anecdotal records, children's products, developmental portfolios, evidence of learning, and teacher reflection.

Family/community involvement is another key component indicating that preschool education is not a process confined to the school or classroom. In early childhood, children's development is shaped by interactions among family, school, peer groups, immediate environment, cultural practices, and community resources. Bronfenbrenner's bioecological model explains child development not only through individual characteristics but also through multilayered environmental relations extending from the microsystem to the macrosystem (Bronfenbrenner & Morris, 2006). In this respect, the inclusion of family and community involvement in preschool curricula enables children's learning experiences to be supported in continuity with home and immediate environmental contexts. Epstein's model of school, family, and community partnerships also conceptualizes family and community involvement as part of planned, reciprocal, and shared responsibility relationships between schools and their external environments (Epstein, 2018).

The Türkiye Century Education Model Preschool Education Curriculum was designed with a skill-based and holistic curriculum approach. However, the focus of the present paper is not the general skill architecture of the curriculum, but rather how this architecture operates at the level of implementation. The abstract of the study also states that the research focuses on differentiation, assessment, and family/community involvement components in terms of curriculum coherence, and that the data were examined within the framework of support, enrichment, evidence of learning, child-oriented assessment, curriculum-oriented assessment, teacher-oriented assessment, family/community involvement, and teacher reflection. Thus, the present study focuses not primarily on what types of skills the curriculum includes, but on how these skills are adapted to different child profiles, how they are monitored, and how they are integrated with out-of-school contexts.

Accordingly, the purpose of this study is to analyze the differentiation, assessment, and family/community involvement components of the Türkiye Century Education Model Preschool Education Curriculum in terms of curriculum coherence. The study addresses the following research questions: Through which principles and subcomponents is differentiation structured in the curriculum? How is assessment addressed from the perspectives of the child, curriculum, and teacher? How is family/community involvement integrated into the planning and implementation processes of preschool education? How do these three components support the inclusive, reflective, and context-sensitive structure of the curriculum?

METHOD

This study was conducted as a qualitative document analysis. Document analysis is a qualitative research method based on the systematic examination, classification, and interpretation of written, visual, or digital documents related to a research problem. According to Bowen (2009), document analysis is not limited to reporting information contained in documents; it also involves analyzing documents in terms of purpose, content, context, and conceptual orientation. Therefore, it provides an appropriate methodological framework for examining curricula, policy documents, and official educational texts.

The primary data source of the study was the 2024 Türkiye Century Education Model Preschool Education Curriculum published by the Ministry of National Education. The previous Preschool Education Curriculum was also considered as a supporting document in order to interpret historical continuity in preschool curricula and changes in assessment approaches. No data were collected from students, teachers, administrators, or parents. Therefore, this study is not a field study involving human participants but a document analysis based on the structural and conceptual examination of curriculum documents.

Descriptive analysis was used in the data analysis process. The analytical framework consisted of three main themes and related subthemes. The first theme, differentiation, was examined through support and enrichment. The second theme, assessment, was analyzed in relation to evidence of learning, child-oriented assessment, curriculum-oriented assessment, teacher-oriented assessment, and teacher reflection. The third theme, family/community involvement, was examined through family involvement, community involvement, out-of-school learning, home-school continuity, and collaboration with local stakeholders.

During the analysis, relevant sections of the curriculum were read in terms of purpose, content, implementation, and assessment dimensions. Instead of using long direct quotations, the findings derived from the curriculum document were reconstructed in original academic language. This decision was made both to avoid plagiarism and to ensure that the study would function not merely as a descriptive summary but as an interpretive document analysis. The curriculum's definition of the monthly education plan as a holistic planning tool that includes learning outcomes, concepts, evidence of learning, learning-teaching experiences, differentiation, and family/community involvement was one of the key bases for the analytical framework.

FINDINGS

The findings indicate that differentiation, assessment, and family/community involvement in the Türkiye Century Education Model Preschool Education Curriculum are not structured as independent technical practices, but as integrated components that constitute the curriculum's implementation architecture.

These three components determine how the skill-based structure of the curriculum is adapted to different child profiles in the classroom, how the learning process is monitored through evidence, and how preschool education is connected with home, family, and community contexts.

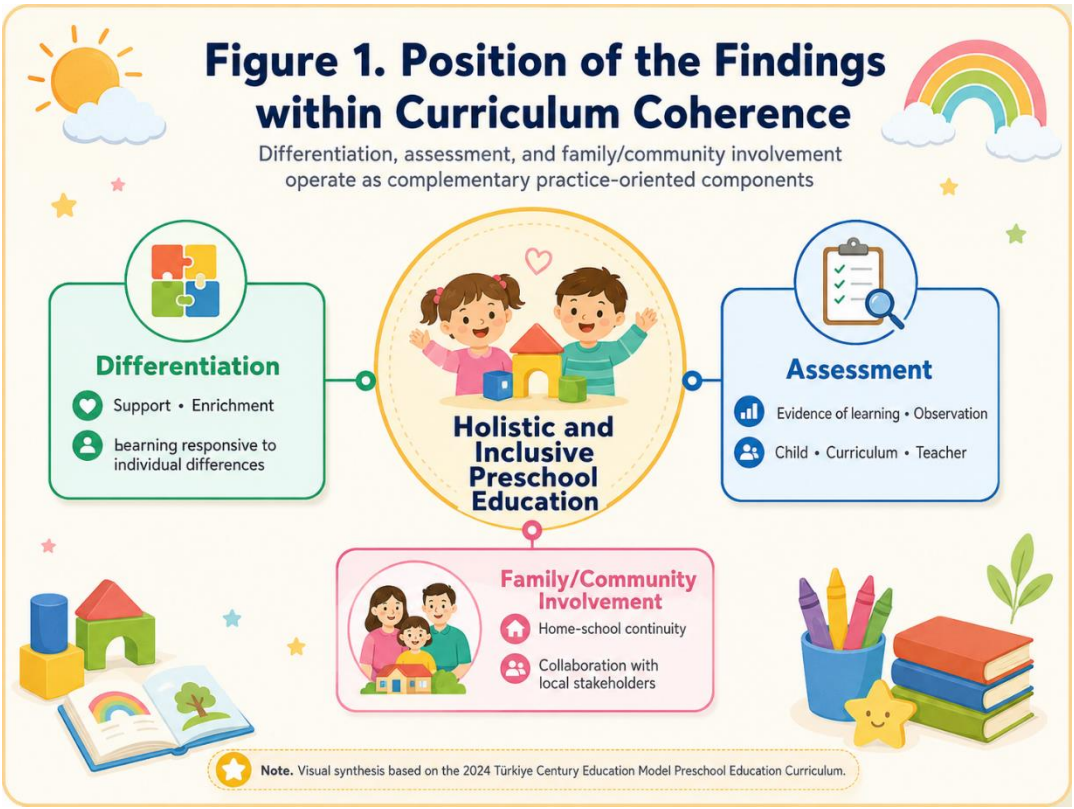


Figure 1. Position of the Findings within Curriculum Coherence

The first finding is that differentiation is positioned as a core component of inclusive pedagogy. The curriculum emphasizes that preschool education processes should be appropriate to children's needs and individual differences, and that educational processes should be differentiated according to children's developmental characteristics and skill levels in line with inclusive education principles. This approach moves differentiation beyond a limited intervention aimed only at children with special needs or those who fall behind in the learning process. Instead, it turns differentiation into an inclusive curriculum principle that enables all children to participate meaningfully in learning.

Differentiation in the curriculum is structured through two subcomponents: enrichment and support. Enrichment aims to provide expanded and in-depth learning opportunities for children who are more advanced than their peers or who demonstrate potential for deeper engagement in particular domains. Support refers to flexible arrangements for children who need more time, repetition, material adaptation, environmental regulation, or teacher guidance during the learning process. The inclusion of enrichment and support together with learning-teaching experiences in the structural scheme of the curriculum indicates that differentiation is not an additional intervention after the activity but an integral part of the planning process.

The sample daily plans in the curriculum provide concrete examples of how differentiation can be translated into classroom practice. In terms of enrichment, the curriculum recommends designing different activities by considering children's individual learning styles, pace, and abilities, and creating opportunities for children to discover and develop their unique talents. In terms of support, examples include changing the seating arrangement, using symbols, adding tactile features to materials, using contrasting backgrounds, offering different types of paint or scissors of different sizes, simplifying or diversifying learning content, and providing hints and feedback. This finding shows that the curriculum treats differentiation not merely as a theoretical principle but also as a set of concrete pedagogical arrangements that teachers can use in the classroom.

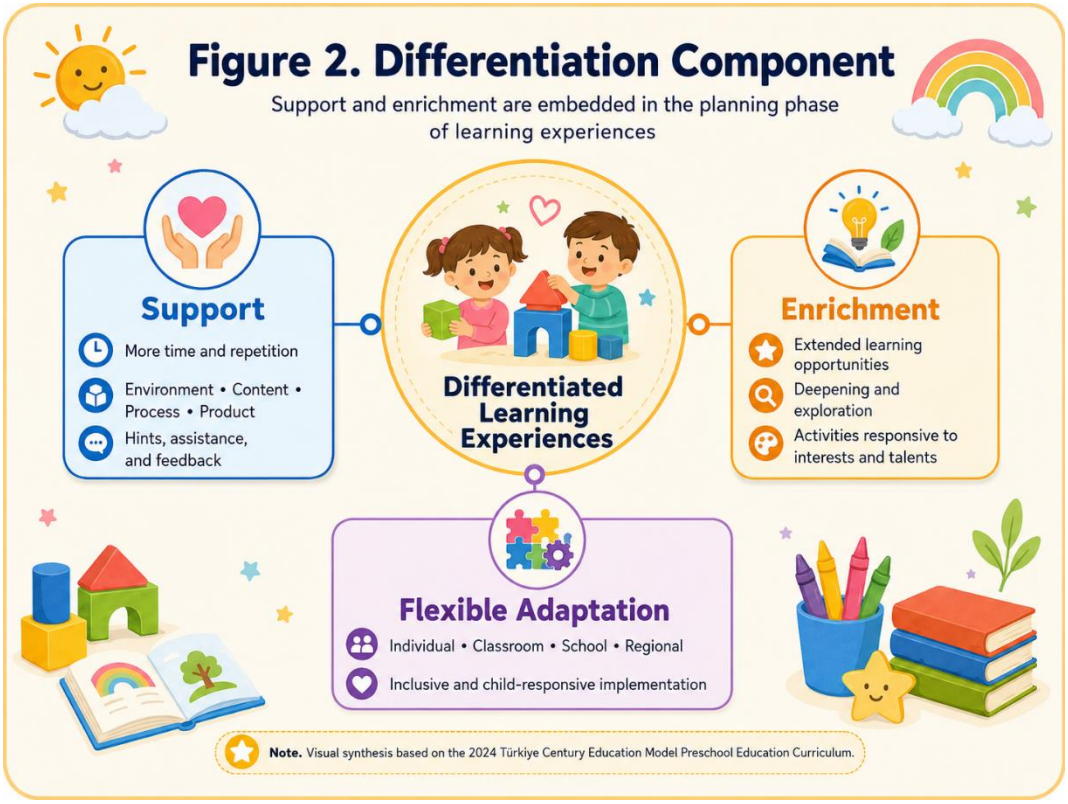


Figure 2. Differentiation Component

This finding is consistent with Tomlinson's differentiated instruction approach. According to Tomlinson (2014), differentiation requires teachers to adjust content, process, product, and the learning environment in response to learners' differences in readiness, interest, and learning profile. Similarly, the support and enrichment dimensions in the curriculum aim not only to modify content but also to make the learning environment, materials, process, children's response modes, and evidence of learning more flexible. In this respect, the curriculum's understanding of differentiation conceptualizes equity in preschool education not as offering the same practice to everyone but as creating learning opportunities appropriate to each child's developmental and contextual needs.

The second finding is that assessment is addressed as a process-oriented, developmental, and multidimensional structure rather than an outcome-oriented measurement approach. In the curriculum, assessment is used to monitor children's skill acquisition processes, review the functionality of the curriculum, and support teachers' professional development. The abstract of the study also states that the assessment component is based on a process-oriented understanding that aims to monitor children's skill acquisition, review the curriculum, and support teachers' professional development rather than relying on an outcome-oriented measurement logic. This approach transforms assessment from a one-time control procedure conducted at the end of instruction into a cyclical evidence-generation mechanism that informs teaching.

Evidence of learning is at the center of the assessment component. Evidence of learning can be understood as the data used to observe, document, and interpret children's performances in relation to learning outcomes. The curriculum includes question-answer processes, products, and appropriate assessment practices for evaluating learning outcomes, while tools such as the Skill Observation Form, Anecdotal Record Form, and Skill Acquisition Report support the documentation of the assessment process. This structure shows that preschool assessment is not limited to standardized tests or one-time performance measurement; rather, it aims to make children's developmental progress visible throughout the process.

The previous Preschool Education Curriculum also emphasized the use of multiple assessment tools such as developmental and learning portfolios, child and family information forms, developmental and learning monitoring forms, anecdotal records, checklists, rating examples, photographs, and children's products. This continuity suggests that tools such as the Skill Observation Form, Anecdotal Record Form, and Skill Acquisition Report in the 2024 curriculum reorganize the previous developmental monitoring approach within a skill-based framework. Thus, assessment focuses not only on what the child can do but also on under what conditions, with which supports, and within which learning experiences the child demonstrates progress.

This finding is also consistent with the formative assessment literature. Black and Wiliam (1998) argue that formative assessment practices have a strong impact on learning when assessment results provide feedback to the learning process and guide instructional decisions. Dunphy (2010) emphasizes that formative assessment in early childhood education should be considered together with children's developmental characteristics, learning contexts, and pedagogical arrangements. In this respect, the assessment approach in the Türkiye Century Education Model Preschool Education Curriculum functions beyond measuring children; it supports understanding the child, reorganizing the learning process, and strengthening teachers' decisions.

The third finding is that teacher reflection has an important function within the assessment component of the curriculum. The curriculum positions teachers not only as implementers who monitor children's skill acquisition but also as reflective professionals who evaluate their instructional decisions, planning preferences, and implementation outcomes. The fact that the daily plan is prepared by the teacher based on the monthly plan, and that teachers are expected to make decisions about learning outcomes, sub-learning outcomes, differentiation adaptations, assessment tools, and family/community involvement by considering children's developmental characteristics, strengthens the teacher's role as a pedagogical decision-maker.

This indicates that the curriculum does not treat teachers as mechanical implementers; rather, it positions them as reflective actors who redesign the instructional process by considering classroom context, children's needs, and evidence of learning. Rinaldi's understanding of pedagogical documentation in the Reggio Emilia approach similarly requires teachers to make children's learning processes visible through observation, listening, documentation, and interpretation, and to rethink their own pedagogical decisions (Rinaldi, 2006). Therefore, teacher reflection in the curriculum can be considered an important component that strengthens the relationship between assessment and professional learning in early childhood education.

The fourth finding is that family/community involvement is treated as a complementary structure that extends preschool education beyond institutional boundaries. The curriculum states that learning outcomes, concepts, evidence of learning, learning-teaching experiences, differentiation, and family/community involvement should be considered together when preparing monthly plans. This indicates that family/community involvement is not an independent practice composed only of periodic parent activities; rather, it is a structural element that should be considered together with learning outcomes and learning experiences at the planning stage.

The curriculum states that family involvement activities may be planned through special days and weeks, family preference forms, booklets, newsletters, meetings, field trips, and home visits. It also indicates that family/community involvement practices should be determined and included in daily plans. This finding shows that the curriculum structures family/community involvement not merely at the level of communication or information sharing, but as a planned pedagogical component that supports the continuity of learning.

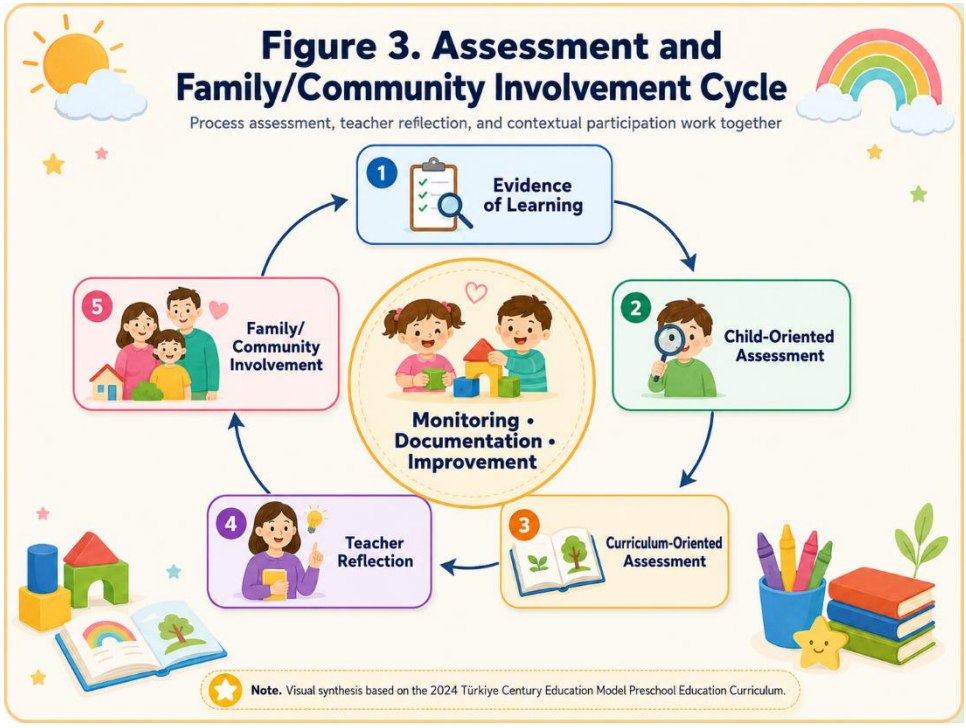


Figure 3. Assessment and Family/Community Involvement Cycle

Family/community involvement is important for understanding children's development within an ecological whole. According to Bronfenbrenner and Morris's bioecological model, child development should be explained not only through individual characteristics but also through sustained interactions among family, school, peer group, community, and cultural systems (Bronfenbrenner & Morris, 2006). In this framework, the inclusion of family and community involvement in the planning process of the Türkiye Century Education Model Preschool Education Curriculum supports an ecological approach that connects preschool education with the child's lifeworld. Epstein's school, family, and community partnership model also demonstrates that family and community involvement is not a supplementary school activity but a fundamental dimension of shared responsibility supporting student development (Epstein, 2018).

Overall, the findings indicate that differentiation, assessment, and family/community involvement function as three mutually reinforcing components in the curriculum. Differentiation enables the design of learning experiences appropriate to children's individual needs; assessment monitors the contribution of these learning experiences to children's skill acquisition; and family/community involvement allows learning to be sustained in out-of-school contexts. Addressing these three components together shows that the curriculum is not only skill-based but also inclusive, reflective, and context-sensitive.

DISCUSSION

The findings show that differentiation, assessment, and family/community involvement have a central function within the coherence of the Türkiye Century Education Model Preschool Education Curriculum. While the first paper emphasized the general skill-based architecture of the curriculum, the present study discusses how this architecture is transformed into practice. In this respect, the second paper focuses not on "which skills the curriculum includes" but on "how these skills are adapted to different children, how they are monitored, and how they are connected with out-of-school life contexts."

The inclusion of differentiation through the dimensions of support and enrichment indicates that inclusive pedagogy in preschool education is not limited to adaptations for children with special needs. This approach aims to provide learning opportunities appropriate to each child's developmental characteristics, readiness level, interests, and learning pace. Tomlinson's differentiated instruction approach similarly emphasizes that teachers should adjust content, process, product, and the learning environment in response to learner differences (Tomlinson, 2014).

In this context, the differentiation component of the curriculum moves the principle of equity in preschool education from "offering the same learning experience to everyone" toward "creating appropriate learning experiences for each child."

Regarding assessment, one of the strengths of the curriculum is that it conceptualizes assessment as a multidimensional structure from the perspectives of the child, curriculum, and teacher. This approach transforms assessment from a procedure that merely identifies children's performance into a mechanism that reviews the quality of the learning process, the functionality of the curriculum, and teachers' pedagogical decisions. Black and Wiliam's formative assessment approach shows that assessment improves instructional quality when assessment results provide feedback to the learning process (Black & Wiliam, 1998). In this respect, evidence of learning, skill observation forms, and anecdotal records in the curriculum enable teachers to evaluate children's development not only through outcomes but also through progress and needs emerging throughout the process.

The family/community involvement component strengthens the ecological dimension of the curriculum by linking preschool education with the child's immediate environment. Children's learning experiences do not occur only at school; family interactions, home play and language environments, cultural practices, peer relations, and local community resources directly influence development. Bronfenbrenner and Morris's bioecological approach explains child development through the interaction of different environmental systems (Bronfenbrenner & Morris, 2006). Therefore, the inclusion of family/community involvement in monthly and daily planning is important because it positions preschool education within the child's life context.

The integrated treatment of these three components strengthens the implementation quality of the curriculum. However, this structure requires teachers to have a high level of curriculum literacy, observation skills, data-based decision-making competence, the ability to design differentiated activities, effective communication with families, and reflective practice habits. Therefore, effective implementation of the curriculum depends not only on introducing the curriculum to teachers but also on providing practice-oriented professional development. Teachers should particularly be supported in designing support and enrichment practices, collecting and interpreting evidence of learning, using anecdotal records, and planning family/community involvement in different sociocultural contexts.

CONCLUSION and RECOMMENDATIONS

This study examined the differentiation, assessment, and family/community involvement components of the Türkiye Century Education Model Preschool Education Curriculum in terms of curriculum coherence. The findings indicate that the curriculum treats these three components not as independent technical arrangements but as core elements of a holistic, inclusive, and reflective preschool education approach.

Differentiation is positioned as a flexible structure that enables learning experiences to be designed according to children's individual developmental characteristics, learning pace, interests, and needs. The dimensions of support and enrichment show that the curriculum aims to respond not only to children with learning difficulties but also to the diverse developmental profiles of all children. Assessment is designed as a process-oriented structure that monitors children's skill acquisition, reviews curriculum functionality, and supports teachers' professional development. Family/community involvement is addressed as a complementary component that connects preschool education with home, immediate environment, and community resources.

Based on the findings, several recommendations can be made. First, teachers should be provided with practice-based in-service training on differentiated instruction, support, and enrichment practices. Second, sample practices and guiding materials should be prepared for the classroom use of assessment tools such as the Skill Observation Form, Anecdotal Record Form, and Skill Acquisition Report. Third, professional development activities based on reflective practice should be planned so that teachers can effectively conduct curriculum-oriented assessment and teacher reflection. Fourth, activity pools should be developed to show how family/community involvement can be implemented in different socioeconomic and cultural contexts. Finally, since this study is based solely on document analysis, future studies should examine the practical reflections of the curriculum through teacher views, classroom observations, family involvement practices, and field data on children's skill development.

REFERENCES

Black, P., & Wiliam, D. (1998). Assessment and classroom learning. *Assessment in Education: Principles, Policy & Practice*, *5*(1), 7–74. https://doi.org/10.1080/0969595980050102

Bowen, G. A. (2009). Document analysis as a qualitative research method. *Qualitative Research Journal*, *9*(2), 27–40. https://doi.org/10.3316/QRJ0902027

Bronfenbrenner, U., & Morris, P. A. (2006). The bioecological model of human development. In W. Damon & R. M. Lerner (Eds.), *Handbook of child psychology: Theoretical models of human development* (6th ed., pp. 793–828). Wiley.

Dunphy, E. (2010). Assessing early learning through formative assessment: Key issues and considerations. *Irish Educational Studies*, *29*(1), 41–56. https://doi.org/10.1080/03323310903522685

Epstein, J. L. (2018). *School, family, and community partnerships: Preparing educators and improving schools* (2nd ed.). Routledge. https://doi.org/10.4324/9780429494673

Ministry of National Education. (2024a). *Preschool education curriculum: Türkiye Century Education Model*. Ministry of National Education.

Ministry of National Education. (2024b). *Preschool education curriculum. Ministry of National Education*, General Directorate of Basic Education.

Rinaldi, C. (2006). *In dialogue with Reggio Emilia: Listening, researching and learning*. Routledge.

Tomlinson, C. A. (2014). *The differentiated classroom: Responding to the needs of all learners* (2nd ed.). ASCD.

TÜRKİYE YÜZYILI MAARİF MODELİ OKUL ÖNCESİ EĞİTİM PROGRAMI'NIN BECERİ TEMELLİ YAPISININ PROGRAM BİLEŞENLERİ AÇISINDAN İNCELENMESİ

AN EXAMINATION OF THE SKILL-BASED STRUCTURE OF THE TÜRKİYE CENTURY EDUCATION MODEL PRESCHOOL EDUCATION CURRICULUM IN TERMS OF CURRICULUM COMPONENTS

Filiz YEĞENOĞLU
Master's Student, Kastamonu University, Institute of Graduate Studies, Kastamonu, Türkiye.
ORCID: ID/0009-0003-7820-4003

Assoc. Prof. Dr. Adem YILMAZ
Kastamonu University, Faculty of Education, Kastamonu, Türkiye.
ORCID: ID/0000-0002-1424-8934

Abstract
The purpose of this study is to examine the skill-based structure of the Preschool Education Curriculum developed within the scope of the Türkiye Century Education Model in terms of its curriculum components. The study did not collect data from students, teachers, or parents; rather, it was designed solely as a structural and conceptual analysis of the curriculum document. A qualitative research approach was adopted, and document analysis was used as the research method. The data source of the study was the Preschool Education Curriculum published in 2024. The data were analyzed by considering the curriculum components, including domain-specific skills, conceptual skills, social-emotional learning skills, literacy skills, dispositions, values, learning outcomes, sub-learning outcomes, evidence of learning, differentiation, and family/community involvement. Descriptive analysis was employed in the analysis process, and the main components of the curriculum were treated as a predetermined thematic framework. The findings indicate that the curriculum does not present a merely linear structure based on domain-specific skills; instead, it adopts a multilayered curriculum approach that integrates skill acquisition with conceptual skills, dispositions, values, and literacy skills. It was observed that the skills related to Turkish language, mathematics, science, social studies, movement and health, art, and music were structured in accordance with children's developmental characteristics. In addition, learning outcomes and sub-learning outcomes were found to play a functional role in making skills observable and assessable. In conclusion, the curriculum positions preschool education not only as a preparation process for primary school but also as the initial stage of holistic skill development in early childhood.
Keywords: Preschool education curriculum, Türkiye Century Education Model, skill-based curriculum, curriculum components, document analysis.

Özet
Bu araştırmanın amacı, Türkiye Yüzyılı Maarif Modeli kapsamında hazırlanan Okul Öncesi Eğitim Programı'nın beceri temelli yapısını program bileşenleri açısından incelemektir. Araştırmada öğrenci, öğretmen veya veli görüşüne başvurulmamış; çalışma yalnızca program dokümanının yapısal ve kavramsal çözümlemesine dayalı olarak tasarlanmıştır. Nitel araştırma yaklaşımı benimsenmiş ve doküman incelemesi yöntemi kullanılmıştır. Araştırmanın veri kaynağını 2024 yılında yayımlanan Okul Öncesi Eğitim Programı oluşturmaktadır. Veriler; alan becerileri, kavramsal beceriler, sosyal-duygusal öğrenme becerileri, okuryazarlık becerileri, eğilimler, değerler, öğrenme çıktıları, alt öğrenme çıktıları, öğrenme kanıtları, farklılaştırma ve aile/toplum katılımı bileşenleri dikkate alınarak analiz edilmiştir. Analiz sürecinde betimsel analiz tekniği kullanılmış; programın ana bileşenleri önceden belirlenen tematik çerçeve olarak ele alınmıştır. Bulgular, programın yalnızca alan becerilerine dayalı doğrusal bir yapı sunmadığını; beceri edinimini kavramsal beceriler, eğilimler, değerler ve okuryazarlık becerileriyle bütünleştiren çok katmanlı bir program anlayışı benimsediğini göstermektedir. Programda Türkçe, matematik, fen, sosyal, hareket ve sağlık, sanat ve müzik alanlarına ilişkin becerilerin çocukların gelişim özelliklerine uygun biçimde yapılandırıldığı görülmüştür. Ayrıca öğrenme çıktıları ile alt öğrenme çıktılarının, becerilerin gözlenebilir ve değerlendirilebilir hâle getirilmesinde işlevsel bir rol üstlendiği belirlenmiştir.

Sonuç olarak programın, okul öncesi dönemi yalnızca ilkokula hazırlık süreci olarak değil, erken çocuklukta bütüncül beceri gelişiminin başlangıç basamağı olarak konumlandırdığı söylenebilir.
Anahtar kelimeler: Okul öncesi eğitim programı, Türkiye Yüzyılı Maarif Modeli, beceri temelli program, program bileşenleri, doküman analizi.

INTRODUCTION

Preschool education is a critical educational stage in which the foundations of cognitive, linguistic, social-emotional, physical, and moral development are established. High-quality educational experiences in early childhood affect not only children's readiness for primary school but also their lifelong learning dispositions, social adjustment, self-regulation skills, and problem-solving capacity. Therefore, contemporary preschool curricula have increasingly moved away from traditional models centered solely on knowledge transmission and have adopted play-based, inclusive, developmentally appropriate, and skill-oriented structures that support children's multidimensional development. UNESCO emphasizes that early childhood care and education has a broader function than preparation for primary school; it serves as a foundation for emotional well-being, lifelong learning, holistic development, social cohesion, and equality (UNESCO, 2024).

A skill-based curriculum approach conceptualizes learning not merely as the acquisition of knowledge but as a process through which knowledge is understood, used, transferred to new situations, and transformed into action. Within this perspective, learning outcomes focus not only on what children know in a particular content area, but also on how they use what they know through cognitive, social, affective, and action-oriented processes. This is particularly important in preschool education, as young children learn through play, movement, observation, imitation, experience, interaction, and exploration rather than through abstract and didactic explanations. The developmentally appropriate practice framework of NAEYC also emphasizes that children's age, individual characteristics, and sociocultural contexts should be considered, and that learning experiences should be organized through play, exploration, interaction, and meaningful participation (NAEYC, 2020).

In Türkiye, preschool education curricula have been updated at different points in history, and components such as learning outcomes, indicators, activities, learning centers, family involvement, assessment, and developmental monitoring have become increasingly visible in curriculum structures. The 2024 Preschool Education Curriculum developed within the Türkiye Century Education Model differs from previous curricula in that it reconceptualizes preschool education within a skill-based and holistic structure. In the curriculum, the concept of skill is associated with children's use of ways of thinking, methods, tools, and actions related to a learning area; skills are addressed through a multidimensional framework consisting of domain-specific skills, conceptual skills, social-emotional learning skills, and literacy skills (Ministry of National Education [MoNE], 2024a). The original abstract of this study also states that the research is based solely on the structural and conceptual analysis of the curriculum document and that the analytical framework consists of domain-specific skills, conceptual skills, social-emotional learning skills, literacy skills, dispositions, values, learning outcomes, sub-learning outcomes, evidence of learning, differentiation, and family/community involvement.

The Türkiye Century Education Model Preschool Education Curriculum does not reduce skill acquisition to behaviors to be gained in isolated learning areas. In the curriculum, domain-specific skills related to Turkish language, mathematics, science, social studies, movement and health, art, and music are positioned as the main structure; however, these skills are integrated with conceptual skills, social-emotional learning skills, dispositions, values, and literacy skills. This structure points to a holistic curriculum approach that considers children's development not through isolated domains but through inter-domain relationships, skill transfer, value-based action, social-emotional adjustment, and experience-based learning. OECD emphasizes that children's learning, development, and well-being in early childhood education and care are directly influenced by their daily interactions with other children, adults, families, and the environment, which is conceptualized as process quality (OECD, 2021).

In this context, the present study aims to examine the skill-based structure of the 2024 Preschool Education Curriculum in terms of its curriculum components. The main research problem concerns which components constitute the skill-based structure of the curriculum and how these components are interrelated within curriculum integrity.

Accordingly, the study addresses the following questions: How are domain-specific skills structured in the curriculum? How are conceptual skills, social-emotional learning skills, literacy skills, dispositions, and values related to domain-specific skills? How do learning outcomes, sub-learning outcomes, and evidence of learning make skill acquisition observable and assessable? What functions do differentiation and family/community involvement serve within the skill-based structure of the curriculum?

METHOD

This study was conducted using a qualitative research approach. Document analysis was employed as the research method. Document analysis refers to the systematic examination, evaluation, and interpretation of written, visual, or digital documents related to the research topic. According to Bowen (2009), document analysis in qualitative research is not limited to using documents as sources of information; rather, documents are selected, read, coded, associated with themes, and interpreted contextually in line with research questions. In this respect, document analysis is an appropriate method for the structural analysis of policy documents, curricula, institutional reports, and official texts.

The primary data source of the study was the 2024 Türkiye Century Education Model Preschool Education Curriculum published by the Ministry of National Education. In addition, the previous preschool education curriculum document was examined as a supporting document in order to interpret the historical continuity of the curriculum and changes in the assessment approach. The previous curriculum document states that preschool education should support children's cognitive, linguistic, social-emotional, and physical development, be appropriate to individual differences, and create inclusive learning environments (MoNE, 2013/2024b).

Descriptive analysis was used in the data analysis process. In descriptive analysis, data are organized and interpreted under predetermined themes derived from research questions or a conceptual/theoretical framework. In this study, the analytical themes were generated based on the main components of the curriculum. Accordingly, the analytical framework consisted of eleven main components: domain-specific skills, conceptual skills, social-emotional learning skills, literacy skills, dispositions, values, learning outcomes, sub-learning outcomes, evidence of learning, differentiation, and family/community involvement.

No data were collected from students, teachers, parents, or administrators. Therefore, this study is not a field study involving human participants. The findings are based solely on the structural and conceptual analysis of official curriculum documents. In this respect, the study does not aim to evaluate the effectiveness of curriculum implementation or how teachers interpret the curriculum in practice; instead, it seeks to reveal how the skill-based structure prescribed in the curriculum text is constructed in terms of curriculum components.

FINDINGS

The findings indicate that the skill-based structure of the Türkiye Century Education Model Preschool Education Curriculum is based on a multilayered, integrative, and process-oriented curriculum approach. Although domain-specific skills constitute the foundation of the curriculum, these skills are not treated as isolated or independent outcomes. Rather, they are integrated with conceptual skills, social-emotional learning skills, literacy skills, dispositions, values, learning outcomes, and evidence of learning. Thus, skill acquisition is defined as a holistic process with cognitive, affective, social, cultural, and action-oriented dimensions.

The curriculum structures domain-specific skills through seven main learning areas: Turkish language, mathematics, science, social studies, movement and health, art, and music. The table of contents of the curriculum document shows that the Turkish language domain includes listening/viewing, speaking, reading, and early literacy; mathematics includes counting, mathematical reasoning, mathematical problem solving, mathematical representation, and working with data; and science includes scientific observation, classification, prediction, experimentation, scientific inference, model construction, use of evidence, and scientific inquiry. Social studies skills are expanded through components such as perceiving time, chronological thinking, evidence-based inquiry, perceiving change and continuity, social participation, spatial thinking, and geographical inquiry.

Movement and health are represented through psychomotor and healthy living skills; art through understanding art forms, examining artworks, valuing art, and artistic practice; and music through musical listening, singing, playing, movement, and creativity (MoNE, 2024a).

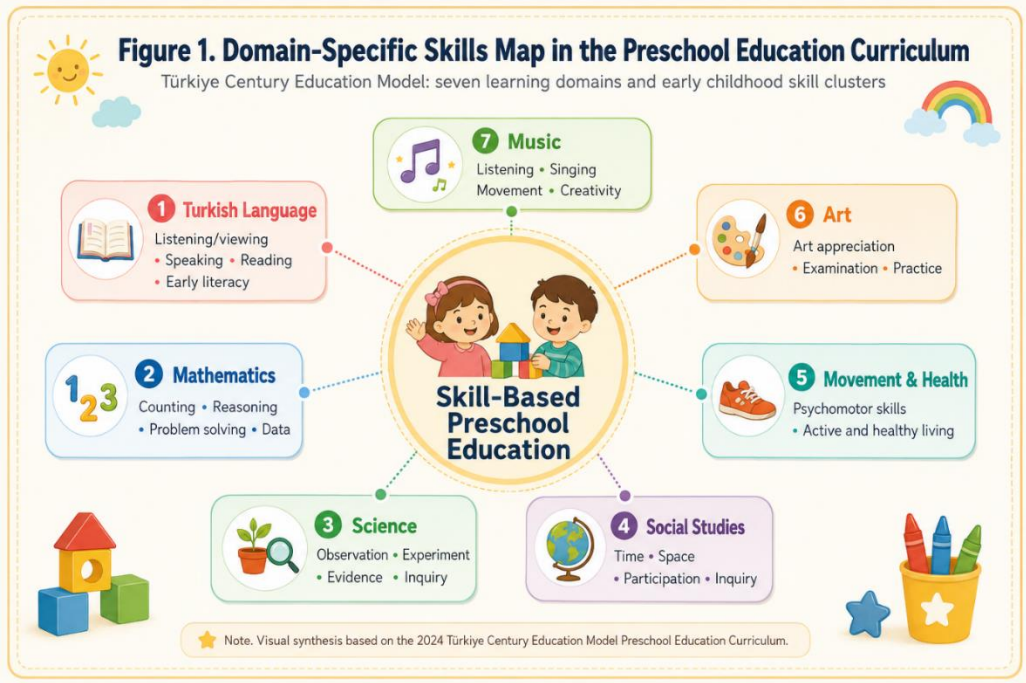


Figure 1. Map of Domain-Specific Skills in the Preschool Education Curriculum

This structure shows that the curriculum considers preschool education not merely as care, play, or preparation for primary school, but as an educational stage in which early skill development is systematically supported across different domains. The distinctive feature of the curriculum is that it does not treat domain-specific skills as disconnected disciplinary areas; rather, it organizes them through horizontal and vertical relationships appropriate to children's developmental characteristics. The definition of the monthly education plan as a plan in which domain-specific skills, conceptual skills, social-emotional learning skills, literacy skills, values, and dispositions are addressed holistically clearly demonstrates the multicomponent structure of the curriculum (MoNE, 2024a).

Conceptual skills appear in the curriculum as fundamental cognitive processes that support domain-specific skills. These skills may be understood as mental activities used by children when transforming a domain-specific skill into action. They range from basic actions such as writing, drawing, finding, and selecting to more integrated skills such as comparing, classifying, reasoning, evaluating, and decision-making. In this respect, conceptual skills enable domain-specific skills not merely to be displayed behaviorally but also to be cognitively structured and transformed into meaningful learning experiences.

Social-emotional learning skills are structured not as an additional independent domain but as a cross-curricular component that connects all learning areas. These skills are functional in enabling children to build positive relationships with themselves and others, recognize and regulate their emotions, develop a healthy self-concept, and display adaptive behaviors in social life. This finding indicates that the curriculum does not separate academic skill development from social-emotional development; rather, it relates skill acquisition in preschool education to the holistic development of the child. OECD's approach to early childhood education and care similarly emphasizes that children's learning and well-being are shaped by daily interactions with adults, peers, families, and the environment (OECD, 2021).

Literacy skills are positioned in the curriculum as a facilitating component in transforming knowledge into action. Literacy is not reduced to early reading and writing preparation; rather, it is considered a mediating structure that enables children to use knowledge, skills, and dispositions meaningfully across different domains. The inclusion of early literacy skills within the Turkish language domain is important for supporting print awareness, phonological awareness, visual reading, narrative construction, and symbolic representation in preschool education.

However, literacy skills are not limited to the Turkish language domain; they also support children's interpretation of symbols, visuals, signs, data, models, and forms of representation in mathematics, science, art, music, and social studies.

Dispositions emerge as a critical component of the curriculum's skill-based structure in terms of children's willingness, orientation, and continuity in using their knowledge and skills. The curriculum states that sub-learning outcomes, values, dispositions, literacy skills, conceptual skills, and social-emotional learning skills should be addressed spirally throughout the academic year according to children's skill development and needs (MoNE, 2024a). In this context, dispositions support not only the acquisition of skills but also children's tendency to use those skills in different situations.

The values dimension of the curriculum is structured through the "Virtue-Value-Action Framework." Values are not treated as a separate field of moral transmission but as a component to be integrated with skill acquisition. This indicates that values should not remain at the level of abstract principles or norms; rather, they should become visible in children's daily experiences, play, social relationships, decisions, and actions. Therefore, values constitute the ethical and social dimension of the skill-based curriculum structure.

Learning outcomes and sub-learning outcomes are key tools that make skills plannable and observable. While preparing monthly plans, teachers are expected to identify domain-specific skills together with learning outcomes and sub-learning outcomes, and then relate this structure to values, dispositions, literacy skills, conceptual skills, and social-emotional learning skills (MoNE, 2024a). This structure shows that learning outcomes in the curriculum are not used as mechanical target statements but as functional planning tools for organizing multicomponent learning experiences.

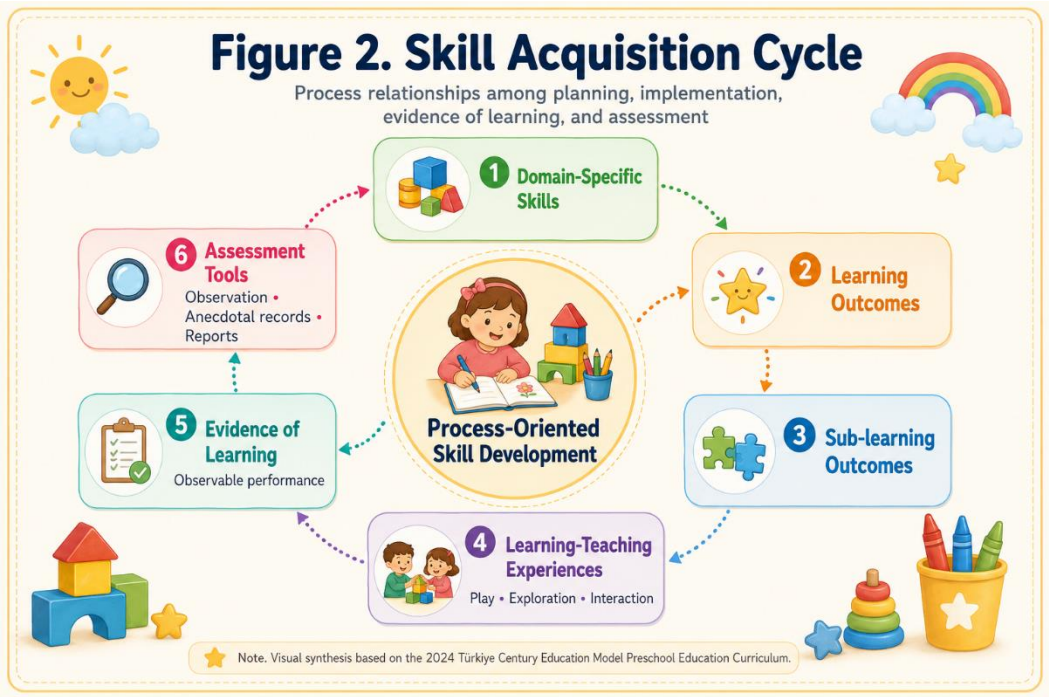


Figure 2. Skill Acquisition Cycle

Evidence of learning and assessment components reveal the process-oriented assessment approach of the curriculum. The curriculum states that learning outcomes should be assessed through the Skill Observation Form and Anecdotal Record Form, and that preparing a Skill Acquisition Report by considering skill observation forms, anecdotal records, and monthly assessment forms would be useful for monitoring children's skill acquisition (MoNE, 2024a). This finding shows that the assessment approach of the curriculum is not limited to outcome-oriented measurement; rather, it is based on monitoring, supporting, and documenting children's skill development throughout the process. The previous preschool education curriculum also emphasized the importance of observation records, data-based monitoring of children's progress, and developmental reports (MoNE, 2013/2024b).

This continuity suggests that tools such as skill observation forms, anecdotal records, and skill acquisition reports in the 2024 curriculum restructure the previous assessment approach within a skill-based framework.

Differentiation is one of the key components linking the skill-based structure of the curriculum with inclusiveness. The curriculum states that teachers should plan different activities within the scope of support and enrichment according to the individual differences of the children in their classrooms (MoNE, 2024a). This indicates that offering the same activities to all children at the same level is not considered sufficient in preschool education; rather, the curriculum requires flexible implementation according to children's individual developmental pace, readiness levels, and learning needs. UNESCO's report on inclusive early childhood care and education also emphasizes that early childhood services should be designed to respond to each child's diversity, developmental trajectory, and needs (UNESCO, 2021).

Family and community involvement is another important component that extends skill acquisition beyond the boundaries of the school. The curriculum states that family/community involvement activities that support and complement the educational process should be identified, and that daily learning experiences should be planned according to children's age group, developmental levels, interests, needs, and interactions (MoNE, 2024a). The previous preschool education curriculum also emphasized the importance of recognizing local community resources and establishing cooperation with local authorities, voluntary organizations, and community stakeholders (MoNE, 2013/2024b). This indicates that skill acquisition is not conceptualized merely as a pedagogical process occurring within classroom activities but as a social process developing through family, school, and community interaction.

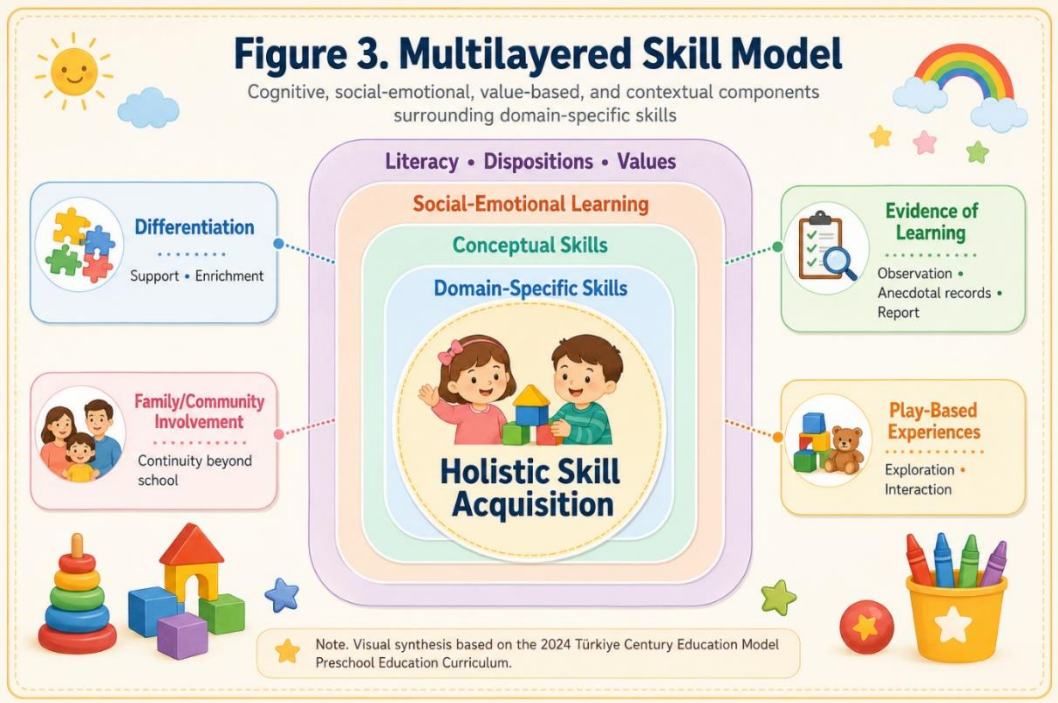


Figure 3. Multilayered Skill Model

Overall, the findings indicate that the skill-based structure of the Türkiye Century Education Model Preschool Education Curriculum has three main characteristics. First, it is multidomain, as it includes a wide range of skills across Turkish language, mathematics, science, social studies, movement and health, art, and music. Second, it is multicomponent, as it relates domain-specific skills to conceptual skills, social-emotional learning skills, literacy skills, dispositions, and values. Third, it is process-oriented, as it addresses skill acquisition through planning, observation, evidence, assessment, support, and development rather than through momentary performances alone.

DISCUSSION

The findings show that the 2024 Preschool Education Curriculum restructures preschool education through a skill-based, holistic, and process-oriented approach. Although the curriculum places domain-specific skills at the center, its integration of these skills with conceptual skills, social-emotional learning skills, literacy skills, dispositions, and values is largely consistent with contemporary approaches to early childhood education. Developmentally appropriate practice emphasizes that early childhood education should consider not only children's academic readiness but also their social-emotional development, physical activity, cultural context, play experiences, and individual differences (NAEYC, 2020). In this respect, the skill-based structure of the curriculum offers a framework that reflects the principle of holistic development in early childhood education.

One of the strongest aspects of the curriculum is that it treats skill acquisition not as a list of isolated outcomes but as a network of mutually supportive components. This structure recognizes that learning processes in preschool education are not linear or unidirectional; rather, learning takes place through play, interaction, repetition, exploration, social relationships, emotional security, and experience-based activities. The hierarchical organization of sub-learning outcomes offers teachers a systematic planning pathway, while the requirement to relate these outcomes to conceptual skills, dispositions, values, and cross-curricular components prevents teaching from being reduced to mechanical target tracking.

Nevertheless, the multilayered structure of the curriculum may also create certain challenges for teachers during implementation. Relating domain-specific skills, learning outcomes, sub-learning outcomes, conceptual skills, social-emotional learning skills, dispositions, values, literacy skills, and evidence of learning within the same planning process requires a high level of curriculum literacy. Therefore, effective implementation of the curriculum depends not only on teachers' familiarity with the curriculum document but also on their competence in skill-based planning, process assessment, differentiation, observation-based data collection, and family involvement design. OECD also identifies curriculum, pedagogy, and workforce development as key policy levers affecting process quality in early childhood education and care (OECD, 2021).

The assessment structure of the curriculum is designed in a process-oriented manner consistent with the developmental nature of assessment in preschool education. Tools such as the Skill Observation Form, Anecdotal Record Form, informal notes, activity assessment questions, monthly plan checklists, and skill acquisition reports enable teachers to monitor children's development not only through outcomes but also through progress, needs, and areas requiring support. In this respect, the curriculum uses assessment not to classify or label children but to improve the learning process and support skill development.

Differentiation and family/community involvement strengthen the inclusiveness and contextual sensitivity of the curriculum. The curriculum's treatment of differentiation in terms of both support and enrichment indicates that it aims not only to adapt activities for children with developmental difficulties but also to ensure the active participation of all children with different interests, abilities, and readiness levels. Family and community involvement prevents skill acquisition from being confined to the preschool institution and enables children's learning experiences to be supported in the home and social environment. UNESCO's approach to inclusive early childhood care and education similarly emphasizes that early childhood services should be organized in ways that include all children (UNESCO, 2021).

CONCLUSION and RECOMMENDATIONS

This study examined the skill-based structure of the Türkiye Century Education Model Preschool Education Curriculum in terms of curriculum components. The findings show that the curriculum centers on domain-specific skills while integrating them with conceptual skills, social-emotional learning skills, literacy skills, dispositions, values, learning outcomes, sub-learning outcomes, evidence of learning, differentiation, and family/community involvement. This structure positions preschool education not merely as preparation for primary school but as the initial stage of holistic skill development in early childhood.

The skills related to Turkish language, mathematics, science, social studies, movement and health, art, and music were found to be organized in accordance with the developmental characteristics of preschool children.

However, the main distinctive feature of the curriculum is that it does not treat these domain-specific skills as independent learning areas; rather, it addresses them within an integrated structure that supports children's cognitive, social-emotional, cultural, ethical, and action-oriented development. Learning outcomes and sub-learning outcomes make skills plannable and observable, while evidence of learning and process-oriented assessment tools contribute to the systematic monitoring of skill acquisition.

Based on the findings, several recommendations can be made. First, because of the multicomponent structure of the curriculum, teachers should be provided with practice-oriented in-service training on skill-based planning and assessment. Second, sample plans, implementation scenarios, and observation guides should be expanded to help teachers relate domain-specific skills to conceptual skills, social-emotional learning skills, dispositions, values, and literacy skills. Third, practice-based studies should be conducted to examine how teachers use tools such as the Skill Observation Form, Anecdotal Record Form, and Skill Acquisition Report. Fourth, field studies are needed to investigate how the differentiation and family/community involvement dimensions of the curriculum function in different socioeconomic, cultural, and regional contexts. Finally, since this study is based solely on document analysis, future research may examine the practical reflections of the curriculum through teacher views, classroom observations, implementation examples, and child development outcomes.

REFERENCES

Bowen, G. A. (2009). Document analysis as a qualitative research method. *Qualitative Research Journal*, *9*(2), 27–40. https://doi.org/10.3316/QRJ0902027

Ministry of National Education. (2013). *Preschool education curriculum: Türkiye Century Education Model*. Ministry of National Education.

Ministry of National Education. (2024a). *Preschool education curriculum: Türkiye Century Education Model*. Ministry of National Education.

Ministry of National Education. (2024b). *Preschool education curriculum. Ministry of National Education*, General Directorate of Basic Education.

National Association for the Education of Young Children. (2020). *Developmentally appropriate practice: A position statement of the National Association for the Education of Young Children.* NAEYC.

OECD. (2021). *Starting Strong VI: Supporting meaningful interactions in early childhood education and care.* OECD Publishing. https://doi.org/10.1787/f47a06ae-en

UNESCO. (2021). *Inclusive early childhood care and education: From commitment to action*. UNESCO.

UNESCO. (2024). *Early childhood care and education*. UNESCO.

DOĞA TEMELLI, DUVARSIZ OKULLAR ILE KURUMSAL SINIRLARI AŞMAK: KURAMSAL BIR YAKLAŞIM

TRANSCENDING INSTITUTIONAL BOUNDARIES WITH NATURE-BASED, WALL-LESS SCHOOLS: A THEORETICAL APPROACH

Zeynep ALTUN
Ministry of National Education, Preschool Education, Sinop, Turkey,
ORCID:0000-0002-9343-040X

Asst. Prof. Şule ERŞAN
Sinop University, Faculty of Education, Department of Elementary Education, Sinop, Turkey,
ORCID: 0000-0003-3229-5686

Abstract
This study examines the pedagogical value of out-of-school learning and the "wall-less school" approach in early childhood education, with a particular focus on the holistic contributions of nature-based activities to children's multidimensional development.
Out-of-school learning is grounded in an approach that emphasizes that learning is not confined to the classroom; rather, life itself offers a powerful learning environment. In this context, the concept of the "school without walls" extends education beyond physical spaces, presenting parks, forests, museums, neighborhoods, and even everyday life practices as learning environments. This approach enables children to construct knowledge through exploration and experience. The significance of out-of-school learning is particularly evident in early childhood. Developmental theories suggest that learning through active participation enhances retention. Accordingly, children relate abstract knowledge to concrete experiences and develop higher-order skills such as problem-solving, decision-making, and critical thinking throughout the process. Furthermore, the diversification of social interactions and the variation in relationships with peers and adults support social-emotional development.
The "school without walls" perspective strengthens the contextual nature of learning, facilitating the connection between concepts taught in the classroom and real-life experiences. For example, a child learning about the water cycle can deepen their understanding by observing a stream or examining nature after rainfall. Such experiences engage not only cognitive processes but also affective and psychomotor domains of learning. Within this framework, nature-based activities constitute one of the most powerful components of the "school without walls" approach. Nature, unlike pre-structured materials, offers an open-ended learning environment that encourages exploration, questioning, and creativity. Engaging with soil, observing plants, playing with natural materials, or exploring natural settings enhances children's sensory awareness and fosters a sense of environmental responsibility. In particular, sensory-based experiences support foundational processes of learning in early childhood.
Nature-based learning also contributes to the early development of sustainability awareness. Through direct interaction with nature, children become more sensitive to environmental protection, respect for living beings, and the understanding of ecological balance. This is important not only for individual development but also for fostering social and global responsibility.
In conclusion, out-of-school learning and nature-based practices are regarded as important pedagogical approaches that contribute to the development of holistic and lasting learning experiences in early childhood education. Therefore, increasing the implementation of nature-integrated practices across diverse learning environments should be considered a significant necessity.
Keywords: Out-of-school learning, Wall-less school, Nature-based learning

Özet
Bu çalışma, erken çocukluk eğitiminde okul dışı öğrenmelerin ve "duvarsız okul" yaklaşımının pedagojik değerini incelemekte; özellikle doğa temelli etkinliklerin çocukların çok yönlü gelişimine katkılarını bütüncül bir perspektifle ele almaktadır.
Okul dışı öğrenmeler, öğrenmenin yalnızca sınıf ortamıyla sınırlı olmadığını, yaşamın kendisinin güçlü bir öğrenme alanı sunduğunu vurgulayan bir anlayışa dayanmaktadır. Bu bağlamda "duvarsız okul" kavramı, eğitimi fiziksel mekânın ötesine taşıyarak parkları, ormanları, müzeleri, mahalleyi ve gündelik

yaşam deneyimlerini öğrenme ortamı hâline getirmektedir. Okul dışı öğrenme ortamları, özellikle erken çocukluk döneminde çocukların gelişimi açısından önemli fırsatlar sunmaktadır. Gelişimsel kuramlar, çocukların aktif katılım yoluyla gerçekleştirdikleri öğrenmelerin daha kalıcı olduğunu ortaya koymaktadır. Bu süreçte çocuklar, soyut bilgileri somut deneyimlerle ilişkilendirebilmekte; problem çözme, karar verme ve eleştirel düşünme gibi üst düzey becerilerini geliştirebilmektedir. Ayrıca farklı sosyal ortamlarda akranları ve yetişkinlerle kurulan etkileşimler, çocukların sosyal-duygusal gelişimlerini desteklemekte ve iletişim becerilerinin güçlenmesine katkı sağlamaktadır.
"Duvarsız okul" anlayışı, öğrenmenin bağlamsal yönünü güçlendirerek sınıf içinde öğrenilen kavramların gerçek yaşamla ilişkilendirilmesini kolaylaştırmaktadır. Örneğin su döngüsünü öğrenen bir çocuğun dere kenarında gözlem yapması ya da yağmur sonrası doğayı incelemesi, öğrenme sürecinin daha anlamlı ve kalıcı hâle gelmesine katkı sunmaktadır. Bu deneyimler yalnızca bilişsel gelişimi değil; aynı zamanda duyuşsal ve psikomotor gelişimi de desteklemektedir.
Bu çerçevede doğa temelli etkinlikler, duvarsız okul yaklaşımının en önemli bileşenlerinden biri olarak değerlendirilmektedir. Doğa; çocukları keşfetmeye, araştırmaya, soru sormaya ve üretmeye teşvik eden açık uçlu bir öğrenme ortamı sunmaktadır. Toprakla temas etmek, bitkileri gözlemlemek, doğal materyallerle oyun kurmak ve doğada keşif yapmak; çocukların duyusal farkındalıklarını artırırken çevreye yönelik sorumluluk bilinci geliştirmelerine de katkı sağlamaktadır. Ayrıca doğa temelli öğrenmeler, sürdürülebilirlik bilincinin erken yaşlarda gelişmesini destekleyerek çocukların çevreyi koruma, canlılara saygı duyma ve ekolojik dengeyi anlama konusunda daha duyarlı bireyler olmalarına katkıda bulunmaktadır.
Sonuç olarak okul dışı öğrenmeler ve doğa temelli uygulamalar, erken çocukluk eğitiminde bütüncül ve kalıcı öğrenme deneyimlerinin oluşmasına katkı sağlayan önemli pedagojik yaklaşımlar olarak değerlendirilmektedir. Bu nedenle farklı öğrenme ortamlarında doğayla bütünleşik uygulamaların arttırılması önemli bir gereklilik olarak görülmelidir.
Anahtar kelimeler: Okul dışı öğrenme, Duvarsız okul, Doğa temelli öğrenme

GİRİŞ

Geçmişten günümüze kadar ki tarihsel süreç içerisinde eğitim öğretim kurumları, öğrenmeyi genelde sınıf içi ve yapılandırılmış alanlarla sınırlamış, kapalı bir kutu modeli oluşturarak çocukların biyolojik döngüleri tanımasını engelleyerek onları doğaya karşı yabancılaştırarak doğadan uzaklaşmalarına neden olmuştur (Dean, 2019). Günümüzde çocuklar, zamanlarının büyük bir kısmını kapalı ve aşırı yapılandırılmış ortamlarda geçirmekte ve bu durum çocuklarda fiziksel hareket kısıtlılığına dolayısıyla doğuştan gelen keşfetme merakının körelmesine neden olmaktadır (Bakar, 2021).
Richard Louv tarafından tanımlanıp literatüre kazandırılan **"doğa yoksunluğu sendromu"**; çocuklarda obeziteye, dikkat ve hareket eksikliğine, strese ve yaratıcılığın ciddi anlamda azalmasına yol açmış ve beraberinde birçok sorunu ortaya çıkartmıştır (Bakar, 2021). Doğadan kopukluk, çocuklarda yalnızca fiziksel sorunlara değil, aynı zamanda çocukların **"biyofobi" (doğa korkusu)** geliştirmesine de zemin hazırlamaktadır (Meral, 2023).
Bu sınırlayıcı yapıyı aşmak adına geliştirilip, alan yazınına kazandırılan **"duvarsız okul"** (udeskole) kavramı, öğrenmelerin fiziksel mekanını, konusunu ve amacını doğa ile bütünleştirerek okulun kurumsal sınırlarını aşan bir pedagojik dönüşümü temsil etmektedir (Jucker, 2022). Okul dışı öğrenme, öğrenmenin yalnızca sınıf ortamıyla sınırlı olmadığını, yaşamın kendisinin güçlü bir öğrenme alanı sunduğunu vurgulamaktadır (Becker, 2017). Bu yaklaşım, parkları, müzeleri, ormanları ve mahallelerimizi bile birer öğrenme ortamı haline getirerek çocukların bilgiyi keşif ve deneyim yoluyla inşa etmelerine olanak tanır (O'Neill , 2024).
Türkiye'de 2024 yılı itibarıyla yürürlüğe giren **Türkiye Yüzyılı Maarif Modeli**, okul dışı öğrenme ortamlarını "okulun dünyaya açılan kapısı" olarak tanımlayarak bu dönüşümü yasal ve pedagojik bir zorunluluk haline getirmiştir (MEB, 2024). Model, eğitimin kurumsal sınırlarını şeffaflaştırarak öğrencilere 21. yüzyıl becerileri kazandırmayı ve doğayla bağ kuran çevresel bir **"fail" (agency)** inşa etmeyi hedeflemektedir (MEB,2024).

KURAMSAL ÇERÇEVE

Duvarsız okul ve doğa temelli eğitim yaklaşımları, güçlü bir felsefeye, psikolojiye ve sağlam ekolojik zemini dayanmaktadır. Bunları sıralayacak olursak;

Tarihsel ve Felsefi Temeller: Doğa temelli eğitimin kökeni, Comenius, Rousseau, Pestalozzi ve Froebel gibi düşünürlere uzanmaktadır (Avcı, 2015). Rousseau, eğitimin en doğru kaynağının doğa temelli olduğunu savunurken; Froebel ise, çocuk ile doğa arasındaki bağın bedensel ve ahlaki gelişim için zorunlu olduğunu belirtmiş ve ilk anaokuluna "çocuk bahçesi" (Kindergarten) adını vermiştir (Avcı,2015). Dewey ise öğrenmenin gerçek yaşamın kendisi olduğunu ve deneyime dayalı bir süreç olması gerektiğini vurgulamıştır (O'Neill, 2024).

Biyoekolojik Teori (Bronfenbrenner): Bronfenbrenner'ın teorisine göre, çocuğun gelişimi içinde bulunduğu çok katmanlı çevreler ile etkileşimi üzerinden şekillenir. Doğada gerçekleştirilen düzenli etkinlikler, çocuk ile çevresi arasındaki en güçlü "proksimal (yakın) süreçleri" oluşturarak gelişimsel çıktıları maksimize eder (A Watt, 2024).

Biyofili Hipotezi ve Dikkat Restorasyon Teorisi (ART): Edward O. Wilson'ın Biyofili Hipotezine göre, insanda doğaya karşı doğuştan getirdiği genetik ve duygusal bir bağ vardır ve duvarsız okullar, bu bağın daha da güçlenmesini sağlayarak çocukların ekolojik kimliklerinin temelini oluşturur (Jucker, 2022). Öte yandan, Dikkat Restorasyon Teorisi (ART) ise, doğanın ve doğal alanların insanda zihinsel yorgunluğu gidererek yönlendirilmiş dikkat kapasitesini yenilediğini bilimsel olarak ortaya koymaktadır (Jucker, 2022).

Rezonans Teorisi ve Estetik Deneyim: Hartmut Rosa'nın Rezonans Teorisi, insanın dünyayla bilişsel, duyuşsal ve fiziksel olarak etkileşime girdiği canlı bir bağ kurduğunu öne sürer (Jucker, 2022). Ulrich Oevermann'ın estetik deneyim yaklaşımı ise, doğanın sunduğu çoklu belirsizliklerin çocukta bir rutin kırılması oluşturarak çocuğun nesneyi kendi başına keşfetmesini sağladığını savunur (Jucker, 2022).

Udeskole ve "Add-in" Yaklaşımı: Duvarsız okul yaklaşımı, eğitim ve öğretimi müfredat dışı bir etkinlik (*add-on*) olarak değil, müfredatın bizzat doğada ve doğal ortamlarda işlendiği bütünleşik bir süreç (add-in) olarak tanımlar. Bu modelde doğa ve doğal ortamlar, müfredat odaklı ve düzenli olarak gerçekleştirilen bir öğretim yöntemidir (Becker, 2017).

KURUMSAL SINIRLARIN AŞILMASI

Duvarsız okullar, geleneksel eğitimin içinde bulunan üç temel sınırı ortadan kaldırmayı hedefler. Bunlar;

Mekânsal Sınırlar: Sınıf ortamı dışındaki her yerin (ormanlar, müzeler, parklar, bahçeler, sit alanları vs) bir öğrenme alanına dönüştürülmesi ve okulun dünyaya açılması. (MEB, 2024).

Zamansal Sınırlar: Ders saatleri ve teneffüs zamanları arasındaki sert ayrımın daha esnek bir hale gelerek öğrenme sürecini doğal akışa, mevsime ve gün ışığına entegre edilmesi (Jucker, 2022).

Deneyimsel Sınırlar: Okul ile gerçek yaşam arasındaki uçurumun ortadan kalkması, bilginin sadece aktarılan bir veri olmaktan çıkıp, bireyin eylemde bulunma yetisini aktif hale getirmesini sağlamak (Jucker, 2022).

ARAŞTIRMA VE BULGULAR

Literatürde yer alan uygulamalı çalışmalar ve sistematik derlemeler, doğa temelli öğrenmenin çocuk gelişimi üzerindeki çok boyutlu etkilerini kanıtlara dayanarak açıklamaktadır. Bunları sıralayacak olursak;

Bilişsel Gelişim ve Akademik Başarı: Okul dışı ortamlarda gerçekleştirilen eğitimlerin, öğrencilerin fen bilimleri ve matematik gibi derslerdeki başarı puanlarını arttırdığı ve öğrendikleri bilgilerin kalıcılığının sınıf içi eğitime oranla daha fazla artırdığı saptanmıştır (Avcı, 2015). Doğa ile temasın beynin pre-frontal korteks işlevleri üzerinde iyileştirici etkisi olduğu; çalışma belleği, bilişsel esneklik ve dürtü kontrolü gibi yürütücü işlev becerilerini geliştirdiği belirlenmiştir (Mutlu, 2011). Ayrıca açık havada gerçekleştirilen doğa derslerinden sonra öğrencilerin kapalı sınıflardaki odaklanma sürelerinin uzadığı gözlemlenmiştir (Arı Ersan, 2025). Ayrıca çocuklar aynı doğal ortama düzenli olarak gittiklerinde doğal ortamdaki mevsimsel değişiklikleri fark eder, bitki, hayvan ve doğada bulunan her türlü canlının ekolojik süreçlerini gözlemleyerek doğaya karşı bir yakınlık geliştirir. Nihayetinde çocuklar doğayı kendi evleri gibi sahiplenirler (Erşan ve Erşan 2022).

Öz Düzenleme ve Sosyal Beceriler: Okul dışı öğrenmeler ve özellikle orman okulu pedagojisi, çocuklara "kontrollü risk" alma ve karar verme imkanları sunarak çocuklarda öz güven, risk yönetimi ve problem çözme yetkinliklerini destekler (Demiral, 2016). Araştırmalar, bu ortamlarda öğrenim gören çocukların prososyal davranışlarının (yardımlaşma, paylaşma, iş birliği) ve öz düzenleme becerilerinin

kapalı mekânlarda öğrenim gören akranlarına göre anlamlı derecede daha yüksek olduğunu göstermektedir (Arı Ersan, 2025). Ayrıca açık havada oynanan oyunlar sayesinde çocuklar arasında görev paylaşımı ve işbirliği ortamı oluşur ve çocukların sosyal becerilerin gelişimine ciddi katkı sağlar. Bununla birlikte doğal ortamlar çocuklara kendi düşüncelerini test etme ve güçlü yönlerini keşfetme imkânı sunarak özgüvenlerinin artmasına katkı sağlar (Erşan ve Erşan 2022).

Fiziksel Sağlık ve Psikomotor Yeterlilik: Okul dışı ortamlarda gerçekleştirilen eğitim süresinin artması, çocukların kaba motor becerilerini, denge ve koordinasyon becerilerini güçlendirirken aynı zamanda stresi (kortizol seviyesini) azaltmakta ve DEHB semptomlarını hafifletmektedir (Şahin, 2025).

Sürdürülebilirlik ve Ekolojik Okuryazarlık Doğa temelli programlar, sürdürülebilirliği 7R modeli (Azaltmak, Yeniden Kullanmak, Saygı, Yeniden Düşünmek, Yansıtmak, Geri Dönüştürmek, Yeniden Dağıtmak) üzerinden somutlaştırmaktadır. Bu modeldeki uygulamalar çocukların "bitki körlüğünü" kırarak kendilerini ekosistemin bir parçası olarak algılamalarını sağlayarak çocukların ekolojik okuryazarlık düzeylerini artırır (Karaoğlu, 2024).

4.5. Karşılaşılan Engeller ve Öğretmen Görüşleri Kurumsal dönüşümün önündeki en temel engeller; iklim şartları, sınıf yönetimi zorlukları, maliyet, ebeveyn kaygısı ve yönetim desteği eksikliği olarak saptanmıştır. Öğretmenler, dört duvar dışındaki eğitimin bilgiyle pratiği kaynaştırdığını belirtmekle birlikte, bu engellerin aşılması için öğretmenler özellikle kurumsal destek talep etmektedirler.

OKUL DIŞI ÖĞRENME YAKLAŞIMI AÇISINDAN TÜRKİYE YÜZYILI MAARİF MODELİ'NİN (2024) ANALİZİ

Yeni müfredat, okul dışı öğrenmeyi kurumsallaştıran stratejik bir çerçeve sunmaktadır:

Açık Hava Öğrenme Merkezleri: Maarif Modeli, okullarda açık hava öğrenme merkezlerin kurulmasını sağlıklı yaşam becerileri ve fiziksel gelişim için bir zorunluluk olarak tanımlamaktadır (MEB, 2024) .

Sürdürülebilirlik Okuryazarlığı (OB8): Sürdürülebilirlik; modele göre farkındalık, işlevsellik ve eylemsellik düzeylerinde üst düzey bilişsel beceri olan "sistem okuryazarlığı" becerisi olarak kurgulanmıştır (MEB, 2024).

Erdem-Değer-Eylem Çerçevesi: Modelde doğaya saygı, sadece teorik bir bilgi değil; tohum ekme ve bitki bakımı gibi somut eylemlerle "nitelik" haline getirilen bir erdem olarak ele alınmıştır (MEB, 2024).

SONUÇ VE ÖNERİLER

Doğa temelli ve duvarsız okullar, okulu salt bilgi ezberlenen bir mekân olmaktan çıkarıp yaparak yaşayarak bir öğrenme ekosistemine dönüştürme potansiyeline sahiptir. Araştırmadan elde edilen sonuçlar ışığında şu stratejik öneriler sunulmaktadır:

Mekânsal Dönüşüm: Okul bahçeleri beton zeminlerden arındırılarak tarım alanları, duyusal parkurlar, kaba motor becerileri destekleyen parkurlar ve gözlem istasyonları içeren "doğa dostu açık hava sınıflarına" dönüştürülmelidir.

Müfredat ve Politika: Doğa eğitimi müfredattan bağımsız bir konu başlığı olarak değil, tüm derslere yayılan disiplinler arası bir metodoloji olarak benimsenmelidir. Türkiye Yüzyılı Maarif Modeli kapsamında sürdürülebilirlik hedefleri doğrudan doğa deneyimlerine entegre edilerek beceri temelli eğitimle desteklenmelidir.

Öğretmen Yetiştirme: Eğitimcilerin açık alan sınıf yönetimi, risk analizi, flora-fauna bilgisi ve doğa pedagojisi konularında öz yeterliliklerini artıracak uygulamalı hizmet içi eğitimler yaygınlaştırılmalı, öğretmenlerin bu konudaki motivasyonlarını arttırılmalıdır.

Stratejik Ortaklıklar: Okul yönetimi, aileler, belediyeler ve sivil toplum kuruluşları arasında güçlü iş birlikleri kurularak bürokratik ve lojistik engeller aşılmalıdır.

Hazırladığınız bildiri, makale veya kitap bölümü için kaynaklarda yer alan bulgular ve sonuçlar ışığında uygulayıcılar, ebeveynler ve araştırmacılar için geliştirilen öneriler aşağıda kategorize edilerek sunulmuştur:

Öğretmenler ve Okul İdarecileri İçin Öneriler

***Rol Model Olma*:** Öğretmenlerin çocukların davranış kazanmalarında en önemli figür olduğu unutulmamalı; enerji tasarrufu, atık yönetimi ve doğaya saygı konularında bizzat kendileri istendik davranış modelleri sergilemelidirler.

***Doğa Temelli Pedagojilerin Entegrasyonu*:** Eğitimciler, okul bahçelerini ve yakın çevredeki doğal alanları "duvarsız sınıflar" olarak kullanmalı; tarım etkinlikleri, kompost yapımı ve biyomimikri gibi uygulamaları çocukları sürece dahil ederek müfredat ile entegre etmelidirler.
***Risk Yönetimi*:** Doğada öğrenme sürecinde oluşabilecek riskleri (düşme, böcek ısırması vb.) ortadan kaldırılmak yerine pedagojik bir fırsat olarak görülmeli; çocuklara "kontrollü risk alma" ve kendi güvenliklerini sağlayıp yönetebilme becerisi kazandırılmalıdır.
***Okul Dışı Öğrenme Süreçleri*:** Okul dışı öğrenme ortamları (bilim merkezleri, ormanlar, müzeler) sadece gezi etkinlikleri olarak kalmamalı; ziyaret öncesi hazırlık ve ziyaret sonrası pekiştirici etkinliklerle (sohbet, resim, canlandırma vb.) planlı bir eğitim sürecine dönüştürülmelidir.
***Mesleki Gelişim*:** Uygulayıcıların, eğitimcilerin ve öğretmenlerin sürdürülebilirlik okuryazarlığı ve doğa temelli eğitim konularında düzenlenen hizmet içi eğitimlere ve projelere aktif katılım sağlamaları için motive edilmelidir.

Ebeveynler İçin Öneriler
Evde Sürdürülebilirlik Deneyimleri: Sürdürülebilirlik bilinci okulda başlayıp evde devam etmelidir. Ebeveynler çocuklarıyla birlikte evde 3R (azalt, tekrar kullan, geri dönüştür) ilkelerini uygulayarak rol model olmalı ve çocukları bu süreçte aktif kılmalıdır.
Doğa İle Bağ Kurma: "Doğa yoksunluğu sendromu"nu engellemek için ebeveynler, çocuklarıyla birlikte düzenli olarak doğa yürüyüşleri, doğada etkinlikler yapmalı ve çocuklarına doğal alanlarda serbest keşif fırsatı sunmalıdır.
Okul Etkinliklerine Katılım: Aileler, okul dışı öğrenmeleri destekleyen eğitimlere, orman okulu oturumlarına veya okul bahçeciliği projelerine dâhil edilmeli ve söz konusu bu süreçlerin çocuk üzerindeki olumlu etkilerini bizzat gözlemleyerek akıllarındaki güvenlik kaygılarını aşmalı ve sürece destek vermelidir.

Araştırmacılar İçin Öneriler
Yöntemsel Çeşitlilik: Mevcut çalışmaların çoğu nitel veya farkındalık belirlemeye yöneliktir. Gelecek araştırmalarda araştırmacılar nicel, deneysel ve boylamsal desenler kullanılmalı; hatta doğa deneyimlerinin beyin gelişimi üzerindeki etkisini ölçen nörobilimsel çalışmalar da (EEG, kortizol ölçümü) yapılabilir.
Örneklem Genişletme: Yapılan çalışmalar genellikle 5-6 yaş grubu çocuklarla sınırlı kalmıştır. Araştırmacılar çalışmalarında, 0-3 yaş dönemi çocuklara ve dezavantajlı bölgelerdeki çocuklar üzerine odaklanarak kapsayıcı bir literatür oluşturulabilir.
Yeni Müfredat Analizi: "Türkiye Yüzyılı Maarif Modeli"ndeki sürdürülebilirlik okuryazarlığı becerisinin eğitimde uygulama başarısını ve öğretmenlerin bu yeni modele uyum süreçlerini irdeleyip inceleyen çalışmalar yürütülebilir.
Engellerin Tespiti: Doğa temelli eğitimin önündeki yasal, bürokratik ve kültürel engeller ile ailelerin risk algılarını derinlemesine inceleyen araştırmalar yapılabilir.
Karşılaştırmalı Çalışmalar: Türkiye ile farklı ülkelerdeki sürdürülebilirlik eğitim programları ve uygulama çıktıları karşılaştırılarak yerel kültürel değerlerin eğitim üzerindeki etkisi analiz edilebilir.

KAYNAKÇA
Arı Ersan, B., ve Şeker, F. (2025). Türkiye'de okul öncesi eğitimde doğa temelli uygulamalar üzerine yapılmış araştırmaların sistematik derlemesi. *Asya Studies, 9*(34), 63–84.
Avcı, E., Özenir, Ö. S., Kurt, M., ve Atik, S. (2015). TÜBİTAK 4004 doğa eğitimi ve bilim okulları kapsamında ortaokul öğrencilerine yönelik gerçekleştirilen "Bizim Deniz Akdeniz" projesinin değerlendirilmesi. *Amasya Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi, 4*(2), 312–333.
Bakar, F., Avan, Ç., Aydınlı, B., Şeker, F., ve Turgut, B. (2021). Effects of nature education on environmental knowledge and attitude as an out of school learning environment. *Akademia Doğa ve İnsan Bilimleri Dergisi, 7*(1), 1–18.
Becker, C., Lauterbach, G., Spengler, S., Dettweiler, U., ve Mess, F. (2017). Effects of regular classes in outdoor education settings: A systematic review on students' learning, social and health dimensions. *International Journal of Environmental Research and Public Health, 14*(5), 485

Demiral, Ü., ve Kartal, T. (2016). Okul öncesi öğretmen adaylarının bilimsel düşünme becerilerine ilişkin görüşleri: Problemler ve çözüm önerileri. *International Journal of Eurasia Social Sciences, 7*(25), 332–365.

Erşan, Ş., ve Erşan M. N. (2022). Alternatif Bir Eğitim Modeli Olarak Orman Okulu. *Eğitim ve Bilim 2022- II*. Efe Akademi Yayınları, (2022), 117 – 132.

Göloğlu Demir, C., ve Çetin, F. (2021). Okul dışı öğrenme faaliyetlerine yönelik öğretmen öz-yeterlik inançları ölçeğinin geliştirilmesi. *Türk Eğitim Bilimleri Dergisi, 19*(1), 613–634.

Hollweg, K. S., Taylor, J. R., Bybee, R. W., Marcinkowski, T. J., McBeth, W. C., ve Zoido, P. Jucker, R., ve von Au, J. (Ed.). (2022). *High-quality outdoor learning: Evidence-based education outside the classroom for children, teachers and society*. Springer.

Karaoğlu, S. (2024). Doğa temelli erken çocukluk eğitimi: Okul öncesi öğretmen adaylarının perspektifinden. *Mersin Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi, 20*(3), 565–584.

Leicht, A., Heiss, J., ve Byun, W. J. (Ed.). (2018). *Issues and trends in education for sustainable development*. UNESCO Publishing.

Millî Eğitim Bakanlığı. (2024). *Okul öncesi eğitim programı: Türkiye Yüzyılı Maarif Modeli*.

Millî Eğitim Bakanlığı Destek Hizmetleri Genel Müdürlüğü. (t.y.). *Küresel iklim değişikliği*

Mutlu, E., ve Aktan, E. (2011). Okul öncesi öğretmenlerinin düşünme eğitimi ile ilgili tutumlarının incelenmesi. *Türk Eğitim Bilimleri Dergisi, 9*(4), 799–830.

Ohly, H., Gentry, S., Wigglesworth, R., Bethel, A., Lovell, R., ve Garside, R. (2016). A systematic review of the health and well-being impacts of school gardening: Synthesis of quantitative and qualitative evidence. *BMC Public Health, 16*, 286.

O'Neill, D., Kelly, R., McCormack, O., ve Azevedo, N. H. (2024). A systematic review on education outside the classroom: Lessons for science EOC practices. *Sustainability, 16*(13), 5346.

Sauli, S. S., Isa, F. M., Kosnin, A. M., ve Romice, O. (2026). Nature-based learning in Malaysian early childhood education: A systematic literature review. *International Journal of Early Childhood*.

Sönmez, D. (2018). TÜBİTAK-4004 doğa eğitimine katılan öğretmenlerin doğa eğitimine ilişkin görüşleri. *Journal of Awareness, 3*(2), 63–72.

Soylu, Ü. İ., Karamustafaoğlu, S., ve Karamustafaoğlu, O. (2024). Self-efficacy perception scale for developing and using materials in out-of-school learning environments. *İnönü University Journal of the Faculty of Education, 25*(2), 922–944.

Şahin, M., Oruç, B., Ay-Demirel, G., ve Özdem-Yılmaz, Y. (2025). Erken çocukluk dönemi sürdürülebilir kalkınma eğitiminin uzman ve öğretmen görüşleri doğrultusunda karşılaştırılmalı analizi. *Trakya Eğitim Dergisi, 15*(Özel Sayı), 211–246.

Uluay, G. (2024). Nature-based learning in early childhood education. In B. Aydınlı ve B. D. Altunoğlu (Ed.), *Transforming early childhood education: Technology, sustainability, and foundational skills for the 21st century* (ss. 247–263). Özgür Yayınları.

UNESCO. (2005). *United Nations Decade of Education for Sustainable Development (2005–2014): International implementation scheme*.

UNESCO. (2020). *Education for sustainable development: A roadmap*.

UNICEF East Asia and Pacific Regional Office. (2022). *Early childhood development and climate change: Advocacy brief*.

UNICEF Türkiye. (2024). *Türkiye'de erken çocukluk eğitimi sektörünün sistematik analizi*.

Watt, B. A., ve Frydenberg, E. (2025). Early childhood education for sustainability: Outcomes for social and emotional learning. *Australasian Journal of Early Childhood, 50*(2), 131–145.

World Health Organization Regional Office for Europe. (2023). *Assessing the value of urban green and blue spaces for health and well-being*.

A REVIEW OF RESEARCH ON THE READING COMPREHENSION SKILLS OF STUDENTS WITH HEARING LOSS WHEN READING INFORMATIVE TEXTS

İŞİTME KAYIPLI ÖĞRENCİLERİN BİLGİ VERİCİ METİNLERİ OKUDUĞUNU ANLAMA BECERİLERİNE YÖNELİK ARAŞTIRMALARIN İNCELENMESİ

FERHAN ÜMMÜGÜLSÜN ÇELİK
Yüksek Lisans Öğrencisi Anadolu Üniversitesi, Türkiye
ORCID: 0009-0003-6909-5095

Doç. Dr. ELİF AKAY
Anadolu Üniversitesi, Türkiye
ORCID: 0000-0002-7349-6217

ABSTRACT

This study aims to systematically review the existing literature on the reading comprehension skills of students with hearing loss in relation to informational texts used in science lessons. The study was designed as a systematic literature review, in which relevant national and international studies were evaluated based on predetermined inclusion criteria. The studies examined were analysed in terms of their aims, methodological features, and findings.

The analysis revealed that students with hearing loss may demonstrate lower performance than their hearing peers in reading informational texts, retelling what they have read, and answering comprehension questions. Additionally, it was found that the linguistic structure, conceptual density, and readability of science textbooks used in science lessons often do not sufficiently align with these students' readiness levels. Research in the international literature shows that the explicit, direct, and systematic teaching of reading comprehension strategies, together with science-based interventions and writing-based strategy practices, supports students' vocabulary development, construction of scientific concepts, and reading comprehension achievement.

When the national literature is examined, it is seen that studies focusing on the learning processes of students with hearing loss in the field of science are quite limited. Existing research has largely focused on academic achievement, whereas studies that directly address the comprehension of informational texts used in science lessons remain insufficient. In this context, it was concluded that, in order to enable students with hearing loss to comprehend informational texts more effectively, texts appropriate to their levels should be selected, reading strategies should be integrated into science instruction, and comprehensive research should be conducted to address the gaps in the national literature.

Keywords: Informational texts, Reading comprehension, Science lessons, Students with hearing loss, Systematic literature review

ÖZET

Bu araştırmada, işitme yetersizliği olan öğrencilerin Fen Bilimleri derslerinde yer alan bilgi verici metinleri okuma ve anlama becerilerine yönelik yapılmış çalışmaların sistematik biçimde incelenmesi amaçlanmıştır. Sistematik literatür taraması olarak desenlenen araştırmada, belirlenen dâhil etme ölçütleri doğrultusunda ulusal ve uluslararası alan yazındaki ilgili çalışmalar değerlendirmeye alınmıştır. İncelenen araştırmalar; amaçları, yöntemsel özellikleri ve ulaştıkları sonuçlar bakımından analiz edilmiştir.

Analizler sonucunda, işitme yetersizliği olan öğrencilerin bilgi verici metinleri okuma, okuduğunu anlatma ve sorulara cevap verme sürecinde işiten akranlarına kıyasla daha sınırlı performans gösterebildikleri belirlenmiştir. Ayrıca Fen Bilimleri derslerinde kullanılan ders kitaplarının dilsel yapı, kavramsal yoğunluk ve okunabilirlik açısından çoğu zaman bu öğrencilerin hazır bulunuşluk düzeyleriyle yeterince örtüşmediği görülmüştür. Uluslararası alan yazında yer alan araştırmalar, okuduğunu anlama stratejilerinin açık, doğrudan ve sistematik biçimde öğretilmesinin; fen içerikli müdahalelerin ve yazılı anlatıma dayalı strateji uygulamalarının öğrencilerin sözcük dağarcığını, bilimsel kavramları yapılandırma becerilerini ve okuduğunu anlama başarılarını desteklediğini göstermektedir.

Ulusal alan yazın incelendiğinde ise işitme yetersizliği olan öğrencilerin Fen Bilimleri alanındaki öğrenme süreçlerine yönelik çalışmaların oldukça sınırlı olduğu görülmüştür. Mevcut araştırmaların daha çok akademik başarı ekseninde yürütüldüğü; Fen Bilimleri derslerinde kullanılan bilgi verici metinleri okuduğunu anlama becerisini doğrudan ele alan çalışmaların ise yetersiz kaldığı belirlenmiştir. Bu doğrultuda, işitme yetersizliği olan öğrencilerin bilgi verici metinleri daha etkili biçimde anlayabilmeleri için düzeylerine uygun metinlerin seçilmesine, okuma stratejilerinin Fen Bilimleri öğretimiyle bütünleştirilmesine ve ulusal alan yazındaki boşluğu giderecek kapsamlı araştırmaların yürütülmesine gereksinim olduğu sonucuna ulaşılmıştır.
Anahtar Kelimeler: Bilgi verici metinler, Fen Bilimleri dersi, İşitme yetersizliği olan öğrenciler, Okuduğunu anlama, Sistematik literatür taraması

1. GİRİŞ

İşitme kaybı, işitme duyusunun doğuştan ya da sonradan ortaya çıkan nedenlerle kısmen ya da tamamen sınırlanması sonucunda sesleri algılama, konuşma geliştirme, dili anlama ve kullanma süreçlerinde güçlük yaşanması durumu olarak tanımlanmaktadır (MEB, 2016). İşitme kaybı olan öğrencilerde işitme kaybına bağlı dil edinim güçlükleri, fen derslerinde kullanılan kavramları anlama ve bilimsel dili yapılandırma süreçlerini sınırlayabilmektedir. Bu nedenle öğrencilerin ilgili kavram ve dil becerilerinin değerlendirilmesi, eksik görülen alanların hedefe yönelik çalışmalarla desteklenmesi önem taşımaktadır (Kılıç, 2007).

Fen bilimleri, bireylerin içinde yaşadıkları doğal dünyayı anlamlandırmalarını, bilimsel süreçleri kullanarak karşılaştıkları problemlere çözüm üretmelerini ve teknolojik ilerlemeleri kavrayabilmelerini sağlayan temel bir öğrenme alanıdır. Fen eğitimi, öğrencilere yalnızca kuramsal bilgi aktarmakla sınırlı kalmayıp aynı zamanda sorgulama alışkanlığı, eleştirel bakış açısı geliştirme, araştırma yapma ve bilimsel kanıtlara dayalı karar verebilme gibi üst düzey bilişsel beceriler kazandırmayı amaçlamaktadır (Bybee, 1997). Fen bilimleri dersinde farklı yöntem ve stratejiler kullanılmakla birlikte sıklıkla öğrencilerin okuryazarlık becerilerinden yararlanarak bilgiye ulaşmaları beklenmektedir.

Fen eğitiminde öğrencilerin en çok karşılaştığı öğrenme materyalleri bilgilendirici metinlerdir; çünkü bu metin türü, fen bilimlerinin soyut kavramlarını, süreçlerini ve olaylar arasındaki neden–sonuç ilişkilerini yapılandırılmış bir biçimde sunar (Tibken et al., 2022). Bilgi verici metinler; belirli bir konu, sorun, nesne, olay ya da olgu hakkında bilgi sunmayı amaçlayan, açıklayıcı ve mantıksal bir anlatım düzenine dayanan metinlerdir. Bu metinlerde kurgusal ve hayalî unsurlardan çok, gerçek yaşamla ilişkili bilgilerin açık, doğrudan ve anlaşılır biçimde aktarılması ön plandadır. Bu nedenle bilgi verici metinlerin anlatımında üslup kaygısından ziyade anlamın açık, somut ve çözümleyici biçimde sunulması önem taşır (Özdemir, 1998; Gangi, 2004; Weaver & Kintsch, 1991; Quandt, 1983; akt. Başaran & Akyol, 2009).

Bununla birlikte metin türünün niteliği, öğrencilerin okuduklarını anlama sürecini önemli ölçüde şekillendirmektedir. Alan yazındaki pek çok çalışma, bilgi verici metinlerin öyküleyici metinlere kıyasla öğrenciler tarafından daha zor kavrandığını ve bu metinleri anlamlandırmanın daha fazla zihinsel çaba gerektirdiğini ortaya koymaktadır (Hidi & Hilyard, 1983; McCutchen & Perfetti, 1982). Bu güçlüğün temelinde bilgi verici metinlerin çoğu zaman daha uzun ve ayrıntılı bir yapıya sahip olması, neden–sonuç ilişkilerinin daha soyut biçimde sunulması, farklı düzenleme biçimlerinin bir arada bulunması ve alan-özel terimler ile teknik ifadeler içermesi yer almaktadır (Bereiter & Scardamalia, 1987; Kucan & Beck, 1997; Lapp vd., 1995; Stein & Trabasso, 1981; Williams vd., 2004). Fen öğretiminde kullanılan bilgi verici metinlerin akademik dil ve teknik terimler içermesi, öğrencilerin metni doğrudan anlamlandırmasını zorlaştırmakta; bu durum fen öğretimini bilişsel açıdan daha karmaşık hâle getirmektedir (Savolainen et al., 2008).

İşitme kaybı olan öğrenciler açısından bu süreç daha önemli hâle gelmektedir. Çünkü fen bilimleri derslerinde kullanılan bilgi verici metinler; soyut kavramlar, alan terimleri ve yoğun neden–sonuç ilişkileri içermeleri nedeniyle okuduğunu anlama sürecini güçleştirebilmektedir. Bu nedenle işitme kayıplı öğrencilerin bilgi verici metinleri okuma, okuduğunu anlatma ve metne ilişkin sorulara cevap verme becerilerinin incelenmesi, hem okuma becerilerinin değerlendirilmesi hem de fen bilimleri derslerinde gereksinim duyulan desteklerin belirlenmesi açısından önem taşımaktadır.

Uluslararası alan yazında işitme kayıplı öğrencilerin bilgi verici metinleri okuma becerilerine ilişkin çalışmalar bulunmakla birlikte, Türkiye'de işitme kayıplı olan öğrencilerin fen bilimleri dersinde kullanılan bilgi verici metinleri okuma becerilerini inceleyen araştırmaların sınırlı olduğu görülmektedir. Ulusal literatürde çalışmaların daha çok öğretim yöntem ve materyallerinin akademik başarıya etkisine odaklandığı; okuma süreci, bilgi verici metin yapıları ve fen okuryazarlığı bileşenlerinin ise doğrudan araştırma konusu yapılmadığı dikkat çekmektedir. Sellioğ (2025) tarafından yapılan sistematik incelemede de Türkiye'de bu alanda yapılmış lisansüstü tezlerin sayıca yetersiz olduğu ve bilgi verici metinlerde okuduğunu anlamaya yönelik doğrudan bir araştırma alanının yer almadığı belirlenmiştir.

Bu bağlamda, işitme kayıplı öğrencilerin bilgi verici metinleri okuduğunu anlama becerilerine yönelik araştırmaların incelenmesi önem taşımaktadır. Bu çalışmanın amacı, işitme kayıplı öğrencilerin bilgi verici metinleri okuduğunu anlama becerilerine ilişkin yürütülen araştırmaları inceleyerek araştırma gereksinimlerini ortaya koymaktır.

2. YÖNTEM

Sistematik literatür taraması, belirli bir araştırma konusu kapsamında yayımlanmış çalışmaları önceden belirlenen ölçütler doğrultusunda sistemli biçimde belirlemeyi, eleştirel olarak değerlendirmeyi ve elde edilen bulguları bütüncül biçimde analiz etmeyi amaçlayan yaygın bir araştırma yaklaşımıdır (Liberati vd., 2009, s. 26). Sistematik literatür taraması, belirli bir konuya ilişkin daha önce yayımlanmış çalışmaların, açıkça tanımlanmış bir araştırma sorusuna yanıt bulmak amacıyla önceden belirlenen yöntemsel adımlar doğrultusunda incelenmesi sürecidir. Bu yöntemin temel gücü, tarama ve değerlendirme sürecinin yapılandırılmış biçimde yürütülmesi, dâhil etme ve dışlama ölçütlerinin açıkça belirtilmesi ve uygulanan yöntemin şeffaf biçimde raporlanmasıdır (Jesson vd., 2011, s. 9; Hiebl, 2023, s. 229).

Bu çalışmanın amacı, sistematik literatür taraması yöntemi aracılığıyla işitme kaybı olan öğrencilerin bilgi verici metinleri okuduğunu anlama becerilerine ilişkin yürütülmüş araştırmaların mevcut durumunu ortaya koymaktır.

2.1. Tarama

Araştırma sürecinde, işitme kayıplı öğrencilerin bilgi verici metinleri okuduğunu anlama becerilerine yönelik ulusal ve uluslararası alanyazındaki çalışmalar incelenmiştir. Alanyazın taramasında, işitme teknolojilerindeki gelişmeler, eğitim yaklaşımlarındaki güncel değişimler ve okuma-anlama alanındaki araştırma eğilimleri dikkate alınarak 2000-2026 yılları arasında yayımlanan çalışmalar kapsam dahiline alınmıştır. Alanyazın taraması, Anadolu Üniversitesi Kütüphanesi Veri Tabanları Toplu Arama Sistemi aracılığıyla gerçekleştirilmiştir. Söz konusu sistem üzerinden 78 veri tabanı taranmış; bu kapsamda özellikle ERIC, EBSCOhost, DergiPark, Elsevier, JSTOR, Oxford Journals, ProQuest, Sage Journals, ScienceDirect, Scopus, SpringerLink, Taylor & Francis, Turcademy, TR Dizin, Web of Science ve Wiley veri tabanlarından yararlanılmıştır. Taramalarda araştırmanın amacıyla doğrudan ilişkili olan "işitme kayıplı", "işitme yetersizliği", "bilgi verici metin", "okuduğunu anlama", "fen bilimleri", "hearing loss", "deaf and hard of hearing students", "informational text", "Science comprehension", "science reading", "science literacy "science text structure "science literacy with hearing loss or deaf", "reading comprehension" ve "text structure hearing loss deaf" anahtar sözcükleri Türkçe ve İngilizce olarak farklı kombinasyonlarla kullanılmıştır.

Tarama sonucunda ulaşılan çalışmalar, araştırmanın amacıyla ilişkisi, yayımlanma yılı, konu kapsamı ve dâhil etme ölçütlerine uygunluğu açısından değerlendirilmiştir. Bu süreç sonunda, işitme kayıplı öğrencilerin bilgi verici metinleri okuduğunu anlama becerilerine doğrudan ya da dolaylı biçimde katkı sağlayan çalışmalar inceleme kapsamına alınmıştır.

2.2. Dahil Etme ve Hariç Tutma Kriterleri

Araştırma kapsamında incelenecek çalışmaların belirlenmesinde, çalışmanın amacıyla doğrudan ilişkili ölçütler temel alınmıştır. Bu doğrultuda alan yazın taraması sonucunda ulaşılan çalışmalar, önceden belirlenen dâhil etme ve hariç tutma kriterleri çerçevesinde değerlendirilmiştir.

Araştırma kapsamına alınacak çalışmaların; 2000-2026 yılları arasında yayımlanmış, tarama sürecinde kullanılan Türkçe ve İngilizce anahtar sözcüklerle ilişkili, işitme kayıplı / işitme yetersizliği olan bireyleri konu edinen, okuduğunu anlama becerisine odaklı, sorulara cevap verme, metni anlama, anlam kurma ya da okuma performansı gibi becerileri ele alan, bilgi verici metinler, fen metinleri, bilimsel içerikli metinler ya da fen bilimleri bağlamındaki okuma materyalleriyle ilişkili olması dikkate alınmıştır.
2000 yılı öncesinde yayımlanan, raştırmanın amacıyla doğrudan ilişkili olmayan, işitme kayıplı / işitme yetersizliği olan bireyleri katılımcı olarak içermeyen çalışmalar, yalnızca genel okuryazarlık, dil gelişimi, akademik başarı ya da okuma alışkanlığı gibi geniş kapsamlı konulara odaklanan, yalnızca işaret dili kullanımı, işaret dili edinimi ya da işaret dili temelli iletişim becerilerini ele alan, yalnızca öyküleyici metinler üzerinden okuduğunu anlama becerisini değerlendiren ve bilgi verici metinler, fen metinleri ya da bilimsel içerikli metinlerle ilişkili olmayan çalışmalar ise incelemeye dâhil edilmemiştir.
Bu ölçütler doğrultusunda alan yazın taraması sonucunda ulaşılan çalışmalar, başlık, özet, yöntem ve bulgular açısından incelenmiş; araştırmanın amacıyla örtüşen çalışmalar değerlendirme kapsamına alınmıştır. Böylece inceleme süreci, işitme kayıplı bireylerin bilgi verici ve fen bilimleriyle ilişkili metinleri okuduğunu anlama becerilerine odaklanan çalışmalarla sınırlandırılmıştır.

2.3. Veri Yönetimi ve Kodlama

Araştırma kapsamına alınan çalışmaların düzenli, tutarlı ve karşılaştırılabilir biçimde incelenebilmesi amacıyla araştırmacılar tarafından bir kodlama formu hazırlanmıştır. Kodlama formu, araştırmanın amacı ve sistematik literatür taraması sürecinde benimsenen ölçütler doğrultusunda oluşturulmuştur. Bu form aracılığıyla çalışmalar; yayın yılı, yazar/yazarlar, çalışmanın amacı, araştırma yöntemi/deseni, katılımcı özellikleri, işitme kaybı olan bireylerle ilişkisi, okuduğunu anlama becerisiyle bağlantısı, fen bilimleri/bilimsel okuryazarlık odağı ve ulaşılan temel bulgular/sonuçlar açısından kodlanmıştır.
Kodlama sürecinde öncelikle dâhil etme ölçütlerini karşılayan çalışmalar araştırma havuzuna alınmış, ardından her çalışma belirlenen kodlama başlıkları doğrultusunda ayrıntılı olarak incelenmiştir. Kodlanan veriler, çalışmalar arasındaki benzerlik ve farklılıkların sistemli biçimde görülebilmesi için düzenlenmiş ve analiz sürecine hazır hâle getirilmiştir.
Kodlama sürecinin güvenirliğini desteklemek amacıyla çalışma havuzunda yer alan araştırmaların belirli bir bölümü, işitme yetersizliği alanında uzman ikinci bir kodlayıcı tarafından bağımsız olarak değerlendirilmiştir. Araştırmacılar ile uzman kodlayıcı tarafından yapılan kodlamalar karşılaştırılmış; farklılık görülen durumlar yeniden incelenerek ortak görüşe varılmıştır. Böylece veri yönetimi ve kodlama sürecinde tutarlılık sağlanmış, araştırma bulgularının güvenirliği güçlendirilmiştir.

2.4. Araştırmaların İncelenmesi ve Değerlendirilmesi

Araştırmanın bu aşamasında, alan yazın taraması sonucunda ulaşılan çalışmalar dâhil etme ve hariç tutma kriterleri doğrultusunda aşamalı olarak incelenmiştir. İlk tarama sürecinde ulusal tez taramasından 39 çalışma, uluslararası tez taramasından 82 çalışma ve fen okuryazarlığı/bilimsel metin okuma odağındaki taramalardan 35 makale ile 57 tez olmak üzere geniş bir çalışma havuzu oluşturulmuştur. Böylece ilk değerlendirme aşamasında toplam 213 çalışma araştırmanın amacıyla ilişkisi bakımından gözden geçirilmiştir.
Çalışmaların sınırlandırılmasında öncelikle başlık, özet, amaç, yöntem ve bulgular bölümleri dikkate alınmıştır. Bu süreçte yalnızca işitme kayıplı/işitme yetersizliği olan bireyleri konu edinen; okuduğunu anlama, sorulara cevap verme, fen bilimleriyle ilişkili okuma süreçleri, bilgi verici metinler, bilimsel metinler ya da fen okuryazarlığı bağlamında anlam kurma becerileriyle ilişkili çalışmalar değerlendirme kapsamına alınmıştır. Buna karşılık araştırmanın amacıyla doğrudan örtüşmeyen, yalnızca genel okuryazarlık becerilerine odaklanan, işaret dili kullanımını merkeze alan, öyküleyici metinlerle sınırlı kalan ya da işitme kayıplı bireyleri doğrudan çalışma grubu olarak içermeyen çalışmalar kapsam dışında bırakılmıştır.
Başlık ve özet düzeyindeki ilk elemeden sonra uygun görülen çalışmalar tam metin düzeyinde yeniden incelenmiştir.

Tam metin incelemesinde çalışmaların işitme kayıplı öğrencilerle ilişkisi, fen bilimleri ya da bilgi verici metin bağlamına yakınlığı, okuduğunu anlama becerisine katkısı ve araştırmanın temel amacıyla uyumu birlikte değerlendirilmiştir. Bu aşamalı inceleme sonucunda araştırmanın odağıyla doğrudan ilişkili olduğu belirlenen uluslararası 4 tez, ulusal 2 tez ve uluslararası 10 makale, ulusal 4 makale olmak üzere toplam 20 çalışma inceleme kapsamına alınmıştır. Çalışmalar, işitme kayıplı öğrencilerde fen eğitimi, bilgi verici metinler, okuduğunu anlama ve anlam kurma süreçleriyle ilişkili bulgular sunmaları nedeniyle araştırmaya dâhil edilmiştir.

3. Sonuçlar ve Değerlendirme

Çalışmaların amaç, yöntem ve sonuçlarından elde edilen verilerin analizi sonucunda işitme kayıplı öğrencilerin bilgi verici metinleri okuduğunu anlama becerilerine ilişkin bulguların dört tema altında toplandığı görülmüştür. Bu temalar; 1. Bilgi verici metinleri okuduğunu anlama performansı, 2. Fen bilimleri metinlerinde anlam kurma süreci, 3. Bilgi verici metinleri anlamayı destekleyen öğretimsel düzenlemeler ve 4. Ulusal alan yazındaki araştırma gereksinimi olarak belirlenmiştir.

3.1. Bilgi Verici Metinleri Okuduğunu Anlama Performansı

Dahil edilen araştırmalar incelendiğinde işitme kayıplı öğrencilerin bilgi verici metinleri okuduğunu anlama performanslarının, metindeki açık bilgiyi bulma becerisinden çok, bilgiyi ilişkilendirme, çıkarım yapma, ana düşünceyi belirleme ve okunan bilgiyi yeniden ifade etme süreçlerinde belirginleştiği görülmektedir. Özellikle bilgi verici metinlerde düşük performansın sınıf düzeyi arttıkça kendiliğinden ortadan kalkmaması, okuma deneyiminin tek başına yeterli olmadığını; öğrencilerin metnin yapısını, kavramsal düzenini ve anlam ilişkilerini çözümlemeye yönelik doğrudan desteğe ihtiyaç duyduğunu göstermektedir (Hassanzadeh & Nikkhoo, 2019). Bu bağlamda, işitme kayıplı öğrencilerin bilgi verici metinlerdeki performansı yalnızca "okuyabiliyor/okuyamıyor" düzeyinde değil; metni anlama, açıklama, yorumlama ve metinden hareketle yeni anlam üretme düzeyinde değerlendirilmelidir.

Araştırmalardan elde edilen ortak sonuç, işitme kayıplı öğrencilerin bilgi verici metinlerdeki güçlüklerinin tek bir değişkenle açıklanamayacağını göstermektedir. Metnin sunuluş biçimi, öğrencinin okuma düzeyi, kullanılan soru türleri ve metnin çıkarım gerektirip gerektirmemesi performansı doğrudan etkileyebilmektedir. Nitekim bilgi verici metinleri anlamada bazı öğrencilerin uygun yapılandırmalarla işiten akranlarına yakın performans gösterebilmesi, güçlüğün yalnızca işitme kaybından kaynaklanmadığını; okuma ortamı, metin düzeni ve destekleyici öğretimsel koşullarla birlikte ele alınması gerektiğini düşündürmektedir (Blom vd., 2017; Rodríguez-Ortiz vd., 2025). Bu nedenle bilgi verici metinleri okuduğunu anlama becerisi, işitme kayıplı öğrenciler için sabit bir yetersizlik alanı değil, uygun öğretimsel düzenlemelerle geliştirilebilecek akademik bir beceri alanıdır.

3.2. Fen Bilimleri Metinlerinde Anlam Kurma Süreci

Dahil edilen araştırmalarda fen bilimleri derslerinde kullanılan bilgi verici metinlerin, işitme kayıplı öğrenciler için ayrı bir anlam kurma alanı oluşturduğu görülmektedir. Fen metinleri; bilimsel kavramlar, teknik terimler, neden-sonuç ilişkileri, açıklamalar, sınıflamalar ve yoğun bilgi akışı içerdiğinden, öğrenciden yalnızca metni okumasını değil, metindeki bilimsel ilişkileri kavramsal düzeyde yapılandırmasını beklemektedir. Bu nedenle Marschark ve diğerlerinin (2009) de ortaya koyduğu gibi, fen metinlerinde yaşanan güçlükler yalnızca basılı metni çözümleme becerisiyle değil, kavramsal bilgiye erişim ve bilimsel içeriği anlamlandırma süreçleriyle birlikte değerlendirilmelidir.

Fen bilimleri bağlamında bilgi verici metinlerin anlaşılabilirliği, metnin öğrencinin dil ve öğrenme düzeyine uygunluğu ile yakından ilişkilidir. Araştırmalarda, fen kitaplarının görsel destek, kelime öğretimi, yardımcı sorular ve uygulamalı etkinlikler bakımından düzenlenmesinin işitme kayıplı öğrenciler için önemli olduğu vurgulanmakta; ulusal alanyazında ise öğrencinin gerçek düzeyine göre sadeleştirilmiş materyallerin ve yaşantı temelli öğretim uygulamalarının daha etkili sonuçlar verdiği görülmektedir (Boyd, 2000; Şagban, 2000). Bu sonuç, fen bilimleri derslerinde kullanılan bilgi verici metinlerin yalnızca içerik taşıyan yazılı materyaller olarak değil, öğrencinin bilimsel kavramlara ve akademik dile erişimini sağlayan temel öğretim araçları olarak ele alınması gerektiğini göstermektedir. Bu tema kapsamında ulaşılan bulgular, işitme kayıplı öğrencilerin fen metinlerini anlamada yaşadıkları güçlüklerin çoğu zaman metnin kendisinden bağımsız değerlendirilemeyeceğini ortaya koymaktadır.

Bilimsel kavramlara ilişkin sözcüklerin, metin içi ilişkilerin ve açıklayıcı yapıların doğrudan öğretim sürecinde ele alınmadığı durumlarda, öğrenciler metni çözümleseler bile metindeki bilgiyi bütünlüklü biçimde anlamlandırmakta zorlanabilmektedir. Bu nedenle fen bilimleri metinlerinde okuduğunu anlama, yalnızca okuma dersinin değil, fen öğretiminin de temel bir bileşeni olarak görülmelidir.

3.3. Bilgi Verici Metinleri Anlamayı Destekleyen Öğretimsel Düzenlemeler

Araştırmalardan elde edilen sonuçlar, işitme kayıplı öğrencilerin bilgi verici metinleri okuduğunu anlama becerilerinin açık, yapılandırılmış ve sistematik öğretimsel düzenlemelerle desteklenebileceğini göstermektedir. Bilgi verici metinlerde öğrencinin metne başlamadan önce anahtar kavramlarla karşılaşması, metin yapısını fark etmesi, önemli bilgileri ayırt etmesi, okuduklarını özetlemesi ve kendi ifadeleriyle yeniden anlatması anlam kurma sürecini güçlendirmektedir. Bu bağlamda, içerik okuryazarlığı stratejileri ile okuduğunu anlama stratejilerinin doğrudan öğretilmesi, işitme kayıplı öğrencilerde yalnızca metni takip etmeyi değil, metindeki bilgiyi düzenlemeyi ve yorumlamayı da desteklemektedir (Howell & Luckner, 2003; Salehomoum, 2018).

Bilgi verici metinleri anlamayı destekleyen uygulamaların ortak yönü, öğrenciyi metin karşısında pasif okuyucu olmaktan çıkarıp bilgiyi seçen, düzenleyen ve yeniden ifade eden aktif bir öğrenen konumuna yerleştirmesidir. Fen merkezli deneyimsel öğretim uygulamalarında öğrencilerin kavramları somut yaşantılarla ilişkilendirmesi; not alma ve sözlü rapor sunma gibi uygulamalarda ise metindeki bilgiyi dönüştürerek kullanması, bilgi verici metinlerin daha anlamlı biçimde işlenmesini sağlamaktadır (Patalano, 2014; Ukrainetz, 2019). Bu nedenle bilgi verici metin öğretimi, yalnızca metni okutma ya da metinle ilgili soru sorma süreci olarak değil; kavram hazırlığı, metin yapısı farkındalığı, strateji kullanımı, anlamı izleme ve yeniden ifade etme aşamalarını içeren bütüncül bir öğretim süreci olarak planlanmalıdır.

Bu bulgular, işitme kayıplı öğrencilerin bilgi verici metinleri anlamalarında öğretimsel desteğin tamamlayıcı değil, belirleyici bir unsur olduğunu göstermektedir. Özellikle fen bilimleri gibi kavramsal yoğunluğu yüksek derslerde görsel destekler, sadeleştirilmiş materyaller, açık strateji öğretimi, özetleme, not alma ve sözlü/yazılı yeniden anlatım çalışmaları, öğrencinin metindeki bilgiyi daha erişilebilir ve düzenlenebilir hâle getirmesine katkı sağlamaktadır. Bu nedenle işitme kayıplı öğrenciler için bilgi verici metin öğretimi, öğrencinin dil düzeyi, okuma düzeyi ve fen içeriğine ilişkin hazır bulunuşluğu dikkate alınarak yapılandırılmalıdır.

3.4. Ulusal Alanyazındaki Araştırma Gereksinimi

Dahil edilen araştırmaların genel görünümü, uluslararası alan yazında işitme kayıplı öğrencilerin bilgi verici metinleri anlama süreçlerinin daha çeşitli değişkenler üzerinden ele alındığını göstermektedir. Bu çalışmalarda okuma performansı, fen metinleri, metin yapısı, strateji kullanımı, üst-anlama, not alma ve akademik içerik okuryazarlığı gibi boyutlar öne çıkarken; ulusal alan yazında araştırmaların daha çok fen başarısı, kavram öğretimi ve öğretim materyallerinin etkisi üzerinde yoğunlaştığı görülmektedir. Bu nedenle ulusal alan yazında işitme kayıplı öğrencilerin bilgi verici metinleri okuduğunu anlama becerisini doğrudan merkeze alan araştırmaların sınırlı kaldığı söylenebilir (Aktürel, 2004; İstel vd., 2020).

Bu durum, Türkiye'de işitme kayıplı öğrencilerin fen bilimleri derslerinde karşılaştıkları bilgi verici metinleri nasıl okudukları, metindeki bilgileri nasıl seçtikleri, okuduklarını nasıl anlattıkları ve metne ilişkin sorulara nasıl cevap verdikleri konusunda belirgin bir araştırma boşluğu olduğunu göstermektedir. Sellioğ'un (2025) sistematik incelemesinde de vurgulandığı üzere, Türkiye'de bu alanda yapılmış lisansüstü çalışmaların sayıca sınırlı olması, bilgi verici metinlerde okuduğunu anlama becerisinin bağımsız bir araştırma alanı olarak daha sistematik biçimde ele alınması gerektiğini ortaya koymaktadır. Bu nedenle gelecekte yapılacak araştırmaların yalnızca fen başarısını değil, doğrudan bilgi verici metinleri okuduğunu anlama, okuduğunu anlatma, sorulara cevap verme ve çıkarım yapma performanslarını incelemesi önem taşımaktadır.

4. GENEL DEĞERLENDİRME VE SONUÇLAR

Bu araştırmada incelenen çalışmalar, işitme kayıplı öğrencilerin bilgi verici metinleri okuduğunu anlama becerilerinin fen bilimleri öğrenimi açısından temel bir belirleyici olduğunu göstermektedir. Bilgi verici metinler, öğrenciden yalnızca yazılı metni çözümlemesini değil; metindeki kavramları

anlamasını, bilgiler arasındaki ilişkileri kurmasını, ana ve yardımcı düşünceleri ayırt etmesini ve okuduklarını yeniden ifade etmesini gerektirmektedir. Bu nedenle, Hassanzadeh ve Nikkhoo'nun (2019) okuma okuryazarlığına ilişkin bulguları ile Rodríguez-Ortiz ve diğerlerinin (2025) çıkarım gerektiren metinlerdeki güçlükleri ortaya koyan sonuçları birlikte değerlendirildiğinde, işitme kayıplı öğrencilerin bilgi verici metinleri anlamada özellikle üst düzey anlam kurma süreçlerinde desteğe ihtiyaç duydukları anlaşılmaktadır.

Fen bilimleri bağlamında bu gereksinim daha belirgin hâle gelmektedir. Çünkü fen metinleri, yoğun kavram ve teknik sözcük içermesi nedeniyle öğrencinin yalnızca metni okumasını değil, bilimsel bilgiyi kavramsal olarak yapılandırmasını da gerektirmektedir. Marschark ve diğerleri (2009), fen metinlerini anlamada güçlüğün yalnızca okuma becerisiyle açıklanamayacağını ortaya koyarken; Boyd'un (2000) fen kitaplarının görsel destek, kelime öğretimi ve yardımcı sorular bakımından düzenlenmesine ilişkin vurgusu, metin ve materyal niteliğinin anlama sürecindeki belirleyici rolünü göstermektedir. Bu bağlamda fen bilimleri derslerinde kullanılan bilgi verici metinler, işitme kayıplı öğrenciler için yalnızca bilgi aktaran materyaller değil, bilimsel dile ve akademik öğrenmeye erişimin temel araçlarıdır.

Araştırmalardan elde edilen sonuçlar, işitme kayıplı öğrencilerin bilgi verici metinleri okuduğunu anlama becerilerinin uygun öğretimsel desteklerle geliştirilebileceğini göstermektedir. Özellikle Howell ve Luckner'ın (2003) içerik okuryazarlığı stratejilerine ilişkin bulguları, metin özelliklerini tanıma ve özetleme gibi becerilerin doğrudan öğretiminin önemini ortaya koyarken; Ukrainetz'in (2019) not alma ve sözlü rapor sunma uygulamalarına ilişkin sonuçları, öğrencilerin bilgiyi seçme, düzenleme ve yeniden ifade etme süreçlerinin desteklenmesi gerektiğini göstermektedir. Bu nedenle bilgi verici metin öğretimi, yalnızca metnin okutulmasıyla sınırlı kalmamalı; öğrencinin metindeki bilgiyi işlemesini, yapılandırmasını ve kendi anlatımıyla ortaya koymasını sağlayacak biçimde planlanmalıdır.

Ulusal alanyazın açısından değerlendirildiğinde, işitme kayıplı öğrencilerin fen bilimleri öğrenme süreçlerine yönelik çalışmalar bulunmakla birlikte, bu çalışmaların çoğunlukla fen başarısı, kavram öğretimi ve öğretim materyalleri ekseninde yoğunlaştığı görülmektedir. Şagban'ın (2000) sadeleştirilmiş materyal ve yaşantı temelli öğretime ilişkin bulguları ile Aktürel'in (2004) fen öğretimi sonucunda anlamlı öğrenmeye ilişkin sonuçları, bu alana önemli katkılar sunmaktadır. Ancak bu çalışmaların doğrudan bilgi verici metinleri okuduğunu anlama performansına odaklanmaması, ulusal alanyazında önemli bir boşluğun bulunduğunu göstermektedir. İstel ve diğerlerinin (2020) okuduğunu anlama düzeylerine ilişkin bulguları ile Sellioğ'un (2025) lisansüstü tezlerdeki sınırlılığa ilişkin değerlendirmesi birlikte düşünüldüğünde, Türkiye'de işitme kayıplı öğrencilerin bilgi verici metinleri okuduğunu anlama becerilerinin daha görünür ve sistematik biçimde araştırılması gerektiği anlaşılmaktadır.

Sonuç olarak, işitme kayıplı öğrencilerin bilgi verici metinleri okuduğunu anlama becerileri; özel eğitim, okuma-anlama öğretimi ve fen bilimleri eğitiminin kesişiminde yer alan kritik bir araştırma alanıdır. Fen bilimleri derslerinde kullanılan bilgi verici metinler, bu öğrencilerin bilimsel kavramlara, akademik dile ve ders içeriğine erişimini sağlayan temel araçlar olduğundan, metinlerin öğrencinin düzeyine uygun düzenlenmesi ve okuduğunu anlama stratejileriyle desteklenmesi gerekmektedir. Bu doğrultuda, ileride yapılacak araştırmalarda işitme kayıplı öğrencilerin bilgi verici metinleri okuma, okuduğunu anlatma, sorulara cevap verme ve çıkarım yapma performanslarının doğrudan incelenmesi; bu becerileri destekleyen öğretimsel düzenlemelerin ise fen bilimleri bağlamında ayrıntılı biçimde ortaya konması önem taşımaktadır.

KAYNAKÇA

*Aktürel, İ. E. (2004). *İşitme engelli öğrencilerin fen öğretimine verdikleri yanıt ve öğrenci özellikleri bakımından incelenmesi* [Yayımlanmamış yüksek lisans tezi]. Anadolu Üniversitesi.

Başaran, M., & Akyol, H. (2009). Okuduğunu anlama ve metne karşı geliştirilen tutum üzerinde metnin bilgi verici veya hikâye edici olmasının etkisi. *Uşak Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi, 2*(1), 11–23.

Bereiter, C., & Scardamalia, M. (1987). *The psychology of written composition*. Lawrence Erlbaum Associates.

*Blom, H., Segers, E., Hermans, D., Knoors, H., & Verhoeven, L. (2017). Hypertext comprehension of deaf and hard-of-hearing students and students with specific language impairment. *Research in Developmental Disabilities, 61*, 127–137. DOI: 10.1016/j.ridd.2016.12.014

*Boyd, M. (2005). The quality of textbooks used in science education: A study of four schools serving deaf students [Unpublished master thesis]. Rochester Institute of Technology.

Bybee, R. W. (1997). *Achieving scientific literacy: From purposes to practices*. Heinemann.

Figueroa, M., Darbra, S., & Silvestre, N. (2020). Reading and theory of mind in adolescents with cochlear implant. *Journal of Deaf Studies and Deaf Education, 25*(2), 212–223. https://doi.org/10.1093/deafed/enz046

*Gómez-Merino, N., Fajardo, I., Ferrer, A. M., & Joseph, H. (2022). Eye movements of deaf students in expository versus narrative texts. *American Annals of the Deaf, 167*(3), 313–333. DOI: 10.1353/aad.2022.0030

*Hassanzadeh, S., & Nikkhoo, F. (2019). Reading literacy development of deaf students in special schools in Iran. *International Journal of Special Education, 34*(1), 245–253.

Hidi, S. W., & Hildyard, A. (1983). Oral and written production. *Discourse Processes, 6*(2), 91–110.

Hiebl, M. R. W. (2023). Sample selection in systematic literature reviews of management research. *Organizational Research Methods, 26*(2), 229–261. https://doi.org/10.1177/1094428120986851

*Howell, J. J., & Luckner, J. L. (2003). Helping one deaf student develop content literacy skills: An action research report. *Communication Disorders Quarterly, 25*(1), 23–27. DOI: 10.1177/15257401030250010401

*İstel, Ç., Uzuner, Y., Girgin, Ü., Ünlüer, S., Karasu, G., & Tanrıdiler, A. (2020). İşitme kayıplı gençlere uygulanan yapı bilgisi dersinin iyileştirme sürecinin incelenmesi. *Ankara Üniversitesi Eğitim Bilimleri Fakültesi Özel Eğitim Dergisi, 21*(2), 193–225. https://doi.org/10.21565/ozelegitimdergisi.523789

Jesson, J. K., Matheson, L., & Lacey, F. M. (2011). *Doing your literature review: Traditional and systematic techniques*. SAGE.

*Karabulut, H. A., Uçar, A. S., & Uçar, K. (2021). Türkiye'de özel gereksinimli öğrencilerle Fen Bilimleri öğretimine ilişkin yapılan araştırmaların gözden geçirilmesi. *Kocaeli Üniversitesi Eğitim Dergisi*, *4*(1), 62-85. https://doi.org/10.33400/kuje.895279

*Karadağ, E., & Uçar, S. (2021). Ay'ın evreleri ve oluşumu konusunda işitme engelli öğrencilerin kavram değişimlerinin incelenmesi. *Ondokuz Mayıs Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, *40*(2), 657-688. https://doi.org/10.7822/omuefd.876201

*Karasu Sivas, G. (2025). Investigation of the development process of expository text structure for university students with hearing impairments. *Forum for Linguistic Studies, 7*(6), 233–251. https://doi.org/10.30564/fls.v7i6.9080

Kılıç, B. G. (2007). *İşitme engelli öğrencilerin fen bilimleri deneysel etkinliklerindeki bilimsel süreç becerilerinin değerlendirilmesi* [Yayımlanmamış yüksek lisans tezi]. Anadolu Üniversitesi.

Kucan, L., & Beck, I. L. (1997). Thinking aloud and reading comprehension research: Inquiry, instruction, and social interaction. *Review of Educational Research, 67*(3), 271–299.

Lapp, D., Flood, J., & Ranck-Buhr, W. (1995). Using multiple text formats to explore scientific phenomena in middle school classrooms. *Reading & Writing Quarterly, 11*(2), 173–186.

Liberati, A., Altman, D. G., Tetzlaff, J., Mulrow, C., Gøtzsche, P. C., Ioannidis, J. P., Clarke, M., Devereaux, P. J., Kleijnen, J., & Moher, D. (2009). The PRISMA statement for reporting systematic reviews and meta-analyses of studies that evaluate health care interventions: Explanation and elaboration. *Journal of Clinical Epidemiology, 62*(10), e1–e34. https://doi.org/10.1016/j.jclinepi.2009.06.006

*Marschark, M., Sapere, P., Convertino, C. M., Mayer, C., Wauters, L. N., & Sarchet, T. (2009). Are deaf students' reading challenges really about reading? *American Annals of the Deaf, 154*(4), 357–370. DOI: 10.1353/aad.0.0111

McCutchen, D., & Perfetti, C. A. (1982). *Coherence and connectedness in the development of discourse production*. Learning Research and Development Center, University of Pittsburgh. ERIC.

Millî Eğitim Bakanlığı. (2016). *İşitme yetersizliği ve kaynaştırma*. https://orgm.meb.gov.tr/icdep/content/upload/attached-files/isitme-yetersizligi-ve-ka-20211219203142.pdf

*Mukhopadhyay, S., & Moswela, E. (2010). Inside practice of science teachers for students with hearing impairments in Botswana primary schools. *International Journal of Special Education, 25*(3), 57–67.

Özdemir, E. (1998). *Eleştirel okuma*. Ümit Yayıncılık.

*Patalano, F. L. (2015). *Science based education for students who are deaf and/or hard of hearing* [Unpublish doctoral thesis]. Arcadia University. https://scholarworks.arcadia.edu/grad_etd/1

*Ramos, A. C. C. (2011). *Ensino de ciências & educação de surdos: Um estudo em escolas públicas (Science Education & Deaf Education: A Study in Public Schools)* [Unpublish master thesis]. Universidade Federal do Rio de Janeiro.

*Rodríguez-Ortiz, I. R., Moreno-Pérez, F. J., & Saldaña, D. (2025). Reading metacomprehension of Spanish deaf and hard-of-hearing students. *Journal of Deaf Studies and Deaf Education, 30*(1), 60-69. doi: 10.1093/jdsade/enae030

*Salehomoum, M. (2018). *Explicit instruction of reading comprehension strategies: Effect on d/deaf adolescent students' strategy use and reading comprehension* [Unpublish doctoral thesis]. University of California Berkeley.

Savolainen, H., Ahonen, T., Aro, M., Tolvanen, A., & Holopainen, L. (2008). Reading comprehension predictors. *Learning and Instruction, 18*(3), 201–210.

*Sellioğ, A. (2025). İşitme yetersizliği olan öğrencilerin fen ve matematik eğitimine yönelik lisansüstü tez çalışmalarının incelenmesi. *Millî Eğitim Dergisi, 54*(246), 915–958. DOI https://doi.org/10.37669/milliegitim.1521772

Stein, N. L., & Glenn, C. G. (1979). An analysis of story comprehension in elementary school children. In R. O. Freedle (Ed.), *New directions in discourse processing* (pp. 53–120). Ablex.

*Şağban, K. (2000). *Fen bilgisi öğretimi amacıyla Ahmet Yesevi İşitme Engelliler İlköğretim Okulu 5. sınıf öğrencileriyle yapılan farklı öğretim uygulamalarının karşılaştırılması* [Yayımlanmamış yüksek lisans tezi]. Anadolu Üniversitesi.

Tibken, C., Richter, T., Wannagat, W., Schmiedeler, S., von der Linden, N., & Schneider, W. (2022). Monitoring comprehension. *Discourse Processes, 59*(5–6), 439–461.

*Ukrainetz, T. A. (2019). Sketch and speak: An expository intervention using note-taking and oral practice for children with language-related learning disabilities. *Language, Speech, and Hearing Services in Schools, 50*(1), 53–70. DOI: 10.1044/2018_lshss-18-0047

Williams, J. P., Hall, K. M., & Lauer, K. D. (2004). Teaching expository text structure to young at-risk learners: Building the basics of comprehension instruction. *Exceptionality, 12*(3), 129–144. https://doi.org/10.1207/s15327035ex1203_2

İşaretli olan araştırmalar sistematik literatür taramasında kullanılan kaynaklardır.

ERKEN ÇOCUKLUK EĞİTİMCİ ADAYLARININ YENİLİKÇİLİK DÜZEYLERİ[1]

INNOVATION LEVELS OF EARLY CHILDHOOD EDUCATIONAL CANDIDATES[2]

İlay Ebrar ÇITRAZ
GEÇA (Gülistan Erken Çocukluk Atölyesi), Çekmeköy, İstanbul.

Doç. Dr. Kamil Arif KIRKIÇ
İstanbul Sabahattin Zaim Üniversitesi, Eğitim Fakültesi, Eğitim Bilimleri Bölümü, Küçükçekmece, İstanbul.

ÖZET

Bu araştırmanın amacı, erken çocukluk eğitici adaylarının bireysel yenilikçilik düzeylerini belirlemek ve bu düzeylerin eğitim düzeyine göre anlamlı bir farklılık gösterip göstermediğini incelemektir. Bireysel yenilikçilik, eğitim kalitesinin artırılmasında önemli bir faktör olarak ele alınmış ve özellikle eğitimci adayları bağlamında değerlendirilmiştir. Araştırma, betimsel nitelikte olup tekil tarama modeli kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Çalışma grubu, bir sivil toplum kuruluşunda erken çocukluk eğitimi alan toplam 155 eğitici adayından oluşmaktadır. Veriler, kişisel bilgi formu ve Türkçeye uyarlanmış Bireysel Yenilikçilik Ölçeği aracılığıyla toplanmıştır. Ölçek, değişime direnç, fikir önderliği, deneyime açıklık ve risk alma alt boyutlarını içermektedir. Verilerin analizinde normallik testleri (çarpıklık-basıklık), betimsel istatistikler (aritmetik ortalama, standart sapma) ve gruplar arası farkları belirlemek için tek yönlü varyans analizi (ANOVA) ile LSD çoklu karşılaştırma testi kullanılmıştır. Araştırma bulgularına göre eğitici adaylarının bireysel yenilikçilik düzeyleri genel olarak ortalamanın üzerindedir. Katılımcılar özellikle deneyime açıklık ve fikir önderliği boyutlarında daha yüksek puanlar alırken, değişime direnç ve risk alma boyutlarında daha orta düzeyde kalmışlardır. Eğitim düzeyine göre yapılan analizde, fikir önderliği boyutunda anlamlı bir farklılık saptanmıştır. Ön lisans öğrencilerinin lisans öğrencilerine, lisans mezunlarının ise diğer gruplara göre daha yüksek puan aldığı belirlenmiştir. Araştırma sonuçları, eğitim düzeyinin bireysel yenilikçilik üzerinde etkili olduğunu göstermektedir. Özellikle lisans mezunu bireylerin daha yüksek yenilikçilik düzeyine sahip olması, akademik eğitimin bu becerinin gelişiminde önemli bir rol oynadığını göstermektedir. Bu doğrultuda, yenilikçilik becerilerini destekleyici eğitim programlarının tüm eğitim düzeylerine entegre edilmesi önerilmektedir.
Anahtar kelimeler: Erken çocukluk, bireysel yenilikçilik, okul öncesi eğitimi.

ABSTRACT

This research aims to assess the levels of individual innovativeness among early childhood educator candidates and to investigate whether these levels exhibit significant variation by educational attainment. Individual innovativeness is seen as a crucial element in improving educational quality, specifically assessed within the context of teacher candidates. The study is descriptive and uses a single-sample survey methodology. The study group comprises 155 teacher candidates in early childhood education at a non-governmental organization. The data were gathered through a personal information form and the Turkish-adapted Individual Innovation Scale. The scale comprises the sub-dimensions of resistance to change, opinion leadership, openness to experience, and risk-taking. The data analysis employed normality tests (skewness-kurtosis), descriptive statistics (arithmetic mean, standard deviation), and one-way analysis of variance (ANOVA) with the LSD multiple-comparison test to assess intergroup differences. The research findings indicate that the teacher candidates' individual levels of innovativeness are predominantly above average. Participants exhibited elevated scores primarily in openness to experience and idea leadership, while maintaining a more modest level in resistance to change and risk-taking. The investigation, based on education level, revealed a significant disparity in the dimension of thought leadership. It has been established that associate degree students outperformed undergraduate students, while undergraduate graduates surpassed other cohorts. The research findings demonstrate that educational attainment influences individual inventiveness.

[1] Bu çalışma ikinci yazarın danışmanlığında birinci yazar tarafından hazırlanan yüksek lisans projesinden hazırlanmıştır.
[2] This study has been prepared from a master's project conducted by the first author under the supervision of the second author.

The elevated level of creativity among individuals possessing a bachelor's degree signifies that academic education significantly contributes to the cultivation of this capacity. It is advisable to incorporate educational programs that foster innovation across all levels of education.
Keywords: Early childhood, individual innovation, preschool education.

INTRODUCTION

With the development of technology, our ways of learning, communicating with our surroundings, and living have changed significantly (Rich et al., 2015). Individuals need to develop their knowledge and skills day by day. Technology is advancing more each day, and new ideas and innovations are emerging. In this context, individual innovation refers to the differences individuals propose in innovation (Kırkıç & Topal, 2019). Organizational and societal renewal depends on individuals (Gardner, 1990). Individual innovativeness is the willingness to try new things (Pelenk, 2017). In this context, it is important to investigate the conceptual characteristics of innovation (Kılıçer, 2011). Individual innovativeness is related to a person's enthusiasm for innovation and their positive response to innovations in their behaviors, creating a difference. The institution's priority in adopting new products, services, techniques, and processes before its competitors and in deriving value from them is related to corporate innovation (Uzkurt, 2008). According to Handa and Gupta, individual innovation is divided into two parts: general innovation and personal innovation. A person is innovative in general or according to a specific area of interest. General innovativeness is innate, and individuals are generally inclined and open to new ideas and matters. They are willing to accept, understand, and implement new ideas. Innovation in the area of interest reflects a person's tendency to adopt special learning and innovation in their specific area of interest (cited in Saraç, 2019). The knowledge, skills, understanding, attitudes, and behaviors that should be present in students must first be found in educators. Therefore, educators need to develop and renew themselves (Saraç, 2019). Education and innovation mutually influence each other. Therefore, education shapes innovation and contributes to its development. It enhances the quality and nature of education through innovation. In light of all this, the education system should develop innovative teaching programs and methods to impart these skills to students (Kılıçer, 2011). The use of information technologies in early childhood positively affects the development of children's information processing, problem-solving, planning, reflective thinking, visual thinking, logical-mathematical thinking, analogical thinking, creative and critical thinking, psychomotor skills, and vocabulary and memory (Klein et al., 2000). Therefore, it is very important to determine educators' perceptions of innovative characteristics, as they play a significant role in educational systems. Innovative educators can contribute to improving the quality of education and teaching (Yılmaz et al., 2014). Teachers' possession of innovative characteristics will enhance the quality of education. In this context, it is considered important to investigate educators' perceptions of innovation characteristics (Saraç, 2019). Based on all this, the research problem is: "Are the individual innovation levels of early childhood educator candidates sufficient?" The individual innovation skills of students enrolled in certified education programs have not been adequately studied. The main purpose of this research is to measure the individual innovativeness skills of trainee educators studying in an institution that conducts a Preschool Educator certification program. Based on this main objective, the following research questions have been addressed:

1) What are the individual innovativeness levels of early childhood educator candidates?
2) Do the individual innovation levels of early childhood educator candidates show significant differences according to their education levels?

METHOD

Research Model

The research model is the survey model. According to Karasar (2017), the survey model is a research model that aims to describe and define the current or past situation as it is, without trying to change or influence the research subjects. According to Yıldırım and Şimşek (2000), the survey model in science aims to observe, record, identify relationships between events, and make generalizations about controlled, invariant relationships. In other words, the descriptive function of science is at the forefront (cited in Özdemir & Kaptan, 2013). In the research item development process, Kılıçer's study on the Individual Innovativeness Scale served as the basis.

To investigate whether the continuous variables obtained from situations perceived as obstacles to innovation by teacher candidates in the Early Childhood department differ according to education level, family income level, parental education level, and technology usage level, a survey model was used (Kılıçer, 2011).

Study Group

The research population consists of teacher candidates who studied early childhood education at an NGO institution during the 2018-2019 academic year and those who are currently studying early childhood education during the 2019-2020 academic year. The research sample comprises 155 early childhood educator candidates who have studied or are currently studying early childhood education at the NGO institution.

Table 1. The Demographic Characteristics of Early Childhood Educator Candidates

Demographic Characteristics		**f**	**%**
Gender	Women	155	100.0
	Men	0	0.0
Education Level	1. High school graduates	50	32.3
	2. Studying for an associate degree	41	26.5
	3. Associate degree graduates	17	11.0
	4. Studying for a Bachelor's degree	24	15.5
	5. Bachelor's degree graduates.	23	14.8

As shown in Table 1, all 155 candidates for early childhood educators who participated in the study (100.0%) are women. According to their education levels, 50 (32.3%) are high school graduates, 41 (26.5%) are studying for an associate degree, 17 (11.0%) are associate degree graduates, 24 (15.5%) are studying for a bachelor's degree, and 23 (14.8%) are bachelor's degree graduates.

Data Collection Tools

A data collection tool consisting of two sections was used in the research.

Personal Information Form: In this section, information regarding the gender and education level of early childhood educator candidates was requested.

Individual Innovativeness Scale: The second part of the data collection tool used in the research, which aims to determine individuals' levels of innovativeness and innovation categories, has been adapted into Turkish with permission, specifically the "Individual Innovativeness (II)" scale (Kılıçer & Odabaşı, 2010). The scale items were independently translated from the original language into Turkish by two translators: one faculty member from Anadolu University and one instructor from the School of Foreign Languages. The innovation section was prepared with five-point Likert options: "Strongly Agree," "Agree," "Neutral," "Disagree," and "Strongly Disagree," while the section determining the levels of technology use was categorized as "insufficient," "partially sufficient," "sufficient," "quite sufficient," and "excellent." In order to measure the innovation levels of early childhood educator candidates, the Individual Innovation Scale (IIS), adapted into Turkish, includes 20 judgment sentences prepared as items in the innovation section related to its basic purpose, and 40 judgment sentences prepared as five-point Likert items in the perceived barriers section to determine their views on situations they perceive as obstacles to innovation. When the item load values calculated for the Individual Innovation Scale (IIS) were examined, it was determined that the "Resistance to Change" dimension consists of eight items (4, 6, 7, 10, 13, 15, 17, and 20), the "Opinion Leadership" dimension consists of five items (1, 8, 9, 11, and 12), the "Openness to Experience" dimension consists of five items (2, 3, 5, 14, and 18), and the "Risk Taking" dimension consists of two items (16 and 19). The item-total correlation values of the items in all factors range from .270 to .510, and the factor load values range from .360 to .787. In the second part of the scale, when looking at the barriers, individual barriers consist of 10 items (2, 7, 12, 15, 23, 28, 29, 31, 35, 39), institutional barriers consist of 23 items (1, 3, 4, 6, 8, 10, 11, 13, 14, 16, 18,

19, 21, 22, 24, 25, 27, 30, 32, 34, 36, 38, 40), and societal barriers consist of 7 items (5, 9, 17, 20, 26, 33, 37). The reliability coefficients α = .86 for the 20-item measure of individual innovativeness and α = 0.91 for the 40-item measure of their views on situations perceived as obstacles to innovation have been calculated (Kılıçer & Odabaşı, 2010). In this study, the Individual Innovativeness Scale had a reliability coefficient of α = .80 for the 20-item measure of individual innovativeness and α = .98 for the 40-item measure of their views on situations perceived as obstacles to innovation. Based on the results, the individual innovation scale is reliable.

Data Collection

At a non-governmental organization (NGO), the researcher's "Individual Innovation Profile Questionnaire" was distributed to graduates and current students of Early Childhood Education for completion in a digital environment. The data were collected from educators within the NGO. Before implementation, the research purpose and the measurement tool were explained to the students. Later, the students were asked to read the instructions for each section and answer the questions. During the data collection, the principle of voluntariness was observed, and the measurement tool was not provided to students who did not wish to participate in the research.

Data Analysis

The 5-point Likert scale prepared for the Individual Innovation Scale was divided into five equal parts, with the corresponding score ranges for each option determined as follows: 1-1.79 "strongly disagree"; 1.80-2.59 "disagree"; 2.60-3.39 "neutral"; 3.40-4.19 "agree"; and 4.20-5.00 "strongly agree." To determine the analyses to be conducted in the study, the distributions were examined for normality; the kurtosis and skewness values are presented in Table 2.

Table 2. Kurtosis and Skewness Values

	Kurtosis		**Skewness**	
Dimensions	**Value**	**SEM**	**Value**	**SEM**
Resistance to Change	-.405	.195	.363	.387
Intellectual Leadership	-.357	.195	-.281	.387
Openness to Experience	-.942	.195	.776	.387
Risk-Taking	-.045	.195	-.404	.387
Overall Scale	.087	.195	-.575	.387
Individual Barriers	-.141	.195	-.609	.387
Organizational Barriers	-.159	.195	-.935	.387
Social Barriers	-.171	.195	-.524	.387

As shown in Table 2, the kurtosis and skewness values of the scores obtained by the early childhood educator candidates, who constitute the sample group, on the individual innovativeness scale and its sub-dimensions, were found to be within the ±1.5 range as a result of the normality test conducted to determine whether these scores follow a normal distribution. The range of ±1.5 for kurtosis and skewness values is considered normal for a normal distribution (Tabachnick & Fidell, 2013). Based on this explanation, it was accepted that the scale scores followed a normal distribution, and the data were analyzed in SPSS to determine the means and standard deviations and to perform a one-way analysis of variance (ANOVA).

FINDINGS

Findings Related to the First Sub-Problem of the Research

The data obtained regarding the first sub-problem of the research, "What are the individual innovativeness levels of early childhood educator candidates?" The data on the question "What are the individual innovativeness levels of early childhood education candidates?" are presented in Table 3

Table 3. Individual Innovativeness Scale: Arithmetic Mean and Standard Deviation Values

Dimensions	*n*	M	*SD*
Resistance to Change	155	3.35	.73
Intellectual Leadership	155	3.75	.76
Openness to Experience	155	4.02	.76
Risk-Taking	155	3.27	.90
Overall Scale	155	3.61	.48
Individual Barriers	155	3.35	.89
Organizational Barriers	155	3.16	1.02
Social Barriers	155	3.18	.98

As stated in Table 3, the average score for the resistance to change sub-dimension of the individual innovativeness scale is 3.35, the average score for the intellectual leadership sub-dimension is 3.75, the average score for the openness to experience sub-dimension is 4.02, the average score for the risk-taking sub-dimension is 3.27, and the average score for the overall scale is 3.61; the average score for the individual barriers sub-dimension is 3.35, the average score for the organizational barriers sub-dimension is 3.16, and the average score for the social barriers sub-dimension is 3.18.

Findings Related to the Second Sub-Problem of the Research

The data obtained for the second sub-problem of the research, "Do the individual innovation levels of early childhood educator candidates show significant differences according to their educational levels?" are presented in Table 4.

Table 4. Results of One-Way Analysis of Variance (ANOVA) for Individual Innovation Scale and Sub-Dimension Scores by Education Level Variable

Dimension	**Groups**	**n**	**M**	**SD**	***F***	***p***	**difference**	***p***
Intellectual Leadership	1. High school graduates	50	3.77	1.04	2.718	.032		
	2. Studying for an associate degree	41	3.81	.96			2 >4	.048
	3. Associate degree graduates	17	3.53	.95				
	4. Studying for a Bachelor's degree	24	3.43	.97				
	5. Bachelor's degree graduates.	23	4.09	.92			5>4 5>3	.021 .003

As shown in Table 4, a one-way analysis of variance (ANOVA) was conducted to determine whether there is a significant difference in the mean scores of the individual innovativeness scale of the early childhood educator candidates forming the sample group according to the education level variable, specifically in the opinion leadership sub-dimension [$F(4\text{-}150) = 2.178$; $p < .05$]. To determine which groups differ, the LSD test from the multiple-comparison tests was used. As seen in Table 4, in the sub-dimension of opinion leadership of the individual innovativeness scale, the difference is in favor of those studying for an associate degree compared to those studying for a bachelor's degree, and in favor of bachelor's degree holders compared to associate degree holders and those studying for a bachelor's degree ($p < .05$).

DISCUSSION AND CONCLUSION

When examining the levels of individual innovativeness among early childhood educator candidates, they agree with statements related to idea leadership, experience, openness, and overall individual

innovativeness, while expressing ambivalence toward statements regarding resistance to change, risk-taking, and individual, institutional, and societal barriers. Similarly, Saraç (2019) found that middle school teachers are generally highly innovative, Yılmaz Öztürk and Summak (2016) found that primary school teachers are generally moderately innovative, Özgür (2013) found that teacher candidates have high levels of individual innovativeness, and Kılıçer (2011) found that teacher candidates are above average in all sub-dimensions of innovativeness. Pelenk (2017), on the other hand, found that employees in the technology sector exhibited very high levels of idea leadership and risk-taking behaviors, and very low levels of resistance to change behaviors. In the study, since the entire sample of early childhood educator candidates was female, no analysis was conducted regarding the gender variable. Saraç (2019), Özgür (2013), and Kılıçer (2011) found that innovation levels among teacher candidates did not differ significantly by gender. Yılmaz et al. (2014) found that female teacher candidates are more open to professional innovation compared to male teacher candidates. When examining the individual innovativeness levels of early childhood educator candidates by education level, significant differences were found in the idea leadership sub-dimension and the overall scale. Those studying for an associate degree have higher opinion leadership than those studying for a bachelor's degree; those with a bachelor's degree have higher opinion leadership than those with an associate degree. Those with a bachelor's degree have higher levels of individual innovation than high school graduates, associate degree holders, and those pursuing a bachelor's degree. From this point, it has been observed that having a bachelor's degree increases an individual's innovativeness. In the study, it was observed that educational level was associated with significant differences in individual innovativeness. It is thot that the reason why those with a bachelor's degree have higher levels of thot leadership compared to other education levels is due to the effectiveness of the academic education provided until the completion of bachelor's programs. Therefore, factors that can enhance individual innovativeness can be identified and applied to other educational levels as well.

REFERENCES

Gardner, J.W. (1990). *Yenilikçi birey, zinde toplum.* İlgi.

Karasar, N. (2017). *Bilimsel araştırma yöntemi: kavramlar, ilkeler, teknikler.* Nobel Yayıncılık.

Kılıçer, K. (2011). *Bilgisayar ve öğretim teknolojileri eğitimi öğretmen adaylarının bireysel yenilikçilik profilleri,* (Yayımlanmamış doktora tezi),. Anadolu Üniversitesi Eğitim Bilimleri Enstitüsü, 55, 61, 62, 64, 66, Eskişehir.

Kılıçer, K., & Odabaşı, H. F. (2010). Bireysel yenilikçilik ölçeği (BYÖ): Türkçeye uyarlama, geçerlik ve güvenirlik çalışması. *Hacettepe Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi, 38*(38), 150–164. https://izlik.org/JA26UK78MT

Kırkıç, K. A., & Topal, B. (2019). Okul öncesi ve ilkokul sınıf öğretmenlerinin bireysel yenilikçilik düzeyleri ve onamsız öğrenme ortamları tercihlerinin incelenmesi. *OPUS International Journal of Society Researches, 14*(20), 1626–1648. https://doi.org/10.26466/opus.598991

Klein, P. S., Nir-Gal, O., & Darom, E. (2000). The use of computers in kindergarten, with or without adult mediation; effects on children's cognitive performance and behavior. *Computers in Human Behavior, 16*(6), 591–608. https://doi.org/10.1016/S0747-5632(00)00027-3

Özdemir, M., & Kaptan, F. (2013). Sınıf Öğretmeni Adaylarının Bilimsel Süreç Becerileri ve Fen Öğretimine Yönelik Tutumlarının İncelenmesi. *Karaelmas Eğitim Bilimleri Dergisi, 1*(1), 62–75. https://izlik.org/JA85UJ24YK

Özgür, H. (2013). Bilişim teknolojileri öğretmen adaylarının eleştirel düşünme eğilimleri ile bireysel yenilikçilik özellikleri arasındaki ilişkinin çeşitli değişkenler açısından incelenmesi. *Mersin Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi, 9*(2), 409–420. https://doi.org/10.17860/efd.33094

Pelenk, S. E. (2017). Impact of individual innovative behaviors on individual business performance: A research on technology employees. *Journal of Emerging Economies and Policy, 2*(2), 2–14.

Rich, M., Bickham, D. S., & Wartella, E. (2015). Methodological advances in the field of media influences on children. *American Behavioral Scientist (ABS),* 59(14), https://doi.org/10.1177/0002764215596557

Saraç, M. (2019). *Öğretmenlerin yenilikçilik düzeylerinin incelenmesi.* Yüksek lisans projesi. Pamukkale Üniversitesi, Eğitim Bilimleri Enstitüsü, Denizli.

Tabachnick, B. G., & Fidell, L. S. (2013). *Using multivariate statistics* (6th ed.).Pearson.

Uzkurt, C. (2008). *Pazarlamada değer yaratma aracı olarak yenilik yönetimi ve yenilikçi örgüt kültürü*. İstanbul: Beta Basım A.Ş.

Yılmaz Öztürk, Z., & Summak, M. (2016). İlköğretim okulu öğretmenlerinin bireysel yenilikçiliklerinin incelenmesi. *International Journal of Sport Culture and Science, 2(Special Issue 1*), 844–853. https://doi.org/10.14486/IJSCS158

Yılmaz, F., Soğukçeşme, G., Ayhan, N., Tuncay, S., Sancar, S., & Deniz, Y. (2014). İlköğretim bölümü öğretmen adaylarının mesleki yenilikçilik eğilimlerinin çeşitli değişkenler açısından incelenmesi. *Mustafa Kemal Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi, 11*(27), 259–276. https://izlik.org/JA97NA93MF

ERKEN ÇOCUKLUK EĞİTİMCİ ADAYLARININ ÖZ-DÜZENLEME DÜZEYLERİ[1]
THE SELF-REGULATION LEVELS OF EARLY CHILDHOOD EDUCATOR CANDIDATES[2]

Menşure ŞUŞOĞLU
GEÇA (Gülistan Erken Çocukluk Atölyesi), Çekmeköy, İstanbul.

Doç. Dr. Kamil Arif KIRKIÇ
İstanbul Sabahattin Zaim Üniversitesi, Eğitim Fakültesi, Eğitim Bilimleri Bölümü, Küçükçekmece, İstanbul.

ÖZET
Bu araştırmanın amacı, erken çocukluk eğitici adaylarının akademik öz-düzenleme becerilerini belirlemek ve bu becerilerin eğitim düzeyine göre anlamlı bir farklılık gösterip göstermediğini incelemektir. Öz-düzenleme, bireylerin öğrenme süreçlerini planlama, izleme ve değerlendirme becerilerini kapsamakta olup, özellikle öğretmen adaylarının mesleki yeterlilikleri açısından kritik bir değişken olarak değerlendirilmektedir. Araştırma, betimsel tarama modeli kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Çalışma grubunu İstanbul'da bir sivil toplum kuruluşunda eğitim alan toplam 155 erken çocukluk eğitici adayı oluşturmaktadır. Veriler kişisel bilgi formu ve Akademik Öz-Düzenleme Ölçeği ile toplanmıştır. Ölçek, hedef belirleme, strateji uygulama, strateji izleme ve destek alma alt boyutlarından oluşmaktadır. Verilerin analizinde normallik testleri (çarpıklık ve basıklık), betimsel istatistikler ve gruplar arası farkları belirlemek amacıyla tek yönlü varyans analizi (ANOVA) ile LSD çoklu karşılaştırma testi kullanılmıştır. Bulgular, eğitici adaylarının akademik öz-düzenleme düzeylerinin genel olarak yüksek olduğunu göstermektedir (5,44). Katılımcıların en yüksek ortalamayı hedef belirleme (5,66), ardından strateji uygulama (5,47) ve strateji izleme (5,35) boyutlarında elde ettiği; destek alma boyutunun ise görece daha düşük olduğu (4,92) belirlenmiştir. Eğitim düzeyine göre yapılan analizlerde strateji izleme, strateji uygulama ve toplam ölçek puanlarında anlamlı farklılıklar bulunmuştur ($p < 0,05$). Özellikle ön lisans mezunlarının strateji izleme becerilerinin diğer gruplara göre daha yüksek olduğu dikkat çekmektedir. Araştırma sonuçları, erken çocukluk eğitici adaylarının akademik öz-düzenleme becerilerinin genel olarak iyi düzeyde olduğunu ve eğitim düzeyinin bu beceriler üzerinde anlamlı bir etki oluşturduğunu göstermektedir. Bulgular doğrultusunda, öğretmen yetiştirme programlarında uygulamaya dayalı öğrenme fırsatlarının artırılması ve öz-düzenleme becerilerini destekleyici eğitim yaklaşımlarının tüm eğitim kademelerine entegre edilmesi önerilmektedir.
Anahtar kelimeler: Erken çocukluk, Öz-Düzenleme, Okul öncesi eğitimi

ABSTRACT
This research aims to assess the academic self-regulation skills of early childhood educator candidates and to investigate whether these skills exhibit substantial variation by educational attainment. Self-regulation involves individuals' capacities to organize, monitor, and assess their learning processes, and is seen as a crucial factor, particularly concerning the professional capabilities of teacher candidates. The study employed a descriptive survey methodology. The study group comprises 155 candidates for early childhood education undergoing training at a non-governmental organization in Istanbul. Data were gathered utilizing a personal information questionnaire and the Academic Self-Regulation Scale. The scale comprises the sub-dimensions of goal formulation, strategy execution, strategy evaluation, and support acquisition. The data analysis employed normality tests (skewness and kurtosis), descriptive statistics, and one-way analysis of variance (ANOVA) with the LSD multiple-comparison test to assess intergroup differences. The results demonstrate that the teacher candidates' academic self-regulation levels are predominantly elevated (5.44). The participants achieved the greatest average in goal planning (5.66), followed by strategy implementation (5.47) and strategy monitoring (5.35); the dimension of

[1] Bu çalışma ikinci yazarın danışmanlığında birinci yazar tarafından hazırlanan yüksek lisans projesinden hazırlanmıştır. This study has been prepared from a master's project conducted by the first author under the supervision of the second author.
[2] This study has been prepared from a master's project conducted by the first author under the supervision of the second author.

requesting help was comparatively lower (4.92). Analyses based on educational attainment revealed substantial disparities in strategic monitoring, strategic implementation, and overall scale scores ($p < .05$). It is particularly significant that the strategic monitoring abilities of associate degree graduates exceed those of other cohorts. The research findings demonstrate that applicants to early childhood education programs typically exhibit high levels of academic self-regulation and that educational attainment significantly influences these skills. It is advised to enhance practice-based learning opportunities in teacher training programs and to incorporate educational methods that foster self-regulation abilities at all educational tiers.
Keywords: Early Childhood, Self-regulation, Preschool education

INTRODUCTION

Because teachers' quality is closely related to their educational background, children are directly affected by their teachers' qualities. However, educational background alone does not reflect a teacher's quality (Ertürk, 2013). It has been observed that the university education received by teacher candidates and the professional seminars in which they can develop are effective in strengthening their skills, keeping children at the center, and applying what they know (Tekmen, 2005). In the current education model, the main goal is to raise individuals who are aware of their own learning and skills, who can construct knowledge, and who actively participate in the learning process (Aydın & Demir, 2014). Across most studies, self-regulated learning strategies, in which individuals monitor their own learning processes, are effective for academic success (Wolters & Hussain, 2015). It is said that these skills will guide students throughout their educational experiences and are of great importance for their lifelong learning. The need for students to organize their own learning activities and the idea of teachers imparting the necessary skills for learning have highlighted the importance of self-regulation (Kaplan, 2014). It is extremely important for individuals to develop their knowledge and skills day by day and to acquire information that will take them further. Teachers make a significant contribution to students' self-regulated learning (Doğan & Şahin Taşkın, 2014). Teachers bear significant responsibility in organizing learning environments. Teachers should support their students' self-regulation skills and ensure their participation in self-regulated environments. Thus, they should encourage students to engage in lifelong learning. For this, teachers must first develop their own self-regulation skills. Teachers should guide students in setting their own goals, creating criteria, and developing reflective self-assessment skills (Ambreen, Haqdad, & Saleem, 2016). It is clear that early childhood educators significantly influence children's self-regulation development. Therefore, it is important to examine teachers' levels of self-regulation and the curricula they implement. According to current research (Ertürk, 2013), the development of self-regulation in preschool children is primarily focused on the child. However, the true primary transmitter of self-regulated learning is the teacher. Without determining the self-regulation statuses of early childhood teachers, research on self-regulation will be insufficient for effectively structuring the preschool education process (Ertürk, 2013; Fındık Tanrıbuyurdu, 2012; Şahin, 2015).

Considering all of this, the question "Are the self-regulation skills of early childhood educator candidates at a sufficient level?" constitutes the research problem. In early childhood education, teachers are generally trained based on a fixed curriculum. This situation hinders the emergence of the student's potential. The teacher should possess the qualities of "instructional leadership" in the classroom and "social leadership" in their surroundings. For this reason, in early childhood education institutions, educators' individual differences and self-identities should be revealed through interdisciplinary transitions and constructivist approaches. Following the Higher Education Executive Board's decision, a restructuring process was initiated in education faculties, and within this framework, the re-planned teacher training programs were implemented starting in the 1998–1999 academic year (Erdem, 2011). In line with the aforementioned, the primary objectives of this research are to measure and develop the self-regulation skills of teacher candidates enrolled in institutions offering the Preschool Education Certificate program, and to measure the academic self-regulation skills of trainee educators enrolled in an institution offering the Preschool Educator Certificate program. Considering this main objective, the following research questions have been sought:

1) What are the academic self-regulation levels of early childhood educator candidates?
2) Do the academic self-regulation levels of early childhood educator candidates show significant differences according to their education levels?

METHOD

Research Model

The survey model was used in the study. The survey model is a research model that does not describe the current situation as it is, but aims to define it. The survey model does not affect or change the research subject. In this research model, the purpose is clear. The aim is to determine the desired outcome by observing it accurately rather than changing it (Karasar, 2017).

Study Group

The research study group consists of teacher candidates who received early childhood education at an NGO institution during the 2018-2019 academic year and those currently receiving it during the 2019-2020 academic year. The research sample consists of 155 early childhood educator candidates who have taken and are currently taking early childhood education at the NGO institution. The demographic information of the early childhood educator candidates participating in the study is presented in Table 1.

Table 1. The Demographic Characteristics of Early Childhood Educator Candidates

Demographic Characteristics		**f**	**%**
Gender	Women	155	100.0
	Men	0	0.0
Education Level	1. High school graduates	50	32.3
	2. Studying for an associate degree	41	26.5
	3. Associate degree graduates	17	11.0
	4. Studying for a Bachelor's degree	24	15.5
	5. Bachelor's degree graduates.	23	14.8

As seen in Table 1, all 155 candidates for early childhood education who participated in the study are women(100.0%). According to their education levels, 50 (32.3%) are high school graduates, 41 (26.5%) are studying for an associate degree, 17 (11.0%) are associate degree graduates, 24 (15.5%) are studying for a bachelor's degree, and 23 (14.8%) are bachelor's degree graduates.

Data Collection Tools

Personal Information Form: In this section, the candidates' gender and education level were requested. Academic Self-Regulation Scale: In the item development process of this research, the Academic Self-Regulation Scale, adapted into Turkish by Kaplan (2014) as the "Five-Component Scale of Academic Self-Regulation (FCSAR)," was used. In the initial stages of the scale adaptation, the scale was translated from the original language into Turkish for validity testing. During the translation process, inquiry and back-translation methods were used. In the first stage, the scale items were translated from English to Turkish one by one by a four-person team comprising two instructors, an English teacher, and an educator who had studied in the United States. (Kaplan, 2014). The seven-point Likert scale was rated between (1) Strongly Disagree and (7) Strongly Agree. When evaluating the arithmetic means of the scales, the following ranges were determined: 1–1.86 for "not at all," 1.87–2.71 for "a little," 2.72–3.57 for "partially," 3.58–4.43 for "moderate," 4.44–5.29 for "sufficient," 5.30–6.14 for "good," and 6.15–7.00 for "very good." As a result of the analyzes conducted; the 48-item scale, which underwent validity and reliability studies, consists of four factors: goal setting (items 6,7,8,9,10,11,12,13,14,15,16,17,18,19,20- 15 items), strategy implementation (items 26,27,28,29,30,31,32,33,34,35,36,37,38,39- 14 items), strategy monitoring (items 40,41,42,43,44,45,46,47,48,49,50,51,52,53,54 - 15 items), and support seeking (items 21,22,23,24 - 4 items). Each factor showed high internal consistency, and the scale's reliability was assessed using a Cronbach's Alpha coefficient of .97. In this study, the Cronbach's Alpha reliability coefficient for the goal-setting subscale of the Academic-Self Regulation Scale is .78, and the strategy implementation sub-dimension's Cronbach's Alpha reliability coefficient is .90, and the Cronbach's Alpha reliability

coefficient of the strategy monitoring sub-dimension. 86, the support-seeking sub-dimension Cronbach Alpha reliability coefficient is .89, and the total scale Cronbach's Alpha reliability is .92. Based on the results, the academic self-regulation scale is reliable.

Data Collection

At an NGO institution in Istanbul, the researchers administered the "Academic Self-Regulation Scale" digitally to graduates and current students of the Early Childhood Education program. Before the scale application began, the study's purpose was explained to all participating students, and the measurement tool was introduced. After all this, the students were instructed to read the guidelines for each dimension and answer the questions. The data were collected from educators involved in the NGO. During data collection, ethical standards were upheld, and the voluntary nature of participation was respected, with measurement tools not provided to students who did not wish to participate in the research.

Data Analysis

To determine which analyses will be conducted on the applied scale, the kurtosis and skewness values used to assess normality are presented in Table 2.

Table 2. Kurtosis and Skewness Values

	Kurtosis		**Skewness**	
Dimensions	**Value**	**SEM**	**Value**	**SEM**
Strategy Monitoring	-.543	.195	.106	.387
Goal Setting	-.074	.195	-.436	.387
Strategy Implementation	-.609	.195	-.029	.387
Seeking Support	-.392	.195	-.777	.387
Overall Scale	-.661	.195	.886	.387

As shown in Table 2, a normality test was conducted to determine whether the distribution of scores obtained by the early childhood educator candidates in the study group on the academic self-regulation scale and its sub-dimensions is normal. Looking at the results of this test, the kurtosis and skewness values are within ±1.5. When the kurtosis and skewness values are in the range of -1.5 to +1.5, they are considered to follow a normal distribution (Tabachnick & Fidell, 2013). Therefore, since the scale scores follow a normal distribution, the data were analyzed using a t-test and one-way ANOVA.

FINDINGS

Findings Related to the First Sub-Problem of the Research.

The data obtained regarding the first sub-problem of the research, "What are the academic self-regulation levels of early childhood educator candidates?" is presented in Table 3.

Table 3. Arithmetic Mean, Standard Deviation Values of the Academic Self-Regulation Scale

Dimensions	***n***	**M**	***SD***
Strategy Monitoring	155	5.35	.74
Goal Setting	155	5.66	.90
Strategy Implementation	155	5.47	.83
Seeking Support	155	4.92	1.49
Overall Scale	155	5.44	.66

As stated in Table 3, the average score for the strategy monitoring sub-dimension of the academic self-regulation scale is 5.35, the average score for the goal setting sub-dimension is 5.66, the average score for the strategy implementation sub-dimension is 5.47, the average score for the support seeking sub-dimension is 4.92, and the average score for the overall scale is 5.44.

Findings on the Second Sub-Problem of the Research

The data obtained for the second sub-problem of the research, "Do the academic self-regulation levels of early childhood educator candidates show significant differences according to their education levels?" are presented in Table 4.

Table 4. Results of One-Way Analysis of Variance (ANOVA) for Academic Self-Regulation Scale and Sub-Dimensions Scores by Education Level Variable

Dimensions	**Groups**	**n**	**M**	**SD**	***F***	***p***	**difference**	***p***
Strategy Monitoring	1. High school graduates	50	5.48	.82	2.623	.037		
	2. Studying for an associate degree	41	5.47	.72				
	3. Associate degree graduates	17	6.01	.57			3>1 3>2 3>4 3>5	.022 .022 .022 .016
	4. Studying for a Bachelor's degree	24	5.19	.95				
	5. Bachelor's degree graduates.	23	5.38	.97				
Strategy Implementation	1. High school graduates	50	5.79	.77	3.775	.006	1>4 1>5	.039 .043
	2. Studying for an associate degree	41	5.64	.85			2 >3	.016
	3. Associate degree graduates	17	6.24	.64			3>4	.016
	4. Studying for a Bachelor's degree	24	5.34	1.04				
	5. Bachelor's degree graduates.	23	5.34	1.03				
Overall Scale	1. High school graduates	50	5.53	.60	2.852	.026	1>4	.045
	2. Studying for an associate degree	41	5.41	.57				
	3. Associate degree graduates	17	5.82	.48			3>2 3>5	.030 .003
	4. Studying for a Bachelor's degree	24	5.20	.75				
	5. Bachelor's degree graduates.	23	5.29	.83				

As shown in Table 4, a one-way analysis of variance (ANOVA) was conducted to determine whether there is a significant difference in the mean scores on the academic self-regulation scale for the early childhood educator candidates in the sample across education levels. Significant differences were found between groups in the strategy monitoring sub-dimension [F(4-150) = 2.623; p<.05], strategy application [F(4-150) = 3.775; p<.05], and the overall scale [F(4-150) = 2.852; p<.05]. To determine which groups the difference exists between, the LSD test from the multiple-comparison tests was used, and the results are also presented in Table 4. As shown in Table 4, to determine which groups the differences in the mean scores of the academic self-regulation scale's strategy monitoring and strategy implementation sub-dimensions were derived from, a post hoc LSD test was conducted based on the education level variable. The results showed that in the strategy monitoring sub-dimension, the difference was in favor of associate degree graduates compared to high school graduates, associate degree students, bachelor's degree students, and bachelor's degree graduates; in the strategy

implementation sub-dimension, the difference was in favor of high school graduates compared to bachelor's degree students and bachelor's degree graduates, in favor of associate degree graduates compared to associate degree students and bachelor's degree graduates, in favor of associate degree graduates compared to bachelor's degree students. On the overall scale, the difference favored high school graduates compared to bachelor's degree students and favored associate degree graduates compared to associate degree students and bachelor's degree graduates ($p < .05$).

DISCUSSION AND CONCLUSION

When examining the academic self-regulation of early childhood educator candidates, it has been observed that they are at a sufficient level in seeking support, monitoring strategies, setting goals, and implementing strategies, and that their overall academic self-regulation is generally good. Aybek and Aslan (2017) found that teacher candidates' self-regulation was at an agreeable level, while Yılmaz (2016) concluded that preschool teachers' self-regulation was at a medium level. In the study, since the entire sample of early childhood educator candidates was female, no analysis was conducted regarding the gender variable. Aybek and Aslan (2017) found that male teachers have higher self-regulation skills, while Kaplan (2014) determined that female students in physical education and sports teaching have higher self-regulation skills in terms of strategy application, strategy monitoring, seeking support, and overall scale compared to male students. Significant differences in the academic self-regulation of early childhood educator candidates by education level were found across the sub-dimensions of strategy monitoring and strategy application, as well as the overall scale. In the sub-dimension of strategy monitoring, it was found that associate degree graduates had higher levels than other education levels; in the sub-dimension of strategy application, high school graduates had higher levels than those studying and graduating from bachelor's degrees, and associate degree graduates had higher levels than those studying and graduating from associate and bachelor's degrees; it was observed that high school graduates had higher levels than those studying from bachelor's degrees, associate degree graduates had higher levels than those studying from associate degrees, and bachelor's degree graduates had high levels of academic self-regulation. It can be said that the strategy monitoring of associate degree graduates, the strategy implementation of high school and associate degree graduates, and the academic self-regulation of high school graduates are better than all other education levels. However, Yılmaz (2016) found that the average scores in academic self-regulation for teachers with bachelor's and master's degrees were significantly higher than those of their colleagues. In the study, educational level was found to be associated with significant differences in academic self-regulation. Since those with an associate degree follow strategies more than those at lower and higher education levels, the process leading to obtaining an associate degree can be examined, and similar educational programs can be implemented at other education levels. It is believed that higher levels of strategy implementation and academic self-regulation among high school and associate degree graduates, compared to other educational levels, are due to the longer duration of their preschool experience. Therefore, greater emphasis can be placed on practical courses, especially during the pre-graduation period.

REFERENCES

Ambreen, M., Haqdad, A., & Saleem, W. A. (2016). Fostering self-regulated learning through distance education: A case study of M.Phil Secondary Teacher Education Program of Allama Iqbal Open University. *Turkish Online Journal of Distance Education, 17*(3), 120–135. https://doi.org/10.17718/tojde.89562

Aybek, B. ve Aslan, S. (2017). Öğretmen adaylarının öz-düzenleme düzeylerinin çeşitli değişkenler açısından incelenmesi. *Eğitimde Kuram ve Uygulama Journal of Theory and Practice in Education, 13*(3), 455-470

Aydın, S. ve Demir, T. (2014). *Öz-Düzenlemeli Öğrenme.* Pegem Akademi.

Doğan, M. F., ve Şahin-Taşkın, Ç. (2014). İlkokul Öğrencilerinin Öz-Düzenlemeli Öğrenme Becerilerinin Geliştirilmesi: Sınıf Öğretmenlerinin Görüşleri. *VI. Uluslararası Eğitim Araştırmaları Kongresi: 5 Haziran 2014,* Ankara: Bildiriler Kitabı, 590–599. https://doi.org/10.13140/RG.2.1.1369.5607

Erdem, A. R. (2011). Eğitim fakültelerinde uygulanan öğretmen yetiştirme programlarının felsefesi. *Pamukkale Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 9, 89–97. https://izlik.org/JA45AR58YM

Ertürk, H. G. (2013). *Öğretmen çocuk etkileşiminin niteliği ile çocukların öz-düzenleme becerisi arasındaki ilişkinin incelenmesi* (Yayınlanmamış Doktora Tezi). Hacettepe Üniversitesi, Eğitim Bilimleri Enstitüsü, Ankara., 4.

Fındık Tanrıbuyurdu, E. (2012). *Okul öncesi öz düzenleme ölçeği geçerlik ve güvenirlik çalışması* (Yayımlanmamış yüksek lisans tezi). Hacettepe Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Ankara.

Kaplan, E. (2014). *Beden eğitimi ve spor öğretmenliği öğrencilerinde öz-düzenleme: Ölçek uyarlama çalışması* (Yayımlanmamış yüksek lisans tezi). Akdeniz Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Antalya.

Karasar, N. (2017). *Bilimsel Araştırma Yöntemi: Kavramlar, ilkeler, teknikler.* Nobel Yayıncılık

Şahin, G. (2015). *Okul öncesi çocukların yürütücü işlevlerinin ve duygu düzenleme becerilerinin bağlanma örüntüleri açısından incelenmesi* (Yayımlanmamış Doktora Tezi). Selçuk Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Konya.

Tabachnick, B. G., & Fidell, L. S. (2013). Using multivariate statistics (6th ed.).Pearson.

Tekmen, B. (2005). *A study on the structural and process quality of early childhood education and care centers in Ankara.* (Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi). Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Ankara.

Wolters, C. A., & Hussain, M. (2015). Investigating grit and its relations with college students' self-regulated learning and academic achievement. *Metacognition and Learning, 10*(3), 293–311. https://doi.org/10.1007/s11409-014-9128-9

Yılmaz, H. (2016). *Okul öncesi öğretmenlerinin öz-düzenleme düzeyleri ile kullandıkları öğretim uygulamaları düzeyleri arasındaki ilişkinin incelenmesi* (Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi). Marmara Üniversitesi, İstanbul.

ÖZEL YETENEKLİ ÇOCUKLARDA ÖĞRENME MOTİVASYONUNUN DESTEKLENMESİNDE AİLENİN ROLÜ

THE ROLE OF THE FAMILY IN SUPPORTING LEARNING MOTIVATION IN GIFTED CHILDREN

Assoc. Prof. Nisa Gökden KAYA
Hitit University, Health Sciences Faculty, Child Development Department, Çorum, Turkey.
ORCID ID: 0000-0002-6969-371X

ABSTRACT

Gifted children, who constitute a significant group within children with special needs, possess developmental characteristics different from typically developing children. Their cognitive capacity, creativity, and motivation are far more advanced than their peers. However, contrary to some misconceptions, like all children, they need support for their development. In this context, their different needs should be considered in supporting their development. Children with special needs are noteworthy from early childhood for their extraordinary curiosity, learning motivation, and faster-than-normal cognitive development. Supporting these characteristics with environmental conditions is of great importance. Understanding the interests, abilities, and potential of gifted children in the early stages will contribute to strategy planning in their education and social integration. Early identification of gifted children will be achieved through the regularization of their educational spaces and programs, and by maximizing the awareness and education of their parents and teachers. This study examines the role of the family in supporting the learning motivation of gifted children. Gifted children need an environment rich in stimuli to effectively demonstrate their superior capacities. In other words, for giftedness to reach its full potential, it needs to be supported by a suitable and enriching environment. Families of gifted children have important responsibilities in this regard. Providing opportunities for the child to research topics that interest them, discovering their talents, and supporting them in developing themselves in different areas they are interested in are crucial roles for the family.
Keywords: Gifted children, learning motivation, family support

ÖZET

Özel gereksinimli çocuklar içerisinde önemli bir grubu oluşturan özel yetenekli çocuklar, tipik gelişim gösteren çocuklardan farklı gelişim özelliklerine sahiptir. Bilişsel kapasiteleri, yaratıcılık ve motivasyon özellikleri, akranlarına göre çok daha ileri düzeydedir. Ancak bazı yanlış önyargıların aksine, tüm çocuklar gibi gelişimlerinin desteklenmesi gerekmektedir. Bu bağlamda gelişimlerinin desteklenmesi konusunda farklı ihtiyaçları göz önünde bulundurulmalıdır. Özel gereksinimli çocuklar, erken çocukluk döneminden itibaren olağanüstü merakları, öğrenme motivasyonları ve bilişsel gelişimlerinin normalden daha hızlı olması ile dikkat çekmektedir. Bu özelliklerinin çevresel koşullarla da desteklenmesi büyük önem taşımaktadır. Özel yetenekli çocukların erken dönemde ilgi alanları, yetenekleri ve kendi potansiyellerinin anlaşılması, eğitimlerinde strateji planlanmasına ve toplumsal uyuma katkı sağlayacaktır. Özel yetenekli çocukların erken tanılanması, eğitimsel açıdan mekân ve programlarının düzenli hale getirilmesi, ebeveyn ve öğretmenlerinin farkındalık seviyesinin maksimum düzeye çıkmasına ve bilinçlendirilmesiyle sağlanmış olacaktır. Bu çalışmada, özel yetenekli çocuklarda bulunan öğrenme motivasyonunun desteklenmesinde ailenin rolü ele alınmaktadır. Özel yetenekli çocukların sahip oldukları üstün kapasitelerinin tamamını etkin bir şekilde ortaya koyabilmeleri için zengin uyaranlarla donatılmış bir çevreye gereksinimleri vardır. Başka bir ifadeyle, özel yeteneğin en üst kapasiteye ulaşabilmesi için uygun ve zenginleştirilmiş bir çevreyle desteklenmesi gerekmektedir. Bu konuda özel yetenekli çocukların ailelerine önemli görevler düşmektedir. Çocuğun merak ettiği konularda araştırma yapmasına olanak sağlaması, yeteneklerini keşfetmesi ve ilgi duyduğu farklı alanlarda kendini geliştirmesi için desteklemesi ailenin önemli görevlerindendir.
Anahtar kelimeler: Özel yetenekli çocuklar, öğrenme motivasyonu, aile desteği

GİRİŞ

Özel yetenekli çocuklar, zekâ, yetenek, yaratıcılık ve motivasyon gibi bilişsel beceriler bakımından akranlarına göre daha hızlı gelişim gösteren, bu bağlamda bilim ve sanat alanlarına önemli katkılar yapma potansiyeli taşıyan bireylerdir.

Tipik gelişim gösteren çocuklardan farklı oldukları için özel gereksinimli çocuklar içerisinde yer alan özel yetenekli çocukların toplumda görülme oranı yaklaşık %2 olup bu durum onların toplumun gelişimi açısından ne kadar değerli olduklarını göstermektedir (Watters ve Diezmann, 2003). Bu nedenle özel yetenekli çocuklarımızın erken çocukluk döneminde fark edilip alanında uzman profesyoneller tarafından tanılanması ve zaman kaybetmeden gelişim özelliklerine uygun farklılaştırılmış bir eğitim alması gerekmektedir (Ataman, 2014; Davaslıgil, 2004). Aksi takdirde bu çocukların sahip oldukları yeteneklerin ortaya çıkarılamaması veya körelmesi gibi olumsuz sonuçlarla karşı karşıya kalınabilir (Koçbay ve Dikici Sığırtmaç, 2023). Bu da hem bireysel hem de toplumsal açıdan önemli bir değerin kaybı anlamına gelmektedir.

İnsanların doğuştan sahip olduğu zekâ ve yetenek potansiyelinin gelişerek tam kapasitesine ulaşabilmesi için uygun çevresel koşullara gereksinim duyulmaktadır. Başka bir ifadeyle, zekâ ve yetenek kalıtımla aktarılsa da destekleyici uygun çevre ile gelişebilir (Özbay, 2013). Çocukların sahip olduğu yeteneklerin gerek ortaya çıkarılmasında gerekse desteklenip geliştirilmesinde ailenin rolü çok büyüktür. Bu bağlamda, özel yetenekli çocukların öğrenme motivasyonlarının desteklenmesinde aileye çok önemli görevler düşmektedir. Bireyi bir davranışı yapmak için harekete geçiren güç olarak tanımlanan motivasyon, özel yetenekli çocuklarda daha çok içsel motivasyon olarak öğrenme isteği şeklinde görülmektedir (Dağlıoğlu, 2018). Bu çalışmada, akranlarına göre öğrenme motivasyonu daha yüksek olan özel yetenekli çocukların desteklenmesinde ailenin rolü ele alınmaktadır.

ARAŞTIRMA VE BULGULAR

Özel Yetenekli Çocuklar

Özel yetenekli çocuklar, zekâ, yetenek, yaratıcılık ile öğrenme kapasitesi ve motivasyon düzeyleri yaşıtlarından daha ileri gelişen çocuklardır. Her ne kadar özel yetenekli çocuklar homojen bir grup olmayıp aralarında bireysel farklılıklar bulunsa da bazı temel ortak gelişim özellikleri de bulunmaktadır. Özel yetenekli çocuklarda bulunan ortak gelişim özellikleri Şekil 1'de gösterilmektedir.

Şekil 1. Özel yetenekli çocuklarda bulunan ortak gelişim özellikleri

Özel yetenekli çocukların bilişsel gelişim özellikleri incelendiğinde, ilk olarak hızlı öğrenebilme kapasitesi göze çarpmaktadır.

Zihinsel becerilerinin akranlarına göre daha gelişmiş olmasından dolayı daha hızlı algılama, akıl yürütme, neden-sonuç ilişkisi kurabilme ve kavrama yetenekleri bulunmaktadır (Webb, 1993). Olağanüstü hayal gücü ve yaratıcılık özellikleri ise insanların çoğunluğundan farklı, özgün bakış açılarına sahip olma anlamına gelmektedir (Kelemen, 2010). Özel yetenekli çocukların bir diğer bilişsel gelişim özelliği ise ilgi ve merak zenginliğidir. Tipik gelişen çocuklara göre öğrenmeye daha istekli, enerjik ve meraklı olmalarının yanı sıra ilgi alanları da geniştir. Bu bağlamda yeni bilgiler öğrenmeye hevesli olduklarından çok soru sorar, ilgi duydukları konuları keşfetmek için araştırma yapmaya yönelirler (Silverman, 1992). Ayrıca küçük yaştan itibaren kitaplara ilgi duyarlar, bazıları okuma ve yazmayı yaşıtlarına göre daha erken yaşta öğrenir ve kitaplarla adeta arkadaş olurlar (Özbay, 2013). Dil gelişimleri de yaşıtlarına göre daha ileri düzeyde olup, genellikle konuşmaya erken başlarlar (Perleth vd., 1993). Geniş sözcük dağarcığına sahip olmaları (Clark, 2002) sayesinde kendilerini iyi ifade etmektedirler (Smutny vd., 2020). Günlük hayatta mizahı kullanırlar. Gelişmiş bilişsel becerilerine paralel olarak hafızaları güçlüdür (Bildiren, 2018). Özel yetenekli çocukların bir başka özelliği ise dikkat sürelerinin uzun olması ve ilgilerini çeken konularda uzun süre çalışabilmeleridir (Baykoç, 2014).

Psiko-sosyal gelişim özelliklerinin başında özgüvenlerinin yüksek olması gelmektedir (Akar, 2013). Yaşıtlarından daha hızlı gelişim gösterdikleri için kendilerinden büyüklerle arkadaşlık etmeyi tercih edebilirler (Gross, 2001). Empati yetenekleri gelişmiş olup sosyal sorunlara duyarlılık göstermektedirler (Dabrowski, 1994; Galbraith, 2000; Özbay, 2013). Ayrıca liderlik becerileri gelişmiştir. Murphy (2018), çocukluk döneminde etkinliklerde, sporda ve arkadaşlık gruplarında liderlik rolleri üstlendiklerini belirtmektedir.

Kişilik özelliklerinden en yaygın olanı mükemmeliyetçiliktir (Öpengin, 2018; Özbay, 2013; Parker, 2000; Silverman, 2012). Mükemmeliyetçilik özelliği yüksek standartlara ulaşma hedefine yöneldiği zaman uyumlu, hiç hata yapmama ve kusursuz olma gibi gerçekçi olmayan hedeflere yöneldiği zaman ise uyumsuz mükemmeliyetçilik olarak adlandırılmaktadır (Rice vd., 1998). Adalet konusunda hassastırlar (Gross, 1993). Gelişmiş bir adalet duygusuna sahip oldukları için, akranlarının sorgulamadan kabul ettiği gelenek ve uygulamaları sorgularlar (Webb vd., 1982). Ayrıca, dünyanın sorunlarıyla ilgili ahlaki kaygılar yaşayabilirler ve bu da onların bunalmış hissetmelerine neden olabilir (Silverman, 1994). Yüksek sorumluluk bilincine sahip oldukları için zorluklar karşısında sebatkarlık ve kararlılık gösterirler (Ataman, 2014). Monotonluktan ve rutin işlerden sıkılırlar (Clark, 2002). Ayrıca bağımsız olma istekleri fazladır, grup çalışmalarından çok bireysel çalışmayı tercih ederler.

Özel Yetenekli Çocuklarda Motivasyon ve Ailede Desteklenmesi

Bireyi bir davranışı yapması için harekete geçiren ve sürdürmesini sağlayan güç motivasyon (güdülenme) olarak tanımlanmaktadır (Schunk vd., 2013). Motivasyon, bireyin bilinçli olarak gerçekleştirdiği eylemlerin birçoğunda etkili olmasından dolayı eğitimde çok önemli bir kavram olarak karşımıza çıkmaktadır. Motivasyon ilgili çalışmalarda, içsel ve dışsal olmak üzere iki çeşit motivasyondan söz edilmektedir. Eğer bireyi bir davranışı yapmaya iten güç dış çevreden gelen ödül veya ceza gibi bir etkenden kaynaklı ise dışsal motivasyon, bireyin kendi içinden gelen istek ve enerjiden kaynaklı ise içsel motivasyon olarak adlandırılmaktadır (Phillips ve Lindsay, 2006). İçsel ve dışsal motivasyonu bir örnekle açıklamak gerekirse, eğer bir sporcu zevk aldığı için spor yarışmalarına katılıyorsa, içsel motivasyona sahiptir. Ancak eğer madalya kazanmak için spor yarışmalarına katılıyorsa bu davranışı dışsal motivasyondan kaynaklanmaktadır. Özel yetenekli çocukların öğrenme motivasyonu içseldir. Başka bir ifadeyle, sürekli kendilerini geliştirme arzusuyla yeni bilgiler edinme isteklerinin kaynağı içsel motivasyonlarıdır.

Renzulli (1986), geliştirdiği "Üç Halka Modeli" ile üstün yeteneğin olağanüstü yetenek, yüksek düzeyde yaratıcılık ve motivasyonun birlikte etkileşiminden oluştuğunu belirtmektedir. Bu bağlamda motivasyon özel yetenekli çocukların yetenek ve yaratıcılığının ortaya çıkması için gereklidir. Her ne kadar özel yetenekli çocuklarda öğrenme merakı içsel motivasyondan kaynaklansa da çevresel koşulların merak ettiği konularda bilgi edinmesine ve araştırma yapmasına destek olması önem taşımaktadır. Elbette çocukların öğrenme merak ve motivasyonlarının ilk ortaya çıktığı aile ortamı bu desteğin temelini oluşturmaktadır. Bu bağlamda çocukların farklı fikirlerini, görüşlerini, hayallerini ve merak ettiklerini özgürce ifade edebildiği, demokratik bir aile ortamı gelişimlerine katkı sağlamaktadır (Demirkaya vd., 2021). Aile ortamında öncelikli olarak özel yetenekli çocukların özelliklerinin farkında olunması gerekmektedir.

Özel yetenekli çocuklar, tipik gelişim gösteren çocuklardan farklı özelliklere ve ihtiyaçlara sahiptir. Bu çocukların sahip oldukları üstün kapasitelerinin tamamını etkin bir şekilde ortaya koyabilmeleri için zengin uyaranlarla donatılmış bir çevreye gereksinimleri vardır. Clark (2002) özel yetenekli çocukların evde uygun ve merak uyandıran bir atmosferle desteklenmesi gerektiğini belirtmektedir. Öğrenme motivasyonlarının desteklenmesi için sorularını rahatça sorabilecekleri iletişim ve araştırmaları için uygun ortamlar oluşturulmalıdır. İlgi duydukları alanlarda araştırma yapma ve bilgiye ulaşma konusunda rehberlik edilmelidir. Bu amaçla, müze, sanat galerisi ve bilim merkezi gibi gelişimlerine katkı sağlayacak mekanlara geziler düzenlenebilir (Özbay, 2013). Ayrıca hayal gücü, yaratıcılık ve problem çözme becerilerinin geliştirilmesi için beyin fırtınası yaptırabilir (Çiftçi, 2024).
Aileler genellikle özel yetenekli çocukların bilişsel özelliklerini önemserken psiko-sosyal ihtiyaçlarını göz ardı edebilmektedir (Özbay ve Palancı, 2011). Ailede özel yetenekli çocukların psiko-sosyal ihtiyaçlarının karşılanması büyük önem taşımaktadır (Colangelo ve Davids, 2003). Özel yetenekli çocukların bilişsel gelişimi daha hızlı gelişirken, özellikle psiko-sosyal gelişimleri ile arasında uyumsuzluk görülebilmektedir. Eş zamanlı olmayan gelişim olarak adlandırılan bu durum çoğu zaman aileler tarafından yeterince dikkate alınmamaktadır. Aileler, özel yetenekli çocukların bilişsel gelişimleri yaşına göre ne kadar gelişmiş olsa da onların hâlâ çocuk olduklarının bilincinde olmalıdır. Her konuda üstün başarı beklentisi gerçekçi olmayıp çocuğun özgüvenini zedeleyebilir. Bu bağlamda gerçekçi beklentiler belirlenerek çocuğun yetenekleri desteklenmelidir. Ayrıca çocuğun sosyal gelişimi ihmal edilmemeli, sosyal becerilerini destekleyici grup çalışmalarına yönlendirilmelidir.

SONUÇ

Özel yetenekli çocuklar, bilişsel kapasiteleri, yaratıcılık ve motivasyon özellikleri, akranlarına göre çok daha ileri düzeydedir. Çetin (2023) üstün yetenekli çocukların özellikleri hakkındaki görüşleri belirlemek amacıyla, çalışma grubundaki 23 kişi ile yarı yapılandırılmış görüşmeler gerçekleştirmiştir. Elde edilen veriler betimsel analiz yöntemi ile analiz edilmiştir. Katılımcıların üstün yeteneklilerin hızlı ve kolay algılayabilme, çabuk ve kolay öğrenme yeteneğine ve geniş sözcük dağarcığına sahip oldukları, içine kapanık ve asosyal oldukları, yalnız hissettikleri ve daha duygusal oldukları, akranları tarafından dışlandıkları, kabul görmedikleri görüşünde oldukları sonucuna ulaşılmıştır.
Özel yetenekli çocukların zaten zeki oldukları için, desteğe ihtiyaç duymadan kendi kendilerine gelişebilecekleri şeklinde önyargılar bulunmaktadır (Ataman, 2003). Ancak bazı yanlış önyargıların aksine, tüm çocuklar gibi gelişimlerinin gerek aile ortamında gerekse okulda desteklenmesi gerekmektedir. Bu bağlamda gelişimlerinin desteklenmesi konusunda farklı ihtiyaçları göz önünde bulundurulmalıdır. Bu noktada ailelere önemli görevler düşmektedir. Aileler hem öğrenme motivasyonunu desteklemek için araştırmaya uygun zenginleştirilmiş bir çevre sağlamalı, hem de psiko-sosyal gereksinimlerine duyarlı olmalıdır (Peterson, 2009). Bu bağlamda, özel yetenekli çocuğu olan ailelerin eğitsel ve psiko-sosyal açıdan desteklenmesine yönelik (Eroğlu Garip vd., 2022) ailelerin çocuklarının gelişim özellikleri ve ihtiyaçları konusunda bilgilendirici çalışmalar yapılması önerilebilir.

KAYNAKÇA

Akar, İ. (2013). *Özel Gereksinimli Öğrenciler: Üstün Yetenekliler.* Hacettepe Üniversitesi, Ankara.
Ataman, A. (2003). "Üstün zekalı ve üstün yetenekli çocuklar" (Ed: A. Ataman). *Özel gereksinimli çocuklar ve özel eğitime giriş*. (173-195). Ankara: Gündüz Eğitim ve Yayıncılık.
Ataman, A. (2014). Üstün zekâlı/ üstün yetenekli çocuk ve aile. Ayşegül Ataman (Ed.), *Üstün Zekâlılar ve Üstün Yetenekliler Konusunda Bilinmesi Gerekenler* içinde (p. 82-109). Ankara: Vize.
Baykoç, N. (2014). *Üstün; akıl, zekâ, deha, yetenek, dahiler-savantlar gelişimleri ve eğitimleri.* Vize.
Bildiren, A. (2018). Developmental characteristics of gifted children aged 0–6 years: parental observations. *Early Child Development and Care,* 188(8), 997-1011.
Clark, B. (2002). *Growing up gifted: Developing the potential of children at home and at school* (6th ed.). Upper Saddle River, NJ: Merrill–Prentice Hall.
Colangelo, N. & Davids, G. (2003). *Handbook of Gifted Education,* Pearson Education, Inc., Boston.
Çetin, A. (2023). Üstün yetenekli çocukların özellikleri hakkındaki görüşler. *Manas Sosyal Araştırmalar Dergisi,* 12(1), 77-88. doi:10.33206/mjss.1103185
Çiftçi, Ç. (2024). *Okul Öncesi Öğretmenlerinin Üstün Zekâlı ve Yetenekli Öğrencilere Olan Farkındalıklarının Arttırılması.* Yüksek Lisans Tezi, Maltepe Üniversitesi, İstanbul.

Dabrowski. K. (1994). The heroism of sensitivity. *Advanced Development*. 6, 87-92.
Dağlıoğlu, H. E. (2018). Özerklik Kuramı Bakış Açısından Üstün Yetenekli Çocuklarda Motivasyon. *Milli Eğitim Dergisi,* 47(1), 343-364. https://izlik.org/JA62ZN62MM
Davaslıgil, Ü. (2004). Early prediction of high mathematical ability. *Gifted and Talented International,* 19(2), 76-85.
Demirkaya, H., Ünal, O. ve Bozan, İ. (2021). Ebeveynlerinin bakış açısından üstün yetenekli çocuklar, *Trakya Eğitim Dergisi,* 11(3), 1671-1687.
Eroğlu Garip, S., Karadağ, F., & Yıldız Demirtaş, V. (2022). Özel yetenekli çocukların ebeveyni olmak ve erken çocuklukta özel yetenekli olmak: ebeveyn görüşleri. *Trakya Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi,* 24(1), 197-226. https://doi.org/10.26468/trakyasobed.885478
Galbraith, J. (2000). You Know Your Child Is Gifted When... A Beginner's Guide to Life on the Bright Side. Free Spirit Publishing Inc.
Gross, M.U. (1993). *Exceptionally Gifted Children.* London: Routledge.
Gross, M. U. (2001). Play Partner" or" Sure Shelter"? Why gifted children prefer older friends. In 4th *Australasian International Conference on the Education of Gifted Students.* Melbourne: August.
Kelemen, G. (2010). A Personalized Model Design For Gifted Childrens Education. *Procedia Social and Behavioral Sciences*. 2: 3981-3987.
Koçbay, A. & Dikici Sığırtmaç, A. (2023). Okul öncesi dönemde özel yetenek potansiyeli olan çocukların eğitim süreçlerinin değerlendirilmesi. *Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi,* 20(3), 932-959. https://doi.org/10.33711/yyuefd.1298748
Murphy, S. E. (2018). Leadership development starts earlier than we think. What' s wrong with leadership: *Improving leadership research and practice,* 209-225.
Öpengin, E. (2018). Özel yetenekli öğrencilere yönelik rehberlik ve psikolojik danışma hizmetleri. *Özel Yetenekli Öğrenciler ve Eğitimleri* içinde, Şahin F., Ed., (211-235). Ankara: Anı.
Özbay, Y. (2013). *Üstün yetenekli çocuklar ve aileleri.* T.C. Aile ve Sosyal Politikalar Bakanlığı. https://www.aile.gov.tr/media/92202/01_05_ustun-yetenekli-cocuklar.pdf sayfasından 15.05.2026 tarihinde erişilmiştir.
Özbay, Y. & Palancı, M. (2011). Üstün yetenekli çocuk ve ergenlerin psikososyal özellikleri. *Sakarya Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi,* 89-108.
Parker, W. D. (2000). Healthy perfectionism in the gifted. *Journal of Secondary Gifted Education,* 11(4), 173-182.
Perleth, C., Lehwald, G. ve Broeder, C. S. (1993). Indicators of high ability in young children. K. Heller, F. J. Mönks ve A. H. Passow (Edt.), *International handbook of research and development of giftedness and talent,* (pp. 283-310). Oxford, UK: Pergamon Press.
Peterson, J. S. (2009). Myth 17: Gifted and talented individuals do not have unique social and emotional needs. *Gifted Child Quarterly,* 53(4), 280-282.
Phillips, N. & Lindsay, G. (2006). Motivation in gifted students, *High Ability Studies,* 17:1, 57-73.
Renzulli, J. (1986). The three ring conception of giftedness: A developmental model for creative productivity. *Conceptions of Giftedness* içinde (s. 51-92). R. J. Sternberg & J. E. Davidson (Eds.), New York: Cambridge University Press.
Rice, K. G., Ashby, J. S. ve Slaney, R. (1998). Self esteem as a mediator between perfectionism and depression: A structural equations analysis. *Journal of Counseling Psychology,* 45, 393-398.
Schunk, D. H., Meece, J. L. & Pintrich, P. R. (2013). *Motivation in Education.* USA: Pearson.
Silverman, L. K. (1992). Early signs of giftedness. http://australiangiftedsupport.com/ccmword/wp-content/uploads/2014/12/1352283166.pdf sayfasından 15.05.2026 tarihinde erişilmiştir.
Silverman. L. K. (1994). The moral sensitivity of gifted children and the evolution of society. *Roeper Review,* 17, 110-116.
Silverman, L. K. (2012). *Giftedness 101.* Springer Publishing Company.
Smutny, J. F., Walker, S. Y. ve Meckstroth, E. A. (2000). *Teaching young gifted children in the regular classroom.* ERIC Clearinghouse on Disabilities and Gifted Education.
Watters, J. J., & Diezmann, C. M. (2003). The gifted student in science: Fulfilling potential. *Australian Science Teachers Journal,* 49(3), 46-53.

Webb, J.T. (1993). Nurturing social-emotional development of gifted children. K. Heller, F.J. Mönks, A.H. Passow (Ed.), *International handbook of research and development of giftedness and talent* içinde (s. 525-538) Oxford, UK: Pergamon.

Webb, J. T., Meckstroth, E., & Tolan, S. (1982). *Guiding the gifted child.* Columbus: Ohio Psychology.

EŞZAMANLI OLMAYAN GELİŞİM NEDENİYLE ÖZEL YETENEKLİ ÇOCUKLARDA ORTAYA ÇIKABİLECEK SORUNLAR VE ÇÖZÜM ÖNERİLERİ

PROBLEMS THAT MAY ARISE IN GIFTED CHILDREN DUE TO ASYNCHRONOUS DEVELOPMENT AND SUGGESTED SOLUTIONS

Assoc. Prof. Nisa Gökden KAYA
Hitit University, Health Sciences Faculty, Child Development Department, Çorum, Turkey.
ORCID ID: 0000-0002-6969-371X

ABSTRACT

Gifted children differ from their peers in terms of cognitive, psychomotor, social-emotional, and personality development characteristics and needs. They develop cognitively faster than their peers, and their creativity and motivation levels are above average. However, physical, mental, psychomotor, social, and emotional development does not occur simultaneously in these children. In other words, although they acquire cognitive abilities such as fluent speech, logical reasoning, abstract thinking, and problem-solving much earlier than their peers, they are still physically a child and emotionally mature for their age; this is called 'asynchronous development'. This can lead to confusion for those who expect them to excel in all developmental areas simply because they are cognitively ahead of their peers. In this context, gifted children have different social-emotional needs, and related problems arise. Common problems include anxiety, fear, perfectionism, difficulties in peer relationships, depression, loneliness, and school maladjustment. One of the underlying reasons for this is the very high achievement expectations of their families and teachers. These children, especially when they fail to meet the high expectations of their families and teachers, may experience problems such as low academic self-esteem, depression, and maladjustment in the classroom. The aim of this study is to address the problems that may arise due to the asynchronous developmental characteristics observed in gifted children and to offer solutions. For gifted children to avoid problems due to differences in their developmental characteristics, both families and teachers need to recognize these characteristics and adopt appropriate approaches.
Keywords: Gifted children, asynchronous development, solutions

ÖZET

Özel yetenekli çocuklar bilişsel, psiko-motor, sosyal-duygusal ve kişilik gelişim özellikleri ve ihtiyaçları yönünden akranlarından farklılıklar göstermektedir. Bilişsel bakımdan akranlarına göre daha hızlı gelişmekte, ayrıca yaratıcılık ve motivasyon düzeyleri de ortalamanın üzerinde olmaktadır. Ancak bu çocuklarda fiziksel, zihinsel, psiko-motor, sosyal ve duygusal gelişimler eşzamanlı olarak gerçekleşmemektedir. Başka bir ifadeyle, yaşıtlarından çok önce akıcı konuşma, mantık yürütme, soyut düşünme ve problem çözebilme gibi bilişsel özellikleri kazanmalarına karşın halen bir çocuk bedeninde ve duygusal olarak yaşının gerektirdiği olgunlukta olmaları ‘eşzamanlı olmayan (asenkron) gelişim’ olarak adlandırılmaktadır. Bu da bilişsel olarak yaşıtlarının ilerisinde olması nedeniyle tüm gelişim alanlarında üstünlük göstermesini bekleyen kişilerde kafa karışıklığına yol açabilmektedir. Bu bağlamda özel yetenekli çocukların farklı sosyal duygusal gereksinimleri olmakta ve buna bağlı sorunlar meydana çıkmaktadır. Genellikle yaşanan sorunlar kaygı, korku, mükemmeliyetçilik, akran ilişkilerinde zorluk, depresyon, yalnızlık, okula uyumsuzluktur. Bu durumun altında yatan sebeplerden biri de ailelerinin ve öğretmenlerinin çok yüksek başarı beklentileridir. Bu çocuklar, özellikle ailelerinin ve öğretmenlerinin yüksek beklentilerini gerçekleştiremedikleri zaman düşük akademik benlik saygısı, depresyon ve sınıf ortamına uyumsuzluk gibi problemlere maruz kalabilmektedir. Bu çalışmanın amacı, özel yetenekli çocuklarda görülen eş zamanlı olmayan gelişim özellikleri nedeniyle ortaya çıkabilecek sorunları ele almak ve çözüm önerileri sunmaktır. Özel yetenekli çocukların gelişim özelliklerindeki farklılıklarından dolayı problem yaşamaması için hem aileler hem de öğretmenler tarafından bu özelliklerin fark edilmesi ve uygun yaklaşım sergilenmesi gerekmektedir.
Anahtar kelimeler: Üstün zekalı çocuklar, eşzamanlı olmayan gelişim, çözümler

GİRİŞ

Özel yetenekli çocuklar bilişsel, psiko-motor, sosyal-duygusal ve kişilik gelişim özellikleri ve ihtiyaçları yönünden akranlarından farklılıklar göstermektedir. Bilişsel bakımdan akranlarına göre daha hızlı gelişmekte, ayrıca yaratıcılık ve motivasyon düzeyleri de ortalamanın üzerinde olmaktadır (Eroğlu Garip vd., 2022; Renzulli, 1986). Her ne kadar bilişsel özelliklerin ileri düzeyde gelişmiş olması olumlu bir durum olarak algılansa da bu çocukların yalnızca güçlü yönlerinin değil, karşılaşabilecekleri sosyal, duygusal ve psikolojik risklerin de ele alınması gerekmektedir. Bu bağlamda özel yetenekli çocukların onları tüm gelişim alanlarına uygun şekilde destekleyici bir çevreye gereksinimleri bulunmaktadır (Özbay, 2013).

Zekâ, yetenek, yaratıcılık ve motivasyon bakımından akranlarına göre daha hızlı gelişim gösteren özel yetenekli çocukların gelişim alanları incelendiğinde, bilişsel gelişim ile psiko-sosyal gelişim alanları arasında bazı uyumsuzluklar görülebilmektedir. Başka bir ifadeyle, bu çocuklarda fiziksel, zihinsel, psiko-motor, sosyal ve duygusal gelişimler eşzamanlı olarak gerçekleşmemektedir. Yaşıtlarından çok önce akıcı konuşma, mantık yürütme, soyut düşünme ve problem çözebilme gibi bilişsel özellikleri kazanmalarına karşın halen bir çocuk bedeninde ve duygusal olarak yaşının gerektirdiği olgunlukta olmaları 'eşzamanlı olmayan (asenkron) gelişim' olarak adlandırılmaktadır (Coleman ve Cross, 2005; Morelock, 1992).

Özel yetenekli çocuklardaki eşzamanlı olmayan gelişime dikkat çeken ilk araştırmacı Leta Stetter Hollingworth (1942) olmuştur. Bu durumu "çocuksu bir bedende bir yetişkinin zekâsı ve bir çocuğun duygularının birleşimi" olarak tanımlamıştır (s. 282). Gelişimdeki bu tutarsızlık nedeniyle, üstün zekalı çocukların psikososyal dünyasında bazı karmaşıklıklar ortaya çıkabilir. Hollingworth (1942), zekâ düzeyi arttıkça, gelişim alanlarındaki tutarsızlığın da arttığını belirtmektedir. Bu durumun en çok etkilediği alan sosyal ve duygusal uyumdur. Özel yetenekli çocukların kişilerarası ilişkilerinde bazı sorunlarla karşılaşabilme riskleri fazladır (Armstrong vd., 2019). Bu çalışma, özel yetenekli çocuklardaki eşzamanlı olmayan gelişimin daha çok psiko-sosyal alanda neden olduğu sorunlar ve çözüm önerilerini ele almaktadır. Özbay ve Palancı (2011), üstün yetenekli öğrencilerin eğitimi konusunda yapılan bilimsel çalışmalarda, genel olarak üstün bilişsel yetenek alanına odaklanıldığını; oysa diğer gelişim alanlarında özellikle de psikolojik ve sosyal boyutta yaşanabilecek sorunların da incelenmesi gerektiğini vurgulamaktadır. Bu çalışmanın bu konuya katkı sağlaması amaçlanmaktadır.

ARAŞTIRMA VE BULGULAR

Özel Yetenekli Çocuklarda Ortaya Çıkabilecek Sorunlar

Özel yetenekli çocuklar, özel gereksinimli çocuklar içerisinde yer alan, tipik gelişim gösteren çocuklardan farklı gelişim özellikleri olduğu için özel eğitime ihtiyaç duyan çocuklardır. Bilişsel gelişim özellikleri yaşıtlarının oldukça ilerisindedir (Ataman, 2003). Bu çocukların sahip oldukları yetenek eğer uygun eğitim yaklaşımlarıyla yönlendirilirse, bilim ve sanat alanlarında önemli çalışmalar üretebilecek bir birey olabilirler. Bunun için de öncelikle çocuğu iyi gözlemlemek ve anlamak gerekmektedir. Bu süreçte bu çocukların gelişim özelliklerinin iyi bilinmesi, eğitsel ve psiko-sosyal gereksinimlerinin karşılanması ve tüm gelişim alanlarının uygun şekilde desteklenmesi gerekmektedir (Özbay ve Palancı, 2011). Başka bir ifadeyle, bu çocukların gelişimleri çok boyutlu ve bütüncül bir bakış açısı ile ele alınmalıdır. Bu noktada hem ailelere hem de eğitimcilere önemli görevler düşmektedir.

Özel yetenekli çocuklar homojen bir grup olmayıp aralarında bireysel farklılıklar bulunmaktadır. Buna karşın özel yetenekli çocuklar arasında görülen ortak özellikler bulunmaktadır. Bu ortak özelliklerin başında hızlı öğrenme ve yüksek içsel motivasyon gelmektedir. Olağanüstü merak ve yeni bilgiler öğrenme isteği ile dolu olan bu çocuklar için kitaplar çoğu zaman en yakın arkadaşları olmaktadır (Özbay, 2013). Özel yetenekli çocukların bir kısmı, akranlarından önce okuma ve yazmayı öğrenerek erken yaşta okumaya ve araştırmaya yönelmektedir. Geniş ilgi alanına sahip bu çocuklarda gözlem yeteneği ile gelişmiş düşünme becerileri de görülmektedir (Akarsu, 2001). Bu çocuklarda görülen önemli özelliklerden bir de hayal gücü ve yaratıcılık yeteneklerinin yüksek olmasıdır (Kelemen, 2010). Ayrıca enerjileri yüksek ve ilgi alanları geniştir. Dil gelişimleri de yaşıtlarına göre daha ileri düzeyde olup, genellikle konuşmaya erken başlarlar (Perleth vd., 1993). Geniş sözcük dağarcığına sahip olmaları (Clark, 2002) sayesinde kendilerini iyi ifade etmektedirler (Smutny vd., 2020). Gelişmiş bilişsel becerilerine paralel olarak hafızaları güçlüdür (Bildiren, 2018).

Özel yetenekli çocukların bir başka özelliği ise dikkat sürelerinin uzun olması ve ilgilerini çeken konularda uzun süre çalışabilmeleridir (Baykoç, 2014). Bu özellikler sosyal gelişimlerinde akranlarıyla iletişim kurmalarını zorlaştırabilmektedir. Rogers ve Silverman (1998), yetenekli öğrencilerin üçte birinin kendilerinden büyük oyun arkadaşları seçtiğini ve %15'inin de uzun dikkat süreleri nedeniyle çok daha büyük arkadaşlar seçtiğini belirtmektedir. Özel yetenekli çocuklar akranlarıyla oyun oynarken, hem bilişsel gelişimleri nedeniyle daha çok zekâ gerektiren oyunları tercih etmeleri, hem de akranlarına göre dikkat süreleri uzun olduğundan, daha uzun süre oyuna dikkatlerini verebildikleri için kendi akranlarından çok yaşça büyüklerle arkadaşlık etmeyi tercih etmektedir. Benzer şekilde kendilerinden yaşça büyüklerle veya yetişkinlerle sohbet etmekten keyif alırlar. Ancak akranlarıyla birlikteyken oyun oynamak ve sohbet etmek onlar için sıkıcı olabilmektedir. Bu bağlamda özel yetenekli çocukların bir kısmı okulda veya sosyal ortamlarda yalnızlığı tercih edebilmektedir (Özbay ve Palancı, 2011). Özel yetenekli çocuğun zekâ düzeyi yükseldikçe, yani akranlarıyla arasındaki bilişsel gelişim farkı arttıkça, yalnızlık sorunu da artış göstermektedir.

Eşzamanlı olmayan gelişim, çocuğun fiziksel, bilişsel ve psiko-sosyal gelişim alanlarındaki uyumsuzluk anlamına gelmektedir. Başka bir ifadeyle, özel yetenekli çocukların farklı gelişimsel alanlardaki bu uyumsuzluk, zihinsel, fiziksel ve psikososyal açıdan değişik dönemlerde olmasına yol açmaktadır. Örneğin 4 yaşındaki bir çocuğun zihinsel kapasitesi 6 yaş düzeyinde iken duygusal gelişimi 4 yaş düzeyinde olabilir. Bu durumda bilişsel gelişimi ileride ancak duygusal gelişimi normal düzeydedir. Bu durum, onların yaşlarına uygun davranırken yetişkinler gibi düşünmelerine neden olur. Örneğin, 3 yaşında üstün zekalı bir çocuk, zihninde matematik problemlerini çözebiliyor olsa da, paltosunun düğmelerini iliklemekte zorlanabilir. Bunun nedeni, motor becerilerinin zihinsel yeteneklerinin gerisinde kalmasıdır (Galbraith, 2000).

Bu durum bazı sorunları da beraberinde getirmektedir. Bu sorunların başında çocuğun kendinden beklenen başarıyı her alanda gösteremediği için yaşadığı hayal kırıklığı ve stres gelmektedir (Ogurlu ve Yaman, 2010). Örneğin çocuğun dil gelişimi, zihinsel gelişimine göre biraz daha geride olduğunda, düşüncelerini dile getirmekte zorlanabilir ve bu durum çocuğun konuşmasının akıcılığını bozabilir. Ya da küçük kas gelişimi zihinsel hızına yetişemediği zaman, hayalindeki tasarımı kâğıda aktaramadığı için sinirlenebilir. Çocuk kendi değerini yapabildikleri üzerinden değil, yapamadıkları üzerinden oluşturduğu zaman bu durum düşük benlik saygısına yol açabilir. Ayrıca akranlarıyla uyumlu gelişim göstermediği için de çocuk kendisini bir gruba ait hissedememektedir. Eşzamanlı olmayan gelişim nedeniyle, özel yetenekli çocuklar benzer değişimleri yaşayan akran grubunun duygusal ve sosyal desteğini alamayabilirler. Kearney (1992), bu çocukların okulda heterojen, katı yaş gruplarına göre düzenlenmiş sınıflara yerleştirilmesi ve akademik ve sosyal etkinlikler için özel yetenekli akranlarıyla ilişki kurma fırsatının olmaması durumunda sosyal izolasyon riskinden bahsetmiştir. Ayrıca Greenspon (2000), eşzamanlı olmayan gelişimin duygusal kırılganlığa neden olabileceğine dikkat çekmektedir. Peterson'a (2009) göre, özel yetenekli öğrencilere sosyal ve duygusal gelişimle ilgili endişelerini tartışma fırsatı verilmediği takdirde, bu durum kırılganlığa neden yol açabilir. Özellikle destekleyici olmayan okul ortamları gibi bazı uygunsuz durumlar, çocukların sosyal ve duygusal gelişimleri için risk oluşturabilir (Neihart, 2002). Davranışlarına ilişkin gerçekçi olmayan beklentiler, sürekli eleştiri veya övgü ve arkadaş edinmede zorluklar, özel yetenekli çocukların savunmasız olduğu sorunlar arasındadır (Roedell, 1986).

Çözüm Önerileri

Özel yetenekli çocuklar, farklı gelişim özelliklerinden dolayı kendilerine özgü gereksinimleri bulunmaktadır. Aileleri başta olmak üzere çocuğun çevresindeki eğitimcilerin ve çocukla ilgili sorumluluğu olan kişilerin bu çocukların gelişim özellikleri ve gereksinimleri ile ilgili bilgi sahibi olması büyük önem taşımaktadır. Çocuğun gelişimi bütüncül bir yaklaşımla belirlenerek destekleyici bir ortam sunulması gerekmektedir. Bu ortamın en önemli açık ve samimi iletişimdir. Özel yetenekli öğrencilerin benzersiz özelliklerini ve ihtiyaçlarını tanımak ve sosyal ve duygusal becerilerini geliştirmelerine yardımcı olmak, akademik başarılarını artırmanın yanı sıra kişisel refahlarını ve sağlıklı ilişkilerini de desteklemenin ön koşullarıdır (Smith, 2017). Duygu, düşünce, hayal ve isteklerini özgürce ifade edebileceği bir ortam, özel yetenekli çocukların en önemli gereksinimidir.

Eşzamanlı olmayan gelişim özellikleri nedeniyle ebeveynlerinde özel gereksinimli çocuklardan yapabileceklerinin üzerinde başarı beklentisi oluşabilmektedir.

Bu durum çocukta yetersizlik duygusu ve düşük benlik saygısına yol açabilir (Afat, 2013). Özel yetenekli çocukların desteklenmesi için güçlü yönlerine odaklanmak gerekmektedir (Köksal, 2020). Başka bir ifadeyle çocuğun zorlandığı değil, başarılı olduğu alanlara yönelerek desteklenmesi çocuğun özgüvenini geliştirmeye katkı sağlamaktadır.

Özel yetenekli çocuklar, "özel yetenekli" olarak etiketlenmekten dolayı bazı sorunlarla karşı karşıya kalabilmektedir (Öpengin ve Sak, 2012). Özel yetenekli çocukların ön planda olan ileri düzeydeki bilişsel becerileri, çevresindeki yetişkinlerin onların bazen çocuk olduğunu unutarak yaşlarının ve kapasitelerinin üzerinde beklentiye girmelerine neden olabilmektedir. Ebeveynler ve eğitimciler, her ne kadar zekâları akranlarından üstün olsa da onların çocuk olduklarını akıllarından çıkarmamalıdır. Onlardan yetişkin gibi davranmalarını beklemeden, yaşlarına uygun sorumluluklar verilmelidir. Çocuğun öz düzenleme becerilerinin gelişmesi için kurallar koymak şarttır. Kurallar çocuğun görüşü de alınarak ve kuralların nedenlerini açıklayarak belirlenmelidir. Çocuğun davranışlarının sonucunda aşırı eleştiri veya aşırı övgü yerine, davranışlarının nedenlerini ve sonuçlarını tartışmak çocuğun öz değerlendirme becerisi kazanmasını sağlamaktadır. Özel yetenekli çocukların fikirlerini ve duygularını ifade etmeye ihtiyaçları olduğu için, onlara uygun ortamlar sağlanmalıdır. Sanat, duyguları ifade etmenin eşsiz bir yoludur. Resim, müzik, dans, tiyatro vb. duygusal gelişim için etkili araçlardır. Özel yetenekli çocukların psiko-sosyal gelişimlerinin daha sağlıklı olması için, ilgi ve yeteneklerine uygun hobilere zaman ayırması yararlı olabilir. Ayrıca oyunlar, sportif aktiviteler gibi akranlarıyla sosyalleşme fırsatları yaratmak gerekmektedir. Bu, normal gelişim gösteren akranlarıyla iyi geçinmelerine yardımcı olacaktır. Spor, sadece beden ve zihni koordine etmeyi öğretmekle kalmaz, aynı zamanda sorumluluk kazanmaya da yardımcı olur. Ayrıca, grup sporları çocukların sosyal gelişimini desteklemektedir.

SONUÇ

Özel yetenekli çocuklar bilişsel gelişim alanında akranlarından daha hızlı ilerlemesine karşın, diğer gelişim alanlarında aynı gelişim düzeyinde olmadıkları için sosyal ve duygusal sorunlarla karşılaşabilmektedir. Eşzamanlı olmayan gelişim olarak adlandırılan bu durum çocuk için bazı konularda istediği başarıyı gösteremediği için hayal kırıklığına neden olabilmektedir. Ayrıca çoğu zaman aileler, çocuğun gelişmiş bilişsel becerilerinden dolayı çocuktan her alanda üstün başarı beklemektedir. Oysa özel yetenekli olsa da bir bireyin her alanda üstünlük gösteremeyeceğinin unutulmaması gerekmektedir (Davaslıgil, 2004). Bu bağlamda ailelerin özel yetenekli çocukların gelişimi ve yetiştirilmesi konusunda bilinçlendirilmesi önem taşımaktadır. Özel yetenekli çocuğu olan anne babaların, diğer anne babalardan daha fazla eğitime ihtiyacı bulunmaktadır (Davaslıgil, 2004). Aileler özel yetenekli çocukları yetiştirme sürecinde kişilik özellikleri, iletişim, soruları ve eğitimi gibi birçok konuda güçlükler yaşayabilmektedir (Karakuş, 2010). Bu bağlamda özel yetenekli çocuğu olan ailelerin daha bilinçli şekilde çocuk yetiştirebilmeleri için aile eğitimi programları düzenlenmesi önerilebilir. Afat (2013) üstün zekalı çocukların ebeveynlerine yönelik bir farkındalık eğitim programı uygulamış ve araştırma sonucunda ebeveynlerin farkındalık düzeylerinin yükseldiği belirlenmiştir. Benzer bir araştırmada Ogurlu (2016) üstün yetenekli çocuğu olan ailelere yönelik eğitim programı düzenlemiş ve katılımcıların ebeveyn öz yeterliliklerinin ve farkındalıklarının arttığı sonucuna ulaşılmıştır. Bu araştırma bulguları ışığında gerek bireysel gerekse toplumsal açıdan iyi yetiştirilmeleri gereken özel yetenekli çocukların ailelerine yönelik eğitim programları ile ailelerin özel yetenekli çocukların gelişimsel özellikleri ve uygun ebeveyn tutumları konusunda yeterliliklerinin arttırılması yararlı olabilir.

KAYNAKÇA

Afat, N. (2013). *Üstün zekalı çocukların ebeveynlerine yönelik geliştirilen aile eğitim programının etkililiğinin sınanması.* Doktora tezi, İstanbul Üniversitesi, İstanbul.

Akarsu, F. (2001). *Üstün zekalı ve yetenekli çocuklar, aileleri ve sorunları.* Ankara: Eduser Yayınları.

Armstrong, L. L.; Desson, S.; John E. St. & Watt, E. (2019). The D.R.E.A.M. program: developing resilience through emotions, attitudes, & meaning (gifted edition) – a second wave positive psychology approach, *Counselling Psychology Quarterly*, 32:3-4, 307-332.

Ataman, A. (2003). "Üstün zekalı ve üstün yetenekli çocuklar" (Ed: A. Ataman). *Özel gereksinimli çocuklar ve özel eğitime giriş.* (173-195). Ankara: Gündüz Eğitim ve Yayıncılık.

Baykoç, N. (2014). *Üstün; akıl, zekâ, deha, yetenek, dahiler-savantlar gelişimleri ve eğitimleri.* Vize.

Bildiren, A. (2018). Developmental characteristics of gifted children aged 0–6 years: parental observations. *Early Child Development and Care,* 188(8), 997-1011.

Clark, B. (2002). *Growing up gifted: Developing the potential of children at home and at school* (6th ed.). Upper Saddle River, NJ: Merrill–Prentice Hall.

Coleman, L. J. ve Cross, T. L. (2005). *Being gifted in school: An introduction to development, guidance, and teaching* (2nd ed.). Waco, TX: Prufrock Press.

Davaslıgil, Ü. (2004). Üstün çocuklara sahip ailelerin eğitimi. R. M. Şirin., A. Kulaksızoğlu., A. E. Bilgili (Ed.) *Üstün yetenekli çocuklar seçilmiş makaleler kitabı*. (461-466) Çocuk Vakfı Yay.

Eroğlu Garip, S., Karadağ, F., & Yıldız Demirtaş, V. (2022). Özel yetenekli çocukların ebeveyni olmak ve erken çocuklukta özel yetenekli olmak: ebeveyn görüşleri. *Trakya Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 24(1), 197-226. https://doi.org/10.26468/trakyasobed.885478

Galbraith, J. (2000). *You Know Your Child Is Gifted When... A Beginner's Guide to Life on the Bright Side.* Free Spirit Publishing Inc., Minneapolis.

Greenspon, T.S. (2000). The self experience of the gifted person: Theory and definitions, *Roeper Review*, 22:3, 176-181.

Hollingworth, L. S. (1942). *Children above IQ 180: Origin and Development.* New York.

Karakuş, F. (2010). Üstün yetenekli çocukların anne babalarının karşılaştıkları güçlükler. *Mersin Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 6(1), 127-144.

Kearney, K. (1992). Life in the asynchronous family. *Understanding Our Gifted,* 4(6), 1.

Kelemen, G. (2010). A Personalized Model Design For Gifted Childrens Education. *Procedia Social and Behavioral Sciences.* 2: 3981-3987.

Köksal, A. (2020). Özel Yetenekli Bir Çocuğun Ebeveyni Olmak. *Çocuk ve Medeniyet,* 5(10), 495-502. https://izlik.org/JA58RB88BK

Morelock, M. J. (1992). Giftedness: The View from Within. Understanding Our Gifted, *Open Space Communications,* 4, (3), 11-15.

Neihart, M. (2002). Gifted children and depression. Eds. Neihart, M., Reis, S.M., Robinson, N.M., & Moon, S.M. *The social and emotional development of gifted children. What we do know?* içinde (93-102). Washington, DC: Prufrock Press.

Ogurlu, Ü. (2016). Üstün Yetenekli Çocuğa Sahip Ailelere Yönelik Eğitim Programının Ailelerin Ebeveyn Öz-Yeterliliklerine ve Farkındalıklarına Etkisi. *Milli Eğitim Dergisi,* 45(209), 144-159. https://izlik.org/JA79MB63DR

Ogurlu, Ü., & Yaman, Y. (2010). Üstün zekâlı/yetenekli çocuklar ve iletişim. *Pamukkale Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi,* 28(28), 213-223.

Öpengin, E. ve Sak, U. (2012). Üstün Zekâlı Öğrencilerin Bakış Açısıyla Üstün Zekâ Etiketinin Öğrencilerin Çeşitli Algıları Üzerindeki Etkileri, *Türk Üstün Zekâ ve Eğitim Dergisi*, 2 (1), 37-59

Özbay, Y. (2013). *Üstün yetenekli çocuklar ve aileleri*. T. C. Aile ve Sosyal Politikalar Bakanlığı. https://www.aile.gov.tr/media/92202/01_05_ustun-yetenekli-cocuklar.pdf sayfasından erişilmiştir.

Özbay, Y. & Palancı, M. (2011). Üstün yetenekli çocuk ve ergenlerin psikososyal özellikleri. *Sakarya Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi,* 89-108.

Perleth, C., Lehwald, G. ve Broeder, C. S. (1993). Indicators of high ability in young children. K. Heller, F. J. Mönks ve A. H. Passow (Edt.), *International handbook of research and development of giftedness and talent,* (pp. 283-310). Oxford, UK: Pergamon Press.

Peterson, J. S. (2009). Myth 17: Gifted and talented individuals do not have unique social and emotional needs. *Gifted Child Quarterly,* 53(4), 280-282.

Renzulli, J. (1986). The three ring conception of giftedness: A developmental model for creative productivity. *Conceptions of Giftedness* içinde (s. 51-92). R. J. Sternberg & J. E. Davidson (Eds.), New York: Cambridge University Press.

Roedell, W. C. (1986). Socioemotional vulnerabilities of young gifted children. *Journal of Children in Contemporary Society,* 18(3-4), 17-29.

Rogers, M., Silverman, L. K. (1998). *Recognizing giftedness in young children.* Denver, CO: Gifted Development Center (ERIC Document Reproduction Service No. ED 428471).

Smith S. (2017) Responding to the Unique Social and Emotional Learning Needs of Gifted Australian Students. In: Frydenberg E., Martin A., Collie R. (eds) *Social and Emotional Learning in Australia and the Asia-Pacific. Springer, Singapore.*

Smutny, J. F., Walker, S. Y. ve Meckstroth, E. A. (2000). *Teaching young gifted children in the regular classroom.* ERIC Clearinghouse on Disabilities and Gifted Education.

DESIGN AND OPTIMIZATION OF A CROSS-CORRELATION BASED FLOWMETER FOR CLAMP-ON ULTRASONIC WATER METERS

KELEPÇELİ ULTRASONİK SU SAYAÇLARINDA ÇAPRAZ KORELASYONLU DEBİMETRE TASARIMI VE ENİYİLEMESİ

Cemal Baran BALKAYA
Izmir Kâtip Celebi University, Faculty of Engineering and Architecture, Department of Electrical and Electronics Engineering, Izmir, Türkiye
ORCID: 0009-0008-9060-4743

M.Sc. Eng. Alkım GOKCEN
Baylan Water & Energy Meters, Izmir, Türkiye
ORCID: 0000-0002-8131-388X

Prof. Dr. Savaş SAHIN
Izmir Kâtip Celebi University, Faculty of Engineering and Architecture, Department of Electrical and Electronics Engineering, Izmir, Türkiye
ORCID: 0000-0003-2065-6907

ABSTRACT
This study presents a system capable of performing non-contact and high-precision flow measurement using an external clamp-on method without cutting the pipeline. The main objective is to improve measurement accuracy by filtering signal attenuations and environmental noise caused by the acoustic impedance difference between the pipe material and the fluid. The methods applied in the study consist of hardware design, software design, implementation of the designed system, calibration, and testing stages, respectively. As programming tools, the C programming language, STM32CubeIDE, and the MATLAB simulation environment were used. During the software design phase of the study, a KLM equivalent circuit-based simulation infrastructure was developed for clamp-on ultrasonic water meters. Using the state-space model designed in the MATLAB environment, ultrasonic signals were generated, while the flow effect was modeled through dynamic variations in circuit parameters. In the simulation, realistic analog-to-digital converter originating noise components were integrated into the system, and time delay estimation was carried out using cross-correlation and sliding window methods. During the implementation stage of the system, raw data were collected from the physical prototype, and a regression-based compensation method developed for modeling temperature effects was implemented into the system. Through these methods, the time difference between the attenuated ultrasonic pulses detected by the transducers and the flow rate calculations can be performed in a more stable manner.
Keywords: Clamp-on module, Cross-Correlation, Time of Flight, Compensation, Industrial Prototype

ÖZET
Bu çalışma, boru hattını kesmeden, dışarıdan kelepçeli yöntem ile temassız ve yüksek hassasiyetli debi ölçümü gerçekleştiren yenilikçi bir sistem sunmaktadır. Çalışmanın amacı, boru malzemesi ve akışkan arasındaki akustik empedans farkından kaynaklanan sinyal zayıflamalarını ve çevresel gürültüleri filtreleyerek ölçüm doğruluğunu artırmaktır. Çalışmada uygulanan yöntemler sırasıyla, donanım tasarımı, yazılım tasarımı, tasarlanan sistemin gerçeklemesi, kalibrasyonu ve test aşamalarından oluşmaktadır. Programlama aracı olarak ise C yazılım dili ile, STM32CubeIDE ve MATLAB benzetim ortamı kullanılmıştır. Çalışmanın yazılım tasarımı aşamasında, kelepçeli ultrasonik debimetre için KLM eşdeğer devre tabanlı bir simülasyon altyapısı geliştirilmiştir. MATLAB ortamında oluşturulan durum-uzay modeli ile ultrasonik sinyaller üretilmiş; akış etkisi, devre parametrelerindeki dinamik değişimler üzerinden modellenmiştir. Simülasyonda analog-dijital dönüştürücü kaynaklı gerçekçi gürültü bileşenleri sisteme entegre edilmiş, çapraz korelasyon ve kayan pencere yöntemleri kullanılarak zaman gecikmesi kestirimi gerçekleştirilmiştir. Sistemin gerçekleme aşamasında ise fiziksel prototip üzerinden ham veriler toplanmıştır. Ardından, sıcaklık etkilerinin modellenmesi amacıyla geliştirilen regresyon tabanlı kompanzasyon yöntemi sisteme entegre edilmiştir.

Bu yöntemler sayesinde, dönüştürücüler ile algılanan zayıflamış ultrasonik darbeler arasındaki zaman farkı ve debi hesaplamaları, daha kararlı bir şekilde yapılabilmektedir.
Anahtar Kelimeler: Kelepçeli Modül, Çapraz Korelasyon, Zaman Uçuşu, Kompanzasyon, Endüstriyel Prototip

INTRODUCTION

The development of instrumentation introduces requirements for the optimization of measurement errors. Accurate measurement of flow and consumption is an important process in preventing incorrect billing and potential confusion within the water administration. In industrial plants, it is possible to achieve savings from the operations to be carried out throughout the production stages in order to ensure efficient energy management (Gökçen, A. & Yeşil B., 2022). Clamp-on ultrasonic flowmeters based on the time-of-flight principle largely provide this saving due to their ability to be mounted on the outside of existing pipelines (Ali & Muhammad, 2022).

Clamp-on ultrasonic flowmeters measure flow velocity and flow rate with the help of ultrasonic waves. They are widely used in industrial measurements due to their ease of installation and the fact that they do not require intervention in the pipeline. Ultrasonic modules have a design that allows for non-contact flow measurement in order to provide solutions to problems such as mechanical wear and maintenance difficulties. However, the acoustic impedance mismatch between the pipe wall and the fluid can lead to signal attenuation and a decrease in measurement accuracy (Ali & Muhammad, 2022). For this reason, there are various methods in ultrasonic flowmeters, such as transit-time, cross-correlation, Doppler, and similar techniques (Alaeddin et al., 2021). This study adopts the cross-correlation algorithm to increase the accuracy of ultrasonic transit-time measurement. The cross-correlation technique is one of the most stable methods used in determining flow velocity (Lysak et al., 2008). Thanks to this method, signal attenuation and noise effects resulting from the acoustic impedance difference between the pipe and the fluid are reduced. Since no parts made of lead or other heavy metals are installed inside the pipeline, no friction loss occurs either. In this context, negative effects caused by pressure changes can also be minimized.

Ultrasonic flowmeters are non-contact and high-precision measurement systems that perform flow measurement by utilizing the propagation of sound waves within a fluid (X. Gu & F. Cegla, 2019). The fundamental principle in these systems is based on measuring the difference (ΔT) between the transmission times of ultrasonic signals sent in the flow direction and the opposite direction. This time difference is a function of the fluid velocity and is converted into flow information through mathematical models. The system used in this study was developed based on the Krimholtz-Leedom-Matthaei (KLM) equivalent circuit, which models the behavior of piezoelectric transducers (R. Krimholtz et al., 1970). The KLM model represents the characteristics of ultrasonic sensors through the energy conversion between electrical input and acoustic output. The current applications of the model enable precise analysis of sensor characteristics, particularly in systems operating with the transit-time method (Kim et al., 2019). KLM-based approaches yield successful results in generating reference waveforms for flow meters and optimizing the system (Sun et al., 2024).

One of the most important parameters affecting measurement accuracy is temperature. Temperature change directly affects the speed of sound within the fluid, causing the measured time difference to change. In this study, the temperature effect was included in the simulation using an analytical model of the speed of sound depending on temperature. Thus, the temperature effects on both ΔT and the calculated flow rate could be analyzed separately. This approach ensures a more accurate representation of real system conditions. A compensation process was performed to reduce temperature-induced errors. Within this scope, a synthetic dataset was created through simulation under different temperature and flow conditions. The resulting dataset consists of temperature, time difference, and actual flow rate variables. Using this dataset, a multiple linear regression model was established. The model is defined in a general form by expressing the flow rate as a function of both temperature and time difference.

The system offers a hybrid approach in which physical modeling, signal processing, and a regression-based compensation method are integrated. The KLM-based simulation represents the physical behavior of the system, while the cross-correlation and sliding window methods ensure the precise calculation of the time difference.

METHODOLOGY

Ultrasonic flow measurement is based on the principle that the propagation speed of ultrasonic waves within a pipeline is affected by the flow velocity (Ren, R. et al., 2022). The fundamental principle relies on transmitting ultrasonic pulses through the fluid and measuring the transit time, frequency shift, or correlation between signals to determine the flow velocity. However, these signals may undergo distortion due to pipe material, pipe diameter, and environmental noise (Simões et al., 2024). The method focused on in this study is to detect the time difference between ultrasonic pulses moving in the direction of the flow and against the flow using the cross-correlation method. Cross-correlation is a signal processing method used to determine the level of similarity between two signals and the time difference between them (Velmurugan, R. & P. Rajalakshmy., 2013). With this method, the time difference can be determined with high accuracy.

In order to reduce noise and fluctuations in the obtained signals, the sliding window technique was applied in this study. The sliding window method is an analysis technique performed over data within a specific time interval of system data that is continuously measured while the system is operating online (Qiu Z. et al., 2022). In this method, delay data are analyzed by moving them through a 16-sample time window. Thus, the effect of transient signal distortions is reduced, and the system becomes more stable for time difference detection.

The methods applied in the study consist of hardware design, software design, implementation of the designed system, and testing phases. The materials used for these methods include a 32-bit ARM-based microprocessor, an analog-to-digital converter, electronic circuit components, a module containing ultrasonic measurement sensors, and mechanical apparatus suitable for the clamp-on pipeline structure for the implementation of the system (Stm32CubeIDE Program, n.d). The C programming language was used as the programming tool. MATLAB and STM32CubeIDE were preferred as the development environments. Prior to the calibration and error management steps, time-stamped data transmission was performed via the universal serial port for activities such as data collection.

The hardware phase of the designed system involves determining the most suitable pipeline for the tests and positioning the transducers according to the pipe diameter (Massaad, J. Et al., 2022). The ultrasonic signal generated by triggering Transducer A travels in the direction of the flow and is digitally recorded by Transducer B via the ADC. Subsequently, the same process is repeated by generating a sound pulse against the flow direction and measuring it with the opposite transducer. In order to transmit the measurement data obtained in the system in a reliable and traceable manner, time-stamped data transmission was carried out via the universal serial port. The dataset containing parameters such as time-of-flight values obtained from the physical system, the speed of sound in water, and temperature was used in simulation studies.

Simulation Section

Depending on the software design phase of the system, a simulation study was carried out to establish an infrastructure for the system. In this simulation study, a state-space model of a sample KLM equivalent circuit was created, and upstream/downstream signal generation was performed in the MATLAB simulation environment (Figure 1). The state-space model of the reference circuit was configured to represent the electrical-mechanical-acoustic behavior of the transducer (van Willigen, D. M., 2022).

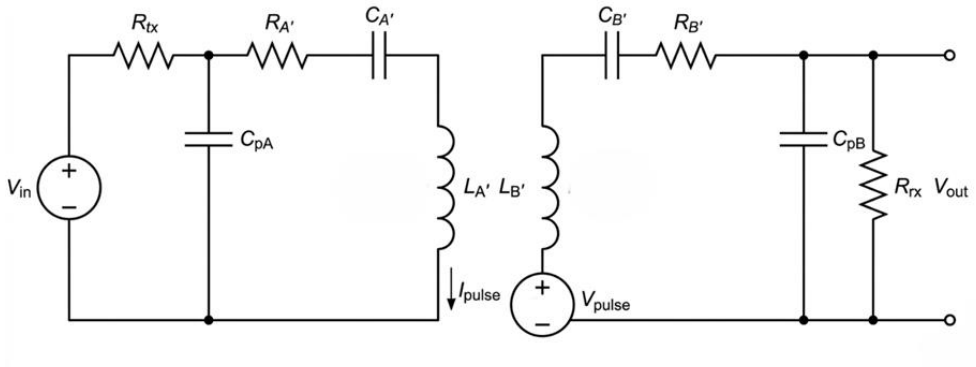


Figure 1. Simplified KLM equivalent circuit model

In the circuit model, a dynamic flow simulation was created using the capacitance value representing the flow variation. The simulation in question also includes the integration of noise obtained from the actual hardware (STM32 ADC) into the system, and the stability analysis steps for estimating time delay (Δt / ToF) using cross-correlation and sliding window methods (Figure 2). Accordingly, in order to test the flow measurement capability of the system in compliance with industrial standards, pipeline parameters were integrated into the simulation and real-time flow monitoring was performed. In the final stage of the simulation, a regression-based temperature compensation was carried out using raw data obtained from the actual physical system.

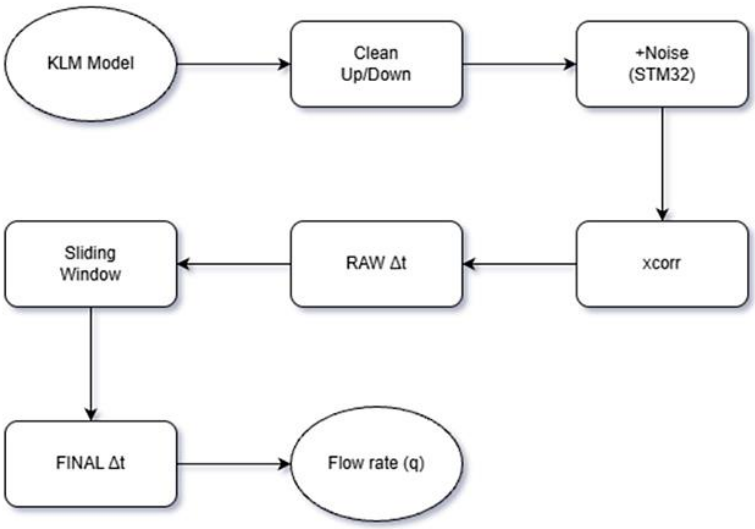


Figure 2. Simulation flowchart

Flow scenario: The downstream capacitance was varied between 130 pF and 139 pF with a period of 250 ms and in steps of 0.5 pF. In this way, a dynamic scenario representing the increase and decrease of flow over time was obtained. The equations were re-solved at each iteration using the 'lsim' function, and clean upstream/downstream signals were generated. Thanks to this dynamic structure, the stability of the delay measurement and flow calculation over time was observed.

Noise model: A binary data packaging and synchronization architecture was established for data transfer from the STM32 microcontroller to MATLAB. The primary objective of the system is to ensure that the data received via the ADC is transmitted synchronously to the opposite side. Data is packaged and posted on the microcontroller side. A header consisting of bit sequences such as 0xAA and 0x55 is used for the start of the packet. The data in memory is serialized so that it can be sent via UART. Additionally, the 'up' and 'down' signals are arranged sequentially using the interleaving method. This prevents time shifts during the process. After the data is received on the MATLAB side, the even and odd indexed data are separated as 'up' and 'down' through a de-serialization process. Each packet consists of a 2-byte header, 2-byte length information, and 1024 bytes of actual data (payload). This system ensures that the data is processed digitally without error.

Noise was modeled through three main components. First, the AC component was obtained from the upstream and downstream samples coming from the STM32 ADC, and this component was added to the signal in waveform. Second, the DC offset, calculated from the common mean of the samples of these two signals, was applied to the signal as a constant shift. Finally, ideal white noise generated with the 'randn' function was added to each sample independently.

Delay estimation (Δt / ToF): To obtain the raw delay data, after removing the DC components of the noisy upstream and downstream signals, the cross-correlation between the two signals was calculated. The lag point where the maximum value is located on the resulting correlation curve was identified, and this lag value was converted to the time axis to obtain the raw delay. Since raw delay measurements can show significant fluctuations from sample to sample, a 16-sample sliding window average was applied. With this method, the measurement output was made more stable and traceable.

Measurement conditions: The values of the physical parameters for the KLM equivalent circuit are given in Table 1. In this table, within the scope of other parameters; while *t_stop* determines the total duration the simulation runs for each ultrasonic burst, fs represents the sampling frequency used in the simulation. In addition, the parameters *adc_wave_amp*, *adc_offset_amp*, and *white_sigma* define the amplitude of the fluctuating noise originating from the STM32 ADC, the DC offset level arising from ADC measurements, and the standard deviation of the ideal white noise, respectively, thereby determining the total character of the measurement noise in the simulation. The fundamental geometric and physical quantities used in the transition from time delay to flow velocity and volumetric flow calculation are formed by the parameters *L_path*, *d_pipe*, *c2*, and *theta2_deg*. The parameter values in the system were designed such that the operating frequency of the transducers is 2MHz. The physical parameters can be easily changed via software according to the desired study.

Table 1. Circuit parameters and values

Circuit Parameters	**Values**	**Other Parameters**	**Values**
Rtx	*50 Ω*	CB'_step	*0.5 pF*
RA' & RB'	*20 Ω*	t_stop	*7e-6 s*
LA' & LB'	*46e-6 H*	fs	*1/1e-9 Hz*
CpA & CpB	*0.55e-9 F*	adc_wave_amp	*0.2e-1*
CA'	*139e-12 F*	adc_offset_amp	*0.1e-1*
CB'_up (constant)	*139e-12 F*	white_sigma	*0.2e-1*
CB'_down	*Variable (pF)*	L_path	*100 mm*
R_rx	*20 Ω*	d_pipe	*67e-3*
K (coupling)	*1*	c2	*1480*
Scale	*2.8e-1*	theta2_deg	*45*

Flow calculations: The difference between the time-of-flight values measured in the upstream and downstream directions (ΔT) is directly related to the volumetric flow rate. When the ultrasonic path length (L) and the speed of sound (c) are known, under the small velocity assumption ($v \ll c$), the flow velocity can be calculated approximately as being directly proportional to ΔT. Equation (1) shows the expression of flow velocity in terms of delay and physical parameters.

$$v \approx (\Delta T \cdot c^2)/\big(2 \cdot L \cdot \cos(\theta)\big) \tag{1}$$

The calculated flow velocity is converted into volumetric flow rate by multiplying it by the cross-sectional area of the pipe. This calculation is given in equation (2). The flow rate, calculated in liters per minute, is given in equation (3).

$$q = (\pi \cdot d^2/4) \cdot v \tag{2}$$

$$q(L/min) = q(m^3/s) \cdot 1000 \cdot 60 \tag{3}$$

In order to test the flow measurement capability of the system, pipeline parameters (as an example) have been integrated into the simulation in accordance with industrial standards. Accordingly, the internal pipe diameter (d_pipe), the ultrasonic path length (L_path), and the signal transmission angle (θ) have been defined.

RESULTS

The outputs of the developed KLM-based ultrasonic flow simulation are presented; the behavior of upstream and downstream signals, the estimation of time delay (ΔT) under noise, and the real-time flow calculation results derived from this delay are evaluated through graphs.

Figure 3 shows the noise-free upstream and downstream ultrasonic signals generated using the KLM state-space model. It is observed that the flow-dependent CB' parameter change applied to the downstream signal creates a time delay and phase difference relative to the upstream signal. Figure 4 shows the behavior of the upstream and downstream signals after the noise components have been added (Time axis: 0–7 µs, max. normalized amplitude: ±0.22, with noise components: ±0.25).

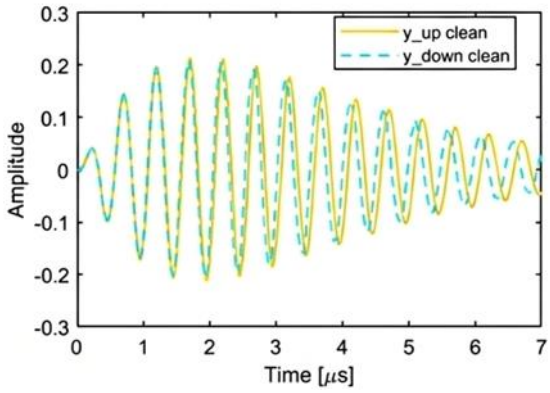


Figure 3. Clean upstream and downstream ultrasonic signals

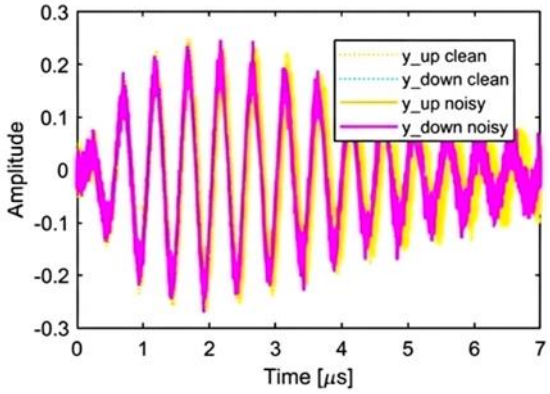


Figure 4. Comparison of noisy signals

The variation of the raw time delay (RAW ΔT) values obtained as a result of cross-correlation on a sample basis (approximately between 0-50 ns) is given in Figure 5. The real-time flow visualization shows the change over time in the volumetric flow rate calculated with the final delay obtained by applying a sliding window average to the raw delay measurement (Figure 6). It was observed that the real-time flow rate reached a maximum of approximately 150 L/min and is consistent with theoretical calculations.

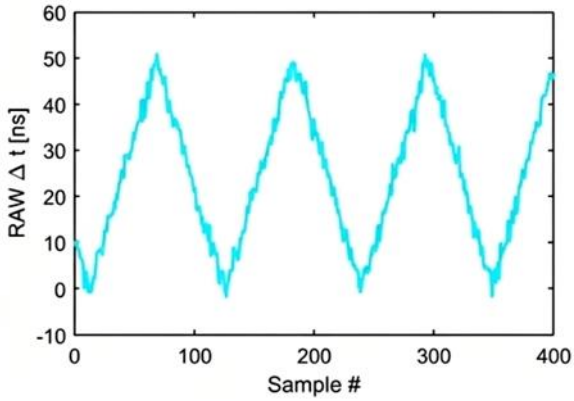


Figure 5. Variation of raw time delay over time

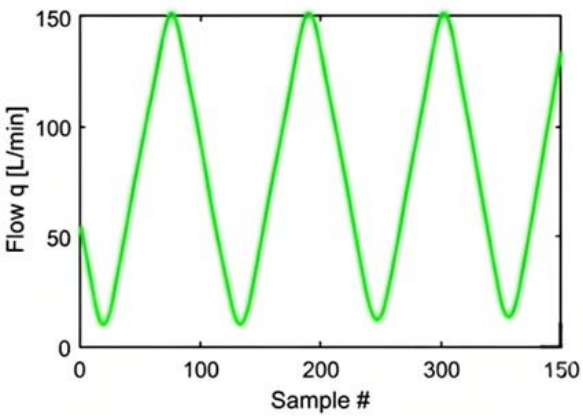
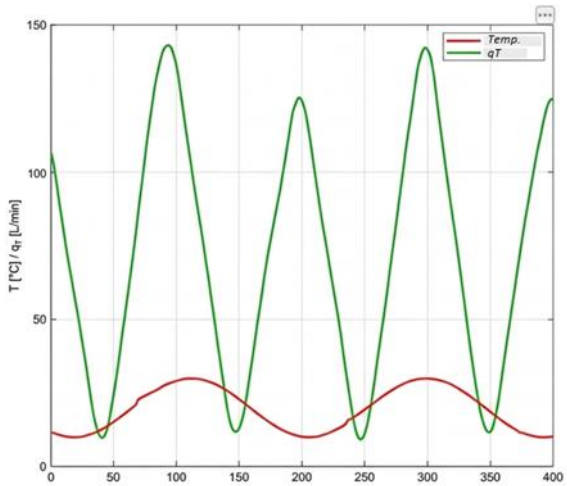


Figure 6. Variation of real-time flow rate as a result of sliding window

During the implementation phase of the system, raw data were collected from the physical prototype, and a regression-based compensation method developed to model temperature effects was integrated into the system. Since the speed of sound in water is much higher than the flow velocity and the temperature varies within a relatively short range, the system behaves linearly. For this reason, a multiple linear regression model was preferred for the compensation stage. The inputs of the model were set as delay and temperature, while the output was set as the flow rate. The multiple linear regression model created in this manner was trained using a synthetic dataset independent of the real-time loop. Consequently, the effect of temperature changes on the flow rate was observed. The data obtained after the compensation process showed that the values approached the reference flow rate. Figure 7 shows the variation of the temperature value within a certain range and in a sinusoidal form. In addition, it illustrates the effect of temperature variations on the flow measurement. Figure 8 demonstrates that the flow measurement was compensated to the 150 L/min value after the regression model.



Figures 7. Effect of temperature change on measurement

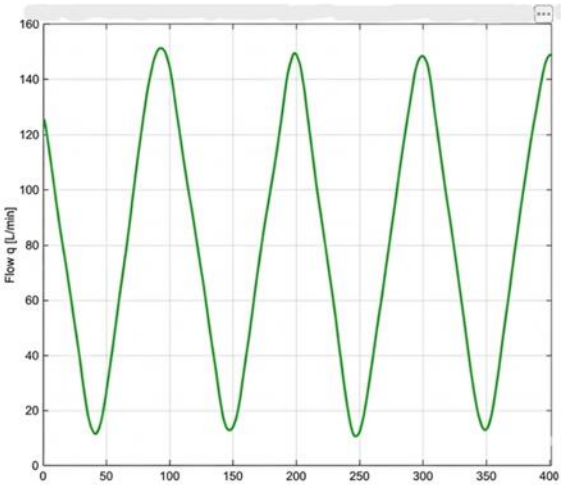


Figure 8. Flow rate measurement result obtained after compensation

CONCLUSION AND DISCUSSION

This study has demonstrated the design and validation of a clamp-on ultrasonic flowmeter system based on a cross-correlation-based signal processing method for non-invasive water flow measurement. The hardware and embedded software architecture ensure real-time operation. Thanks to the methods developed within this scope, the time difference between the attenuated ultrasonic pulses detected by the transducers and the flow calculations were measured in a highly accurate, non-contact, and noise-robust manner. The easy installation and low maintenance requirements of the system ensure that it is more advantageous in terms of operating costs and energy savings compared to conventional meters. At the same time, carried out within the scope of university-industry cooperation, this study holds the character of an industrial prototype compliant with international standards and developed with domestic R&D capacity. Consequently, the outputs obtained within the scope of this study contribute to the sustainable water management infrastructure. It demonstrates a potential for future advancements in flow measurement systems, such as machine learning integration and adaptive algorithms.

ACKNOWLEDGEMENT

I would like to thank Baylan Measuring Instruments Industry and Trade Ltd. Company for their patience, motivation, continuous support, and encouragement throughout the study. This study is supported by the Scientific and Technical Research Council of Turkey (TUBITAK) under 2209B – Research Project Support Programme for Undergraduate Students with Project number 1139B412501010.

REFERENCES

Alaeddin, Mohammad & Hashemabadi, Seyed & Mousavi, Seyed Foad. (2021). Numerical Study on the Effect of Circumferential Position of Ultrasonic Transducers on Ultrasonic Cross-Correlation Flowmeter Performance Under Asymmetric Air Flow Profile. Ultrasonics. 115. 106479. https://doi.org/10.1016/j.ultras.2021.106479.

Ali, Muhammad, "Evaluation of clamp-on ultrasonic liquid flowmeters" (2022). Electronic Thesis and Dissertation Repository. 8357. https://ir.lib.uwo.ca/etd/8357

Gökçen, A., & Yeşil, B. (2022). Evaluation of Different Methods on Time of Flight Calculation. Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi (37), 119-122.: https://doi.org/10.31590/ejosat.1136834

Kim, G., Seo, MK., Choi, N. et al. Application of KLM Model for an Ultrasonic Through-Transmission Method. Int. J. Precis. Eng. Manuf. 20, 383–393 (2019). https://doi.org/10.1007/s12541-019-00050-y

Lysak, Peter & Jenkins, David & Capone, Dean & Brown, William. (2008). Analytical model of an ultrasonic cross-correlation flow meter, part 2: Application. Flow Measurement and Instrumentation - FLOW MEAS INSTRUM. 19. 41-46. https://doi.org/10.1016/j.flowmeasinst.2007.08.005.

Massaad, J.; van Neer, P.L.M.J.; van Willigen, D.M.; Pertijs, M.A.P.; de Jong, N.; Verweij, M.D. Measurement of Pipe and Liquid Parameters Using the Beam Steering Capabilities of Array-Based Clamp-On Ultrasonic Flow Meters. Sensors 2022, 22, 5068. https://doi.org/10.3390/s22145068

Qiu Z, Lu Y, Qiu Z. Review of Ultrasonic Ranging Methods and Their Current Challenges. Micromachines (Basel). 2022 Mar 26;13(4):520. doi: 10.3390/mi13040520. PMID: 35457823; PMCID: PMC9025471.: https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC9025471/

R. Krimholtz, D. A. Leedom, G. L. Matthaei. New equivalent circuits for elementary piezoelectric transducers. Electronics Letters, 1970, 6(13): 398. DOI: 10.1049/el:19700280.

Ren, R.; Wang, H.; Sun, X.; Quan, H. Design and Implementation of an Ultrasonic Flowmeter Based on the Cross-Correlation Method. Sensors 2022, 22, 7470.: https://doi.ord/10.3390/s22197470

Simões, Catarina & Ribeiro, A. & Almeida, Maria & Covas, D. (2024). Analysis of flow rate measurement accuracy and traceability of flowmeters in field conditions using clamp-on ultrasonic flowmeters. 58-63. 10.21014/tc11-2023.04.

Sun, Ronghua and Wang, Jian and Gao, Jun and Wang, Yangang, A Reference Waveform Generation Method for Ultrasonic Flow Meters Based on the KLM Transducer Equivalent Circuit Model and Acoustic Transmission Line Theory. Available at SSRN: https://ssrn.com/abstract=6344136 or http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.6344136

Stm32CubeIDE Program, Accessible: https://www.st.com/en/development-tools/stm32cubeide.html

van Willigen, D. M. (2022). Advanced Measurement Techniques and Circuits for Array-Based Transit-Time Ultrasonic Flow Meters. [Dissertation (TU Delft), Delft University of Technology]. https://doi.org/10.4233/uuid:e2f4b411-3d8e-4b93-b037-096009c59f61

X. Gu and F. Cegla, "The Effect of Internal Pipe Wall Roughness on the Accuracy of Clamp-On Ultrasonic Flowmeters," in IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement, vol. 68, no. 1, pp. 65-72, Jan. 2019, doi: 10.1109/TIM.2018.2834118.

REAL-TIME PASSENGER DENSITY DETECTION AND INFORMATION SYSTEM FOR PUBLIC TRANSPORT VEHICLES BASED ON ARM MICROPROCESSOR AND EMBEDDED MACHINE LEARNING

ARM MİKROİŞLEMCİ VE GÖMÜLÜ MAKİNE ÖĞRENMESİ TABANLI TOPLU TAŞIMA ARAÇLARI İÇİN GERÇEK ZAMANLI YOLCU YOĞUNLUĞU TESPİT VE BİLGİLENDİRME SİSTEMİ

Meliha AYDIN
İzmir Katip Çelebi University, Faculty of Engineering and Architecture, İzmir, Turkey,
ORCİD: ID/0009-0006-6349-5022

Gürkan TOPKARA
Kent Kart Ege Elektronik San. ve Tic. A.Ş., R&D Center/Hardware Development, İzmir, Turkey,
ORCİD: ID/0009-0004-2804-1848

Prof. Savaş ŞAHİN
İzmir Katip Çelebi University, Faculty of Engineering and Architecture, İzmir, Turkey,
ORCİD: ID/0000-0003-2065-6907

ABSTRACT

The study presents a developed a real-time passenger density detection system for rail system wagons using environmental sensor data and embedded machine learning. The ARM Cortex microcontroller is designed to evaluate the data from the Sensirion SCD30 sensor with the inter-integrated circuit (I^2C) protocol, with the Multilayer Perceptron model embedded in the card, and then to inform the passengers waiting at the stop about the passenger density in the railway wagon as "Low-Medium-High". The Sensirion SCD30 sensor provides CO_2, temperature, and humidity measurements with the necessary data for density estimation via the I^2C protocol. This protocol integration is implemented using STM32CubeIDE and the C programming language. Sensor data were collected from rail system wagons with a specific scenario; CO_2 was used for passenger density detection prediction model training using temperature and humidity data. With an MLP model trained using these data, it is aimed to instantly inform the passengers waiting at the stop and in the railway wagon about the passenger density in the wagon. During the proof phase, the occupancy detection model, which was trained using the X-CUBE-AI infrastructure, was embedded in the STM32H755 microcontroller, and the applicability of machine learning inference on the device was observed. The model output obtained by classification was transmitted to users through two separate channels. It is transmitted to the passengers in the railway wagon, STM32H755IZQ, the microcontroller via the display connected to communicate with the universal asynchronous receiver- transmitter (UART) protocol. At the same time, the inference result is transmitted wirelessly to an ESP32 module located at the station via an external Wi-Fi module in the carriage. ESP32 allows passengers at the stop to have information about the occupancy status before getting on the railway wagon via the display that communicates this data with the UART protocol. The proposed system aims to improve the travel experience on public transport networks from sensor to display, thus helping passengers to travel more consciously and comfortably.

Keywords: Machine Learning, Passenger Density Detection, Embedded AI, Multi Layer Perceptron, Real-Time Inference

ÖZET

Bu çalışma, çevresel sensör verileri ve gömülü makine öğrenimi kullanarak demiryolu vagonları için gerçek zamanlı yolcu yoğunluğu tespit sistemi geliştirmeyi sunmaktadır. ARM Cortex mikrodenetleyici, kartta gömülü Çok Katmanlı Algılayıcı modeli ile Sensirion SCD30 sensöründen gelen verileri entegre devreler arası (I^2C) protokolü ile değerlendirmek ve ardından durakta bekleyen yolcuları demiryolu vagonundaki yolcu yoğunluğu hakkında "Düşük-Orta-Yüksek" olarak bilgilendirmek üzere tasarlanmıştır. Sensirion SCD30 sensörü, I^2C protokolü aracılığıyla yoğunluk tahmini için gerekli verilerle birlikte CO_2, sıcaklık ve nem ölçümleri sağlar. Bu protokol entegrasyonu, STM32CubeIDE ve C programlama dili kullanılarak gerçekleştirilmiştir.

Sensör verileri, belirli bir senaryo ile demiryolu vagonlarından toplanmıştır; CO_2 verileri, sıcaklık ve nem verileri kullanılarak yolcu yoğunluğu tespit tahmin modeli eğitimi için kullanılmıştır. Bu veriler kullanılarak eğitilmiş bir MLP modeli ile, durakta ve vagon içinde bekleyen yolculara vagon içindeki yolcu yoğunluğu hakkında anında bilgi verilmesi amaçlanmaktadır. Kanıt aşamasında, X-CUBE-AI altyapısı kullanılarak eğitilen doluluk tespit modeli, STM32H755 mikrodenetleyicisine entegre edilmiş ve cihaz üzerinde makine öğrenimi çıkarımının uygulanabilirliği gözlemlenmiştir. Sınıflandırma ile elde edilen model çıktısı, kullanıcılara iki ayrı kanal üzerinden iletilmiştir. Bu çıktı, vagon içindeki yolculara, STM32H755IZQ mikrodenetleyicisine ise evrensel asenkron alıcı-verici (UART) protokolü ile iletişim kuran ekran üzerinden iletilir. Aynı zamanda, çıkarım sonucu, vagon içindeki harici bir Wi-Fi modülü aracılığıyla istasyonda bulunan bir ESP32 modülüne kablosuz olarak iletilir. ESP32, duraktaki yolcuların vagona binmeden önce doluluk durumu hakkında bilgi sahibi olmalarını sağlar; bu bilgi, UART protokolü ile iletilen ekran üzerinden görüntülenir. Önerilen sistem, sensörden ekrana kadar toplu taşıma ağlarındaki seyahat deneyimini iyileştirmeyi ve böylece yolcuların daha bilinçli ve rahat bir şekilde seyahat etmelerine yardımcı olmayı amaçlamaktadır.
Anahtar Kelimeler: Makine Öğrenimi, Yolcu Yoğunluğu Tespiti, Gömülü Yapay Zeka, Çok Katmanlı Algılayıcı, Gerçek Zamanlı Çıkarım

1. INTRODUCTION

Smart public transportation systems are important for the sustainability of urban mobility. Passenger density monitoring is important for both voyage planning and real-time passenger information. While overcrowded wagons negatively affect passenger comfort and safety; empty running wagons lead to energy waste and increased operational costs (Lee & Lee, 2025). CO_2 concentration-based crowd estimation stands out as a highly effective method, especially in indoor environments; because every person emits CO_2 through the metabolism process and this gas accumulates in the environment (Candanedo, 2016). This approach offers a passive and continuous measurement opportunity, unlike the triggering structure of infrared sensors. The system presented in this study adopts embedded machine learning method that directly analyzes environmental sensor data (CO_2, temperature, humidity, door status). In situ CO_2 measurements were carried out in an active train car to estimate the passenger density in rail system cars. The hardware required for data collection consists of a gas sensor (SCD30) operating on the non-dispersive infrared principle and an STM32H755IZQ microcontroller that enables the processing of the collected data. The data acquisition unit is positioned in the middle of the so that the natural ventilation effects caused by passenger circulation in the carriage and door openings at stations can be monitored. Thus, a privacy-safe solution is obtained that is both real-time and low power consumption (Tan et al., 2022; Nesa & Banerjee, 2017). Direct execution of standard neural network models on memory (RAM/Flash) and processing power-constrained microcontrollers results in high inference delays. To overcome this constraint, the trained MLP network structure was adapted to the target hardware using STMicroelectronics' X-CUBE-AI framework. In this process, the goal is to minimize the memory footprint of the system by converting the model's weight and activation parameters into libraries specific to the microcontroller architecture. For the passenger density output obtained because of the model evaluation to be sent to the passengers at the stop, the microcontroller in the railway wagon must be able to connect to the Wi-Fi network at the stop when the train approaches the stop. For this purpose, an external ESP8266 Wi-Fi module was used that communicated with the STM32H755IZQ microcontroller via the UART protocol. The information about the density of passengers arriving at the stop is transmitted to the passengers through an interface designed on the liquid crystal display screen, which communicates with the ESP32 module at the stop via the UART protocol. This protocol integration is implemented in Arduino IDE and C programming language. This structure provides a solution to improve the usability of the system in industrial applications. The designed system, which was a solution in the field of intelligent transportation systems, embedded artificial intelligence and Internet of Things (IoT) concepts. It provides a practical, scalable monitoring solution that can instantly analyze passenger density in public vehicles.

2. CONCEPTUAL FRAMEWORK

The conceptual framework is based on two main ideas: how we detect occupancy, using machine learning directly in the device level and systems where objects are connected via the IoT.

It then discusses what previous research has to say on these subjects, which is the basis for our proposed passenger density system. The secret to the smooth running of public transport is the accurate monitoring of passenger density. Older methods to find the number of people around include using ticket data, weighing something, or using cameras (Labeodan et al., 2015). Vision-based systems do a pretty good job but have big problems. They are private invasions, drain computing power, and don't do well with changes in light (Labeodan et al, 2015). To overcome these disadvantages, recent studies demonstrate the preference of sensing our surrounding environment. People breathing increases the CO_2 in enclosed spaces. Studies on indoor air quality (Liang et al., 2024) have shown that the more people there are indoors, the more CO_2 there is as well as higher temperatures and humidity. For this work those factors are measured to estimate how full a space is. This keeps things private, because there is no face recognition or invasive personal info gathering. Historically, machine learning models have been run on cloud servers because that is where the processing power and memory reside. But using these in mobile settings like public transport has its own headaches. Things are tricky when internet speeds are not consistent, there are data caps and information can be lost when networks go down (Shafique et al., 2021). Edge AI, or TinyML, solves those problems by moving the number crunching to edge devices – in essence, the microcontrollers attached to sensors (Warden and Situnayake, 2019). However, with the development of ARM Cortex technology, combined with embedded software (e.g. STMicroelectronics' X-CUBE-AI), we are now able to deploy artificial neural networks such as multilayer perceptron (MLP) on less-than-powerful devices (Shafique et al., 2021). Here the procedure is to train the MLP model separately and deploy it on the STM32 microcontroller. This allows us to perform real-time tasks locally with the Edge AI approach. It reduces constant cloud chatter, improves response times and reduces power consumption, while making the system more reliable. The last section of the framework deals with sharing processed data with users. As noted by Zanella et al. (2014), today's IoT setups in smart cities link sensor nodes to user interfaces. Passenger info systems work well when people have info they can easily access, whether they are already on board, or still at the station. Studies have shown that providing data in advance to travellers helps to spread out crowds more evenly, which makes things run more smoothly overall. Thus, a distributed IoT setup is used in this study. It connects the main processor with ESP32/Wi-Fi for wireless action and screens to show details instantly. This design provides real-time and consistent information about the occupancy status of the cars to both passengers inside the vehicle and those waiting outside.

3. METHODOLOGY

3.1 System Architecture and Hardware Platform

The system is based on a multi-layered embedded architecture: detection layer, embedded processing layer, communication layer and visualization layer. The sensing layer comprises of the Sensirion SCD30 CO_2, temperature and humidity sensor and the railway wagon door status signal. The data is sent to the microcontroller through the I2C protocol. The processing layer utilizes the STM32H755ZIQ dual-core evaluation board as Nucleo-H755ZI-Q (STMicroelectronics, 2023) in Figure 1.

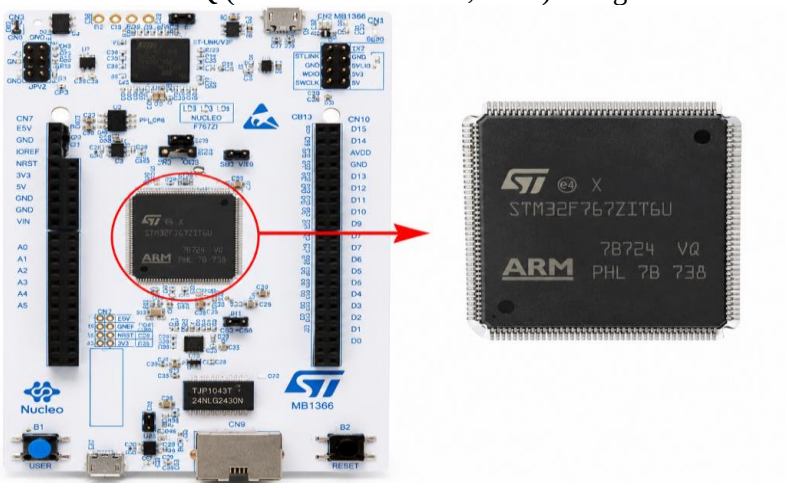


Figure 1-STMH755ZIQ Microcontroller (STMicroelectronics, 2026)

The STM32H755ZIQ features a dual-core architecture with Cortex-M7 cores at 480 MHz and Cortex-M4 cores at 240 MHz. The Cortex-M7 is responsible of computationally intensive operations such as machine learning inference (using the X-CUBE-AI framework). The Cortex-M4 is responsible of sensor reading and data pre-processing via I^2C. The two cores communicate through a shared SRAM3 memory area protected by Hardware Semaphores (HSEM); this mechanism ensures synchronized and secure inter-core data sharing. System architecture and inter-core communication flow is placed in Figure 2.

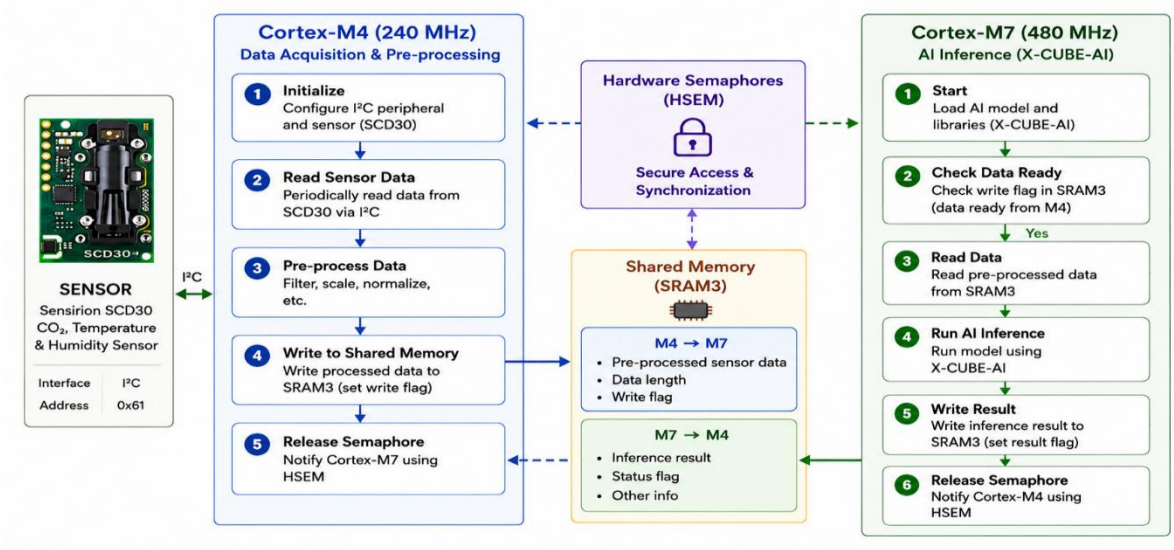


Figure 2: System Architecture and Inter-Core Communication Flow

3.2 Sensor Integration

The Sensirion SCD30 (Figure 3) measures CO_2 from 400 to 10,000 ppm, along with temperature and relative humidity. It's accurate within ±0.4 °C for temp and ±3% for humidity. This sensor uses I^2C to talk to other devices, specifically at address 0x61 with CRC-8 error checking. Data gets sent in IEEE 754 Big-Endian format, too. It takes about 2 seconds to start up and around 30-60 more to warm up, according to Sensirion's info (Sensirion, n.d.).

Figure 3: Sensirion SCD30 CO_2 Sensor (Sensirion, 2026)

3.3 Integration of the Model with X-CUBE-AI

The system tasks are distributed between the two cores as follows: The Cortex-M4 reads CO_2, temperature, and humidity data from the SCD30 sensor over I^2C, applies z-score normalization, and writes the normalized values to the shared SRAM3 memory region. The Cortex-M7, on the other hand, is awakened by an HSEM interrupt, retrieves data from shared memory, and performs ML inference using the X-CUBE-AI runtime. The system software for the Cortex-M4 and Cortex-M7 cores was developed in the STM32CubeIDE environment in Figure 4.

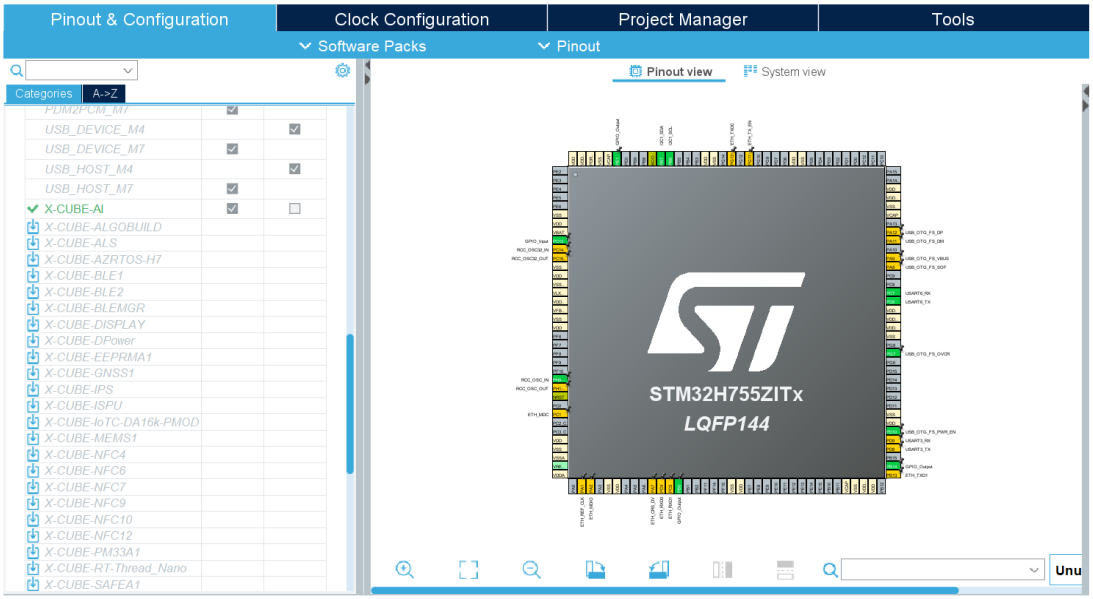


Figure 4: STM32CubeIDE Environment (STMicroelectronics, 2026)

The model deployed is a lightweight Multi-Layer Perceptron (MLP) for real-time CO_2 occupancy density classification on STM32H755ZIQ microcontroller. The network has 8→16→8→3 architecture. The input to the network are 8 hand-crafted features extracted from the SCD30 sensor readings such as CO_2 delta at door close, maximum CO_2 rate of change, baseline CO_2 level, door open duration, and humidity delta. The output is a 3-class softmax output classifying room occupancy as High, Medium or Low density. The model has just 307 trainable parameters and takes up around 3.8 KB of Flash memory in its INT8 quantized version making it very suitable for deployment on resource constrained embedded systems. The model was trained using 5-fold stratified cross-validation, early stopping and L2 regularization to avoid overfitting on the limited dataset of 51 door events. All input features are normalized by z-score standardization before inference, training-set statistics are stored in CO_2_scaler_params.h. The INT8 quantized tensor flow lite model (CO_2_density_int8.tflite) is imported in the X-CUBE-AI middleware that generates automatically optimized C inference code (CO_2_net.h/.c) ready to be integrated into the STM32CubeIDE. Interface design was made using the DWIN DGUS platform to inform passengers in the carriage and at the stop in Figure 5.

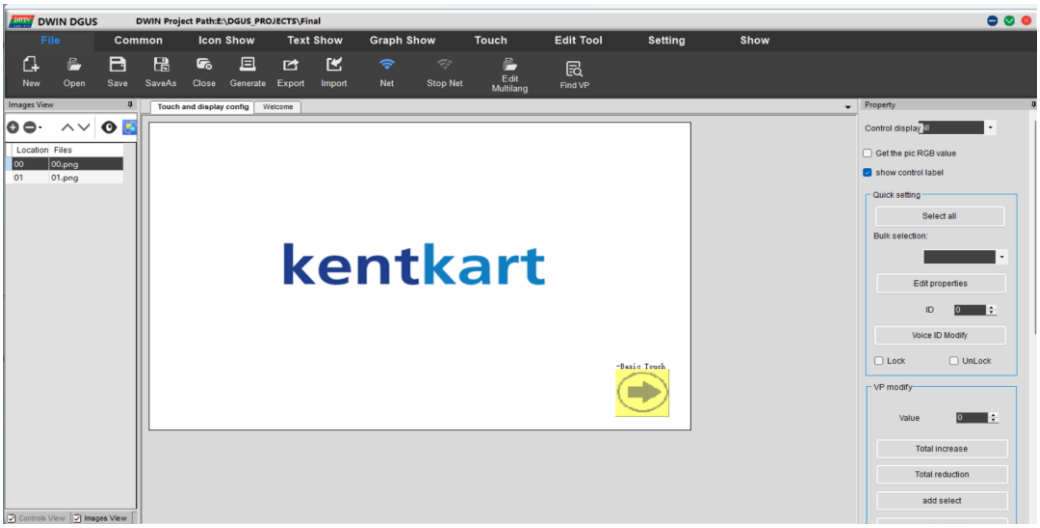


Figure 5: DGUS DWIN Environment (DWIN Technology, 2026)

The designed interface was loaded on the DWIN2 screen (Figure 6) and the user-friendly interface design that will transfer the passenger density data obtained because of the model to the passengers was completed.

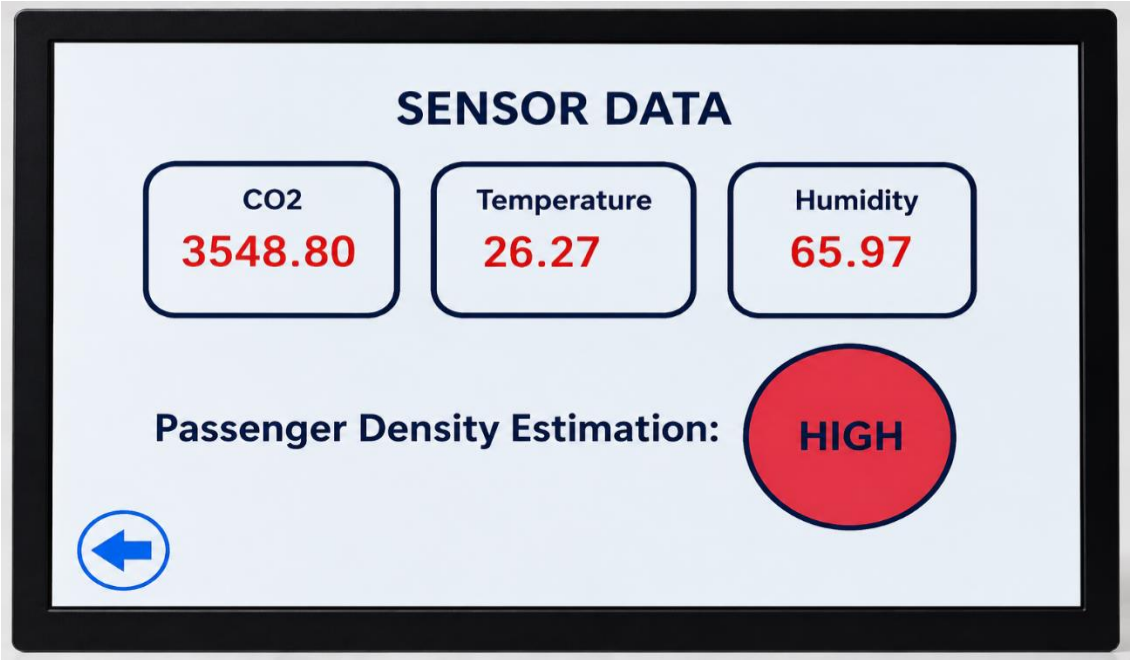


Figure 6: Designed Interface

3.4 Real-Time Data Acquisition and Feature Engineering

The focus of the current study is on the collection of real-world data from rail wagons in operation. The system records the following variables at 2-second intervals: CO_2 concentration (ppm), temperature (°C), relative humidity (%) and door status (0=closed, 1=open). All measurements are exported to a configured CSV file via UART in Table 1. Data collection; It is carried out in three different scenarios: low occupancy (few or no passengers, low stable CO_2), medium occupancy (partial railway wagonload, moderate CO_2 accumulation) and high occupancy (close to railway wagon capacity or full, rising CO_2). In the feature engineering phase, the following derived properties will be calculated: the rate of CO_2 change per unit time (ΔCO_2), the sliding window averages, and the time since the last door opening event.

Table 1:Passenger Density Data in CSV format

```
TimeStamp,CO2 (ppm),Temprature (C),Humidity (%),Marker
2026-05-11 09:07:39,1103.72,25.66,53.92,0
2026-05-11 09:07:41,1121.35,25.66,53.76,0
2026-05-11 09:07:43,1124.32,25.69,53.72,0
2026-05-11 09:07:45,1124.46,25.70,53.50,0
2026-05-11 09:07:47,1129.46,25.70,53.77,0
2026-05-11 09:07:49,1121.49,25.69,53.71,0
2026-05-11 09:07:51,1121.38,25.72,53.69,0
2026-05-11 09:07:54,1119.44,25.73,53.59,0
2026-05-11 09:08:17,1109.06,26.17,53.27,0
```

3.5 Machine Learning Model Architecture

The MLP neural network was chosen considering the memory constraints and real-time decision-making requirements of the embedded platform. The MLP architecture has 8 input neurones, one for

each element of the feature vector extracted from SCD30 sensor readings. These are: the CO_2 delta at door close (CO_2_delta_close), maximum CO_2 rate of change (CO_2_rate_max), CO_2 delta at door open (CO_2_delta_open), sliding window CO_2 range (CO_2_delta_window), sliding window standard deviation (CO_2_window_std), baseline CO_2 level (CO_2_baseline), door open duration (door_duration_s), and humidity delta (hum_delta_open). This is followed by two hidden layers, the first with 16 neurones and the second with 8 neurones, both with ReLU activation functions and L2 regularisation ($\lambda = 0.01$) to prevent over fitting. The output layer consists of 3 neurones with softmax activation which yields a probability distribution over the classes of Low, Medium, and High occupancy density. The model was trained with the Adam optimiser, a learning rate of 0.005 and a batch size of 16 for a maximum of 300 epochs, with early stopping to prevent over-fitting. The model generalisation was assessed using 5-fold stratified cross-validation. Before quantisation and deployment, the final model was trained on the full dataset. The training workflow covers the following steps: 80%/20% training/validation section, Categorical Cross-Entropy loss function, Man optimizer with adaptive learning rate, and early stopping mechanism to prevent overlearning. Following training, the model was converted to tensor flow lite format, int8 quantization was implemented, and C code optimized for embedded hardware was generated using STM32Cube.AI. The optimization to make the MLP work well on an embedded device. It does fast density checks, low, medium or high, right there on the spot, no help from the cloud. So edge computing, it reduces latency and also battery and memory consumption. The study also expanded the setup to a multi-carriage sensor network, showing its potential for larger transit monitoring. They transmitted the classification results in a two-way communication setup, to keep the users aware during their journey. DWIN displays onboard provided real-time updates to the passengers via UART connection. Meanwhile, the occupancy info was transmitted over Wi-Fi to an ESP32 module at the station. It also upgraded a second DWIN screen to direct waiting passengers to less crowded carriages. Overall, this system is an efficient data-driven method for monitoring passenger density.

CONCLUSION

This study proposed the edge-AI-based passenger density monitoring system for improving the efficiency of public transport. It measures the number of people in a carriage based on temperature, humidity, and CO_2 without using cameras. This way, passenger privacy is still preserved but the accuracies are still there. They run their setup on a dual core STM32 microcontroller, for efficient task management. The Cortex-M4 core fetches data from I2C-based Sensirion SCD30 sensors and manages shared memory specifically. Meanwhile, the Cortex-M7 core performs real-time analysis with a MLP model. It works fast density checks, low, medium or high, right there on the spot, no help from the cloud. So edge computing, it reduces latency and also battery and memory consumption. The multi-carriage sensor network is potential for larger transit monitoring and transmitting the classification results in a two-way communication setup. Displays onboard provided real-time updates to the passengers density. It helps people find less crowded places and provides some basic info for transit operations. It's a sign that machine learning and distributed sensors can be a good match, and can make the ride more comfortable.

ACKNOWLEGMENT

I would like to thank Kent Kart Ege Elektronik San. Tic. A.Ş / R&D Center and Prof. Dr. Savaş Şahin for their support during this study.

REFERENCES

Candanedo, L. M., & Feldheim, V. (2016). Accurate occupancy detection of an office room from light, temperature, humidity and CO_2 measurements using statistical learning models. Energy and Buildings, 112, 28–39

DWIN Technology. (2026). *DGUS tool*. Retrieved February, 2, 2026, from https://www.dwin-global.com/tool-page/

Labeodan, T., Zeiler, W., Boxem, G., & Zhao, Y. (2015). Occupancy measurement in commercial office buildings for demand-driven control applications—A survey and detection system evaluation. *Energy and Buildings*, 93, 303-314.

Lee, B., & Lee, S. (2025). Toward greener transit: Carbon-efficient density thresholds for public transit vs. private vehicles. Transportation Research Part D: Transport and Environment, 140, 104641.

M. Shafique, T. Theocharides, V. J. Reddy, and B. Murmann, "TinyML: Current Progress, Research Challenges, and Future Roadmap," in *2021 58th ACM/IEEE Design Automation Conference (DAC)*, San Francisco, CA, USA, 2021, pp. 1303-1306

N. Nesa and I. Banerjee, "IoT-Based Sensor Data Fusion for Occupancy Sensing Using Dempster–Shafer Evidence Theory for Smart Buildings," *IEEE Internet of Things Journal*, vol. 4, no. 5, pp. 1563-1570, Oct. 2017

RS. (2026). *Sensirion SCD30 CO2 sensor module*. Retrieved January 3, 2026, from https://tr.rsdelivers.com/product/sensirion/scd30-co2-sensor-module/sensirion-scd30-co2-sensor-module-sıcaklık-ve-nem/1720552

STMicroelectronics. (2026). *STM32H755 reference manual (RM0399)*. Retrieved June 3, 2026, from https://www.st.com

STMicroelectronics. (2026). X-CUBE-AI Expansion Package for STM32CubeMX. https://www.st.com/en/embedded-software/x-cube-ai.html

S. Y. Tan, M. Jacoby, H. Saha, A. Florita, G. Henze, and S. Sarkar, "Multimodal sensor fusion framework for residential building occupancy detection," *Energy and Buildings*, vol. 258, p. 111828, 2022

Warden, P., & Situnayake, D. (2019). *TinyML: Machine Learning with TensorFlow Lite on Arduino and Ultra-Low-Power Microcontrollers*. O'Reilly Media

X. Liang, J. Shim, O. Anderton, and D. Song, "Low-cost data-driven estimation of indoor occupancy based on carbon dioxide (CO_2) concentration: A multi-scenario case study," *Journal of Building Engineering*, vol. 82, p. 108269, Apr. 2024

Zanella, A., Bui, N., Castellani, A., Vangelista, L., & Zorzi, M. (2014). Internet of Things for Smart Cities. *IEEE Internet of Things Journal*, 1(1), 22-32

MACHINE LEARNING–ASSISTED MONITORING AND DATA ACQUISITION SYSTEM FOR ELECTRICITY AND COMPRESSED AIR CONSUMPTION FORECASTING IN BATTERY PRODUCTION LINES

Egehan ÖZAYDIN
Izmir Katip Celebi University, Faculty of Engineering and Architecture, Department of Electrical and Electronics Engineering, Izmir, Türkiye
ORCID: 0009-0009-4137-6518

M.Sc. Eng. Emre ÇANCIOĞLU
İnci GS Yuasa Akü San ve Tic. AŞ.
ORCID:0000-0002-9918-4668

Prof. Dr. Savaş ŞAHİN
İzmir Kâtip Çelebi Üniversitesi, Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi , Elektrik ve Elektronik Mühendisliği Bölümü, İzmir, Türkiye
ORCID:0000-0003-2065-6907

ABSTRACT
This study presents the development of machine learning-based regression models that can perform short-term consumption forecasting using hourly electricity and compressed air consumption data, production confirmation records, downtime data and weather parameters obtained from production lines. The datasets obtained from different sources were merged in time, outliers were removed, missing data analysed, and the dataset made suitable for model training through appropriate filling and interpolation. Subsequently, features based on lag values, moving averages, difference variables, cyclical time variables and production/downtime information were extracted. Four different forecasting problems were then addressed using these features, including 1-hour and 24-hour prediction models for both electricity and compressed air consumption. Regression algorithms such as SVR, Gradient Boosting Machine, LightGBM, XGBoost, KNN and Random Forest were trained and compared. The developed models were evaluated using metrics such as RMSE and R2, and their practicality was evaluated through testing in a factory environment. This study is expected to contribute to the improvement of energy consumption prediction at the factory, better planning of resource allocation, and optimisation of related operational procedures.
Keywords: Machine Learning, Regression Models, Energy Consumption Forecasting, Electricity Consumption, Compressed Air Consumption, Time Series Forecasting

ÖZET
Bu çalışma, üretim hatlarından elde edilen saatlik elektrik ve basınçlı hava tüketim verileri, üretim onay kayıtları, arıza süresi verileri ve hava durumu parametrelerini kullanarak kısa vadeli tüketim tahmini yapabilen, makine öğrenimi tabanlı regresyon modellerinin geliştirilmesini sunmaktadır. Farklı kaynaklardan elde edilen veri kümeleri zamansal olarak birleştirilmiş, uç değerler çıkarılmış, eksik veriler analiz edilmiş ve uygun doldurma ve enterpolasyon yöntemleri ile veri kümesi model eğitimi için uygun hale getirilmiştir. Ardından, gecikme değerleri, hareketli ortalamalar, fark değişkenleri, döngüsel zaman değişkenleri ve üretim/kesinti bilgilerine dayalı özellikler çıkarılmıştır. Daha sonra bu özellikler kullanılarak, hem elektrik hem de basınçlı hava tüketimi için 1 saatlik ve 24 saatlik tahmin modelleri dahil olmak üzere dört farklı tahmin problemi ele alınmıştır. SVR, Gradient Boosting Machine, LightGBM, XGBoost, KNN ve Random Forest gibi regresyon algoritmaları eğitilmiş ve karşılaştırılmıştır. Geliştirilen modeller, RMSE ve R2 gibi metrikler kullanılarak değerlendirildi ve pratiklikleri fabrika ortamında yapılan testlerle değerlendirildi. Bu çalışmanın, fabrikadaki enerji tüketimi tahminlerinin iyileştirilmesine, kaynak tahsisinin daha iyi planlanmasına ve ilgili operasyonel prosedürlerin optimizasyonuna katkıda bulunması beklenmektedir.
Anahtar Kelimeler: Makine Öğrenmesi, Regresyon Modelleri, Enerji Tüketim Tahmini, Elektrik Tüketimi, Basınçlı Hava Tüketimi, Zaman Serisi Tahmini

INTRODUCTION

Companies that use their resources efficiently can gain a significant advantage in competitive market conditions by reducing production and operating costs. In particular, the effective management of energy resources, which are heavily utilised on production lines, is of critical importance in terms of both cost control and sustainability. Electricity and compressed air are among the most common and continuously consumed resources in industrial production processes. Consequently, the ability to predict the consumption patterns of these resources is a key requirement for businesses to manage their production planning, resource management and energy efficiency processes more effectively. (Mystakidis et al., 2024; NgalaSarr et al., 2025; Timur & Üstünel, 2025; Toprak et al., 2019).Energy consumption in industrial production systems is not limited to historical consumption data alone. Many different variables such as production volume, product type, shift patterns, line stoppages, maintenance processes and environmental conditions can influence consumption patterns. (Leon-Medina et al., 2025; Timur & Üstünel, 2025). Consequently, in complex production systems where numerous parameters interact, traditional methods may prove insufficient for generating reliable forecasts. At this point, data analysis and machine learning-based approaches can be used to model the relationships between historical consumption data and operational variables in order to generate short-term consumption forecasts. (Akhtar et al., 2023; Ali et al., 2024).Recent research generally focuses on electricity consumption forecasts, building energy consumption, or general time series forecasting problems. However, in industrial production environments, energy consumption can be directly influenced by process-oriented variables, such as production confirmation records, downtime, and maintenance data (Leon-Medina et al., 2025; Timur & Üstünel, 2025) Furthermore, although compressed air consumption is a significant resource in production facilities, forecasting this is less frequently addressed than electricity consumption. Therefore, a more comprehensive approach to industrial energy forecasting is to evaluate both electricity and compressed air consumption alongside actual production data, production confirmation records, downtime records, and weather information.

This study aims to develop machine learning-based regression models that can predict electricity and compressed air consumption on battery production lines. To this end, suitable training datasets were created by combining energy consumption data, production confirmation records, line downtime and maintenance information, and weather data. The study addressed forecasting problems over 1-hour and 24-hour horizons (Gross & Galiana, 1987), for which hourly and shift-based datasets were prepared. The performance of different regression algorithms was evaluated by following the steps of data collection, pre-processing, feature extraction, model training, and model comparison. Models developed using support vector regression, K-nearest neighbours, random forest, gradient boosting-based methods and XGBoost algorithms were compared using the R^2, RMSE and MAPE metrics (Ali et al., 2024).Based on the results obtained, the most suitable model and data set structure for forecasting short-term energy consumption have been identified. The study aims to enable more accurate forecasting of electricity and compressed air consumption at production facilities, facilitate more efficient resource planning, and improve energy management processes through data-driven methods (Leon-Medina et al., 2025; Mystakidis et al., 2024; NgalaSarr et al., 2025).

BACKGROUND AND RELATED WORK

Energy consumption forecasting is a widely studied research area in terms of energy management, demand planning, cost control and operational efficiency. A significant portion of the literature focuses on short-term load forecasting, concentrating on predicting future electricity demand for regions, cities, grids or general consumer groups (Akhtar et al., 2023; Gross & Galiana, 1987; Mystakidis et al., 2024). These studies provide an important methodological foundation regarding the use of inputs such as past consumption values, calendar variables and weather data in energy forecasting.

The system boundary considered in industrial energy forecasting is a critical issue in terms of the model's purpose and interpretability. In the literature, energy consumption forecasting problems are classified at different scales, such as plant level, production cell level, machine level, process level and product level (Walther & Weigold, 2021). Models at the plant or production line level reflect the combined effect of production activities, auxiliary systems and overall resource usage, rather than the behaviour of an individual machine.

Consequently, such models are more suitable for production planning and facility-scale energy management. It is observed that many studies in industrial applications still focus primarily on electricity load forecasting (Ribeiro et al., 2020).

In the literature, the inputs used for short-term industrial energy forecasting are generally classified as historical consumption values, meteorological variables, calendar data, and operational/production-related variables (Timur & Üstünel, 2025). Among these inputs, the autoregressive structure of the historical consumption series is of critical importance; accordingly, consumption values from previous time steps such as the previous hour, day or week (lags, moving averages and difference variables) are used as key explanatory variables in capturing the temporal dependence within the series (Leon-Medina et al., 2025; Timur & Üstünel, 2025). With regard to environmental factors, it is known that temperature, humidity and similar meteorological variables have a particular effect on building and facility support systems. However, in industrial production environments, energy consumption is shaped more by the production schedule and machine operating conditions than by weather conditions (Diaz-Iglesias et al., 2025). Therefore, the inclusion of variables such as production volume, shift information, working day status and operational records in the model makes a significant contribution to a more accurate representation of industrial consumption behaviour (Leon-Medina et al., 2025).

Machine learning methods are widely used in energy forecasting studies due to their ability to model non-linear relationships between energy consumption and complex variables from various sources. A review of the literature reveals that algorithms such as Support Vector Regression (SVR) and Random Forest are commonly used for detecting non-linear patterns compared to traditional statistical models (Ali et al., 2024; Bahij et al., 2021). On the other hand, Gradient Boosting-based methods such as XGBoost and LightGBM are frequently preferred, particularly for capturing sudden consumption spikes in industrial systems, due to their model training speed and prediction accuracy (Lee et al., 2023).

In recent years, rather than focusing on a single energy type in industrial energy forecasting, studies evaluating multiple energy vectors within the same production environment have also come to the fore. In particular, different sources such as electricity, steam and compressed air may exhibit operationally interrelated consumption patterns that are not independent of one another within production processes (Yuan et al., 2024). However, multi-energy forecasting studies in the literature have generally remained at the general plant level; machine learning applications that simultaneously integrate production confirmation records and specific machine/line downtime data for electricity and compressed air forecasting have been quite limited. This study aims to provide an application-oriented contribution to address this gap in the literature by combining real operational data from battery production lines with historical consumption and maintenance/downtime information.

METHODOLOGY

The success of machine learning-based prediction models depends largely on the quality of the dataset used in model training. Particularly in regression-based prediction problems, for the model to accurately predict future consumption behaviour, the data used must represent the real-world system, be temporally consistent, and be as free from measurement errors as possible. Although the data collection process in industrial production environments is carried out via the actual system, gaps, irregularities or outliers may occur in the data records due to operational disruptions, technical problems, measurement errors or environmental conditions. Such problems can directly affect not only the accuracy of model training but also the feature extraction process based on historical values, moving averages and difference variables. For this reason, raw data must be examined, cleaned where necessary, completed using appropriate methods and transformed into a structured dataset suitable for the forecasting problem before being fed into the model training process. The methodological process followed in this study to create a robust prediction dataset comprises the stages of data collection, data pre-processing, feature extraction, model training and model optimisation. The general workflow of the study is shown in Figure 1.

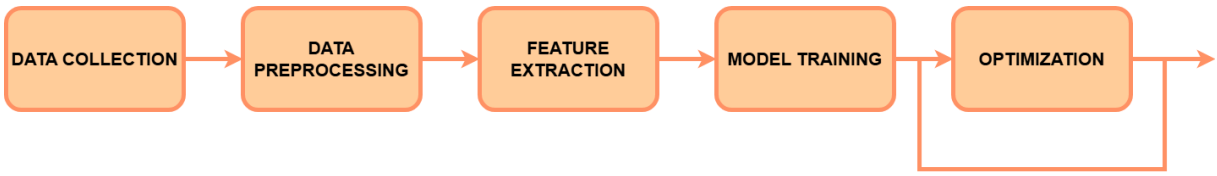


Figure 1: Workflow of the Research

A. Data Collection and Data Sources

The data collection phase was performed between April 2025 and May 2026 and involved the collection of production line data spanning a total of 13 months. Four separate data sets were obtained for use in the model development process: energy consumption data, downtime data, production confirmation data and weather data. Energy consumption data was recorded hourly in kWh for electricity consumption and in m³ for compressed air consumption. Downtime data includes machine-specific downtime events and the start and end timestamps associated with these downtimes. Production confirmation data, meanwhile, was recorded using a standardized representation known as 'equivalent consumption data', with the aim of representing the impact of different products or parts on the production process on a common scale. This approach was chosen in order to represent the differences between the production of simpler, smaller parts and that of more complex, larger parts in a more balanced way within the model. The weather dataset contains information on temperature, atmospheric pressure and relative humidity for the region where the factory is located. Whilst energy consumption and weather data were obtained directly at hourly resolution, production confirmations and downtime records were recorded on an event-by-event basis. The fact that these records possess start and end timestamps made it possible to convert these datasets to an hourly time axis during the subsequent pre-processing stage. The datasets and record structures used are summarized in Figure 2.

Figure 2: Datasets and Record Structures.

B. Data Preprocessing

The primary aim of the data preprocessing stage is to create a consolidated dataset suitable for model training by combining all data sources that can be used in the feature extraction process onto a common hourly time axis. Prior to this stage, whilst energy consumption data and weather data were obtained at hourly resolution from the four datasets used, production confirmations and downtime records were recorded on an event-by-event basis. Consequently, the event-based datasets were first converted into an hourly structure. Production confirmations were distributed hourly across the relevant time intervals; downtime data was restructured by calculating the number of machines in downtime and the total machine downtime duration in minutes for each hour. Following these processes, energy consumption, production confirmations, downtime information and weather data were combined into a single dataset based on time stamps.

Once the combined dataset had been created, an outlier analysis was performed on the electricity and compressed air consumption time series. Rather than using a fixed, general threshold for the entire dataset to identify outliers, a moving statistical approach was preferred as it is better suited to the time series structure. In this context, each observation was evaluated by taking into account the mean and standard deviation values within its own recent time window. Consumption values falling outside the defined thresholds were flagged as outliers and converted to a blank value format to be treated as missing data in the subsequent stage.

Instead of simple linear interpolation to fill in missing values, conditional mean imputation, which takes time information into account, was applied. In the hourly time-series data on electricity and compressed air consumption, consecutive blocks of missing data were identified, and only gaps of up to 12 hours were deemed suitable for imputation.

Longer intervals of missing data were not imputed, as it was considered that they would not reliably represent consumption behaviour. For each missing value, the average of observations within the same month, the same weekday/weekend category and the same hour group was first used. When there were insufficient observations meeting these conditions, the following backup imputation methods were applied in sequence: weekday/weekend and hour group averages, hourly averages only, and finally the overall average. Furthermore, imputation flags were created for the relevant variables to distinguish the imputed values from the original measurements. This ensured both data continuity and enabled the model to distinguish the imputed values. Figure 3 shows a comparative view of the ranges of missing data in the dataset before and after the imputation process.

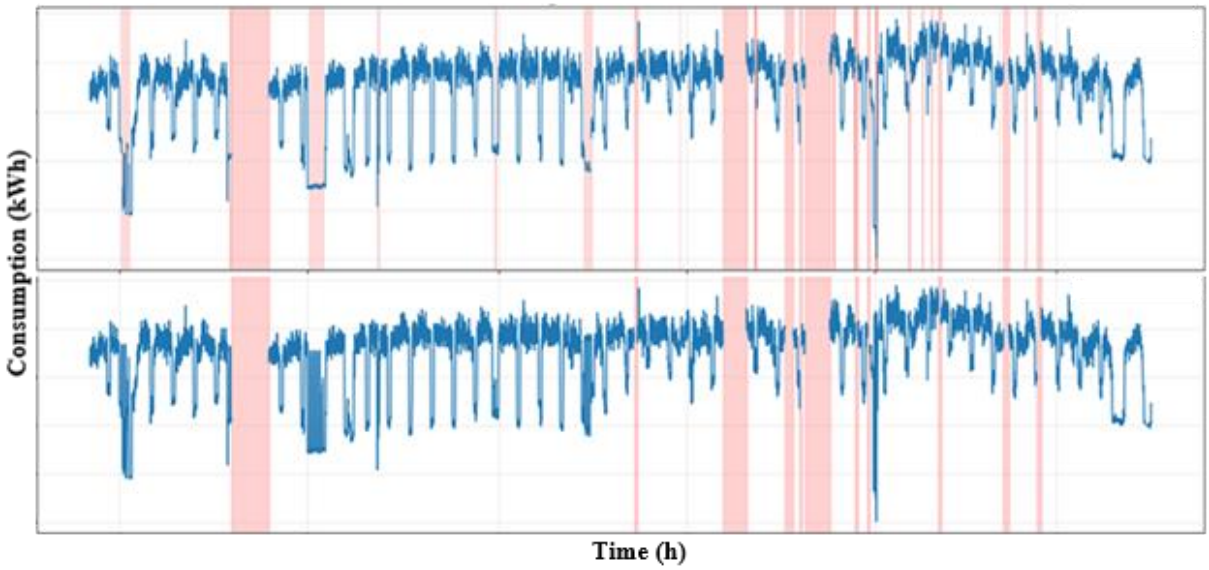


Figure 3: Comparative View of the Ranges of Missing Data on Consumption-Time Graph in the Dataset Before (above) and After (below) the Imputation Process.

C. Feature Extraction and Forecasting Dataset Preparation

During the feature extraction phase, new variables were generated from the combined dataset obtained through pre-processing to enable the predictive models to better represent consumption behaviour. The primary objective at this stage was to create explanatory variables suitable for model training by utilising past values from electricity and compressed air consumption time series, their temporal structure, and operational data pertaining to the production line. The autocorrelation function was used to examine the relationship between past consumption values and the time point to be predicted. This analysis enabled an assessment of which past time intervals in the target consumption series had a stronger relationship with the current consumption value, and the selection of past-based features was made accordingly. The graph of the autocorrelation analysis is shown in Figure 4.

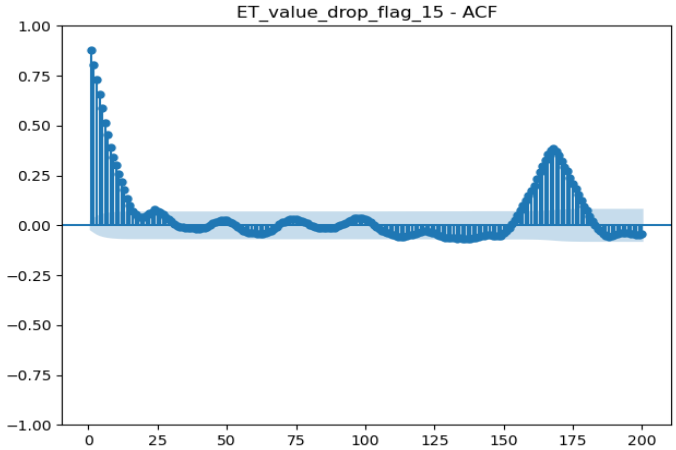


Figure 4: ACF Graph (Relation Rate – Hour)

An examination of the autocorrelation plot reveals a more pronounced relationship between the consumption value to be predicted and consumption values from the last 24-hour period and approximately one week prior. Consequently, features representing past consumption behaviour have been constructed with a particular focus on these time intervals. For hourly forecasting models, a dataset with hourly resolution was used, and lagged values, moving averages, moving standard deviations and difference variables were generated from the consumption series. Furthermore, temporal variables such as hour, day and month were fed into the model after being transformed to preserve the cyclical structure, rather than being used directly as numerical values. The aim was thus to enable the model to represent intraday, weekly and seasonal patterns more accurately. Production confirmations, weather data and downtime data were included in the model as explanatory variables, aligned to the hourly time axis. The feature groups used in the hourly forecasting models are summarised in Table 1.

Table 1: The feature groups used in the hourly forecasting models

Energy Consumption Features	Lag features: 1, 2, 3, 8, and 24 hours Rolling mean features: 3, 8, and 24 hours Rolling standard deviation features: 3, 8, and 24 hours Difference features: 1, 2, 3, 8, and 24 hours
Time-Based Features (Cyclical)	Hour, day of week, month, weekend status, and shift number
Production Features	Top product-related features and total production amount
Weather Features	Temperature, relative humidity, and atmospheric pressure
Downtime Features	Number of machines in downtime and total downtime duration

In the 24-hour forecasting models, however, a shift-based data structure was preferred over an hourly data set due to the longer forecast horizon. As the short-term fluctuations observed in hourly consumption series can introduce noise into model outputs in long-term forecasts, aggregating the data on a shift basis provides a more stable representation. A comparison of the model outputs obtained from hourly and shift-based data sets is shown in Figure 4. As the sampling structure changed with the switch to the shift-based data set, the features used within the scope of this forecasting problem have also been reorganised. To represent past consumption behaviour, shift-based statistical features, shift start and end values, trend variables, lagged values and moving statistical features were created. Time-based variables, production information, weather data and downtime variables were also processed in accordance with the shift-based data structure and incorporated into the model. The feature groups used in the 24-hour forecasting models are presented in Table 2.

Table 2: The feature groups used in the 24-hour forecasting models

Energy Consumption Features	Shift-based statistical features: mean, max, min, standard deviation, range Shift start/end features: start value, end value, end-start difference Trend features: last 3-shift mean, slope, and trend flag Lag features: 1, 2, 3, and 21 shifts Rolling statistical features: mean and standard deviation for 2, 3, 6, and 21 shifts
Time-Based Features (Cyclical)	Hour, day of week, month, weekend status, shift start, and shift number
Production Features	Total production confirmation and top product share features
Weather Features	Temperature, relative humidity, and atmospheric pressure with shift-based statistical features
Downtime Features	Machine downtime count, total downtime duration, high-downtime flag, hour count, and ratio

Ç. Model Training and Optimization

Following the feature extraction stage, machine learning-based regression models were trained using the datasets created for electricity and compressed air consumption. The study addressed 1-hour and 24-hour forecasting problems separately, with models for electricity and compressed air consumption developed independently for each forecasting horizon. In this context, different families of algorithms capable of modelling both linear and non-linear relationships were compared. The predictive performance of various model architectures was evaluated using support vector regression, K-nearest neighbours, random forest, gradient boosting-based models, LightGBM and XGBoost algorithms.

During model training, the time-series structure of the dataset was taken into account, and the temporal order of the observations was preserved when splitting the data into training and test sets. Accordingly, the first 80% of the dataset was used for model training, whilst the remaining 20% was used for the testing phase. The aim was to prevent the model from indirectly learning future information and to create a more realistic forecasting scenario. The performance of the trained models was compared using the R^2, RMSE and MAPE metrics. These metrics were used to evaluate both the explanatory power of the models and the absolute and relative magnitude of prediction errors. The performance results obtained are presented in detail in the Results and Discussion section.

RESULTS AND DISCUSSION

In this section, the performance of the developed machine learning models in forecasting electricity and compressed air consumption has been evaluated. The study examined 1-hour and 24-hour forecasting problems separately; an hourly dataset was used for 1-hour forecasts, while a shift-based dataset was used for 24-hour forecasts. Different regression algorithms were compared for both forecasting horizons, and the R^2, RMSE and MAPE metrics were used to evaluate model performance. The results were analysed to examine both short-term forecasting performance and the changes in model accuracy as the forecast horizon increases.

When evaluating one-hour forecasting models, it was observed that gradient-boosting-based algorithms generally delivered higher forecasting performance compared to other model architectures. In electricity consumption forecasting, the XGBoost model produced the most successful result with an R^2 of 0.944 and a MAPE of 5.414. In compressed air consumption forecasting, the GBM model demonstrated the best performance with an R^2 of 0.934 and a MAPE of 3.980. Although electricity and compressed air consumption data are influenced by similar production conditions, their consumption patterns are not entirely identical. Consequently, the fact that different algorithms provide the best performance for the two distinct energy sources indicates that minor pattern differences in the consumption series are reflected in model performance. The performance results for the hourly electricity and compressed air consumption prediction models are presented in Table 3.

Table 3.a: The performance results for the hourly electricity consumption prediction models

Model Name	R^2	MAPE
SVR_Linear	**0.943**	**5.470**
SVR_rbf	0.914	6.709
KNN	0.851	8.813
Random Forest	0.925	6.242
GBM	0.916	6.612
HistGBM	**0.940**	**5.583**
LightGBM	0.936	5.771
XGBoost	**0.944**	**5.414**
ExtraTreesRegressor	0.892	7.508

Table 3.b: The performance results for the hourly and compressed air consumption prediction models

Model Name	R^2	MAPE
SVR_Linear	0.926	4.199
SVR_rbf	0.868	5.621
KNN	0.887	5.204
Random Forest	0.914	4.541
GBM	**0.934**	**3.980**
HistGBM	**0.931**	**4.414**
LightGBM	0.918	4.414
XGBoost	**0.930**	**4.085**
ExtraTreesRegressor	0.901	4.863

The algorithms used in one-hour models were also trained on 24-hour forecast models; however, performance metrics of a similar standard could not be achieved. Although gradient-boosting-based algorithms produced more successful results for this forecast horizon compared to other models, model performance declined significantly compared to one-hour forecast models. This situation can be attributed to consumption behaviour becoming more difficult to predict as the forecast horizon lengthens, and the explanatory variables in the current dataset being unable to adequately represent such a long time span. Figure 5 shows the forecast graphs obtained using the XGBoost algorithm for electricity and compressed air consumption.

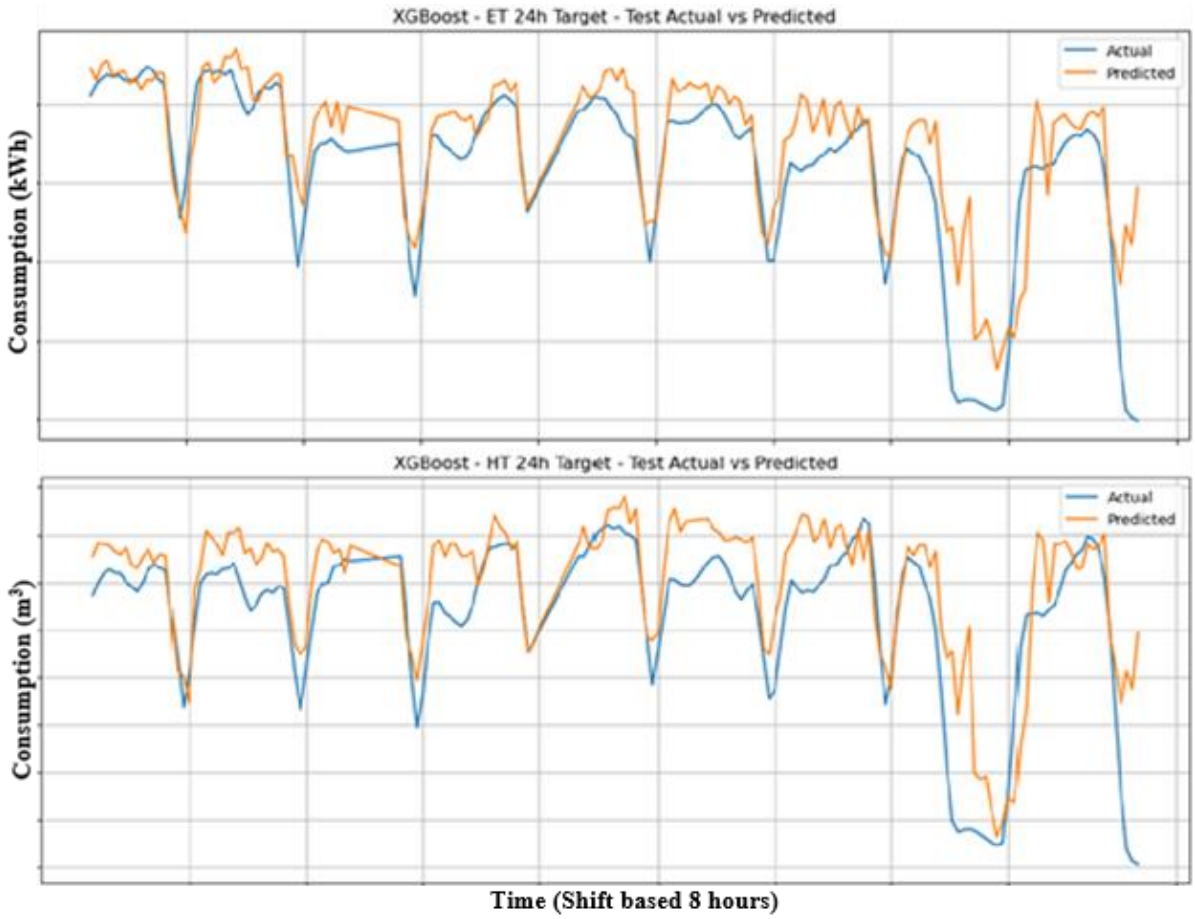


Figure 5: The Forecast Consumption-Time Graphs Obtained Using the XGBoost Algorithm for Electricity (above) and Compressed Air (below) Consumption.

An examination of the graphs reveals that the models are able to track general consumption levels and periodic declines to a certain extent. On the other hand, it was observed that the model's response speed, the depth of the drop and the duration of the drop could not be captured with sufficient accuracy in the case of non-periodic sudden drops. This result indicates that the current feature set is more successful in explaining short-term consumption behaviour; however, it is limited in representing sudden and irregular changes, particularly within a 24-hour forecast horizon. Examining the performance metrics, an R^2 value of 0.67 and a MAPE value of 7.370 were obtained for electricity consumption forecasting. For compressed air consumption forecasting, an R^2 value of 0.55 and a MAPE value of 6.583 were calculated. Other algorithms were also tested for the same forecasting problem; however, as they demonstrated lower performance and insufficient explanatory power, only the outputs of the most successful model are presented visually in this section.

CONCLUSION

In this study, machine learning-based regression models were developed to forecast electricity and compressed air consumption on battery production lines. To this end, energy consumption data obtained from an actual production line were combined with production confirmation records, downtime data and weather information; an integrated forecasting process comprising data pre-processing, imputation, feature extraction and model training was applied.

The results obtained have shown that one-hour forecast models deliver acceptable performance for electricity and compressed air consumption. In particular, gradient-boosting-based algorithms have produced more successful results in short-term forecasts compared to other model architectures. In contrast, a significant drop in performance was observed in 24-hour forecast models. This situation can be attributed to the fact that, as the forecasting horizon lengthens, consumer behaviour becomes more difficult to predict, and the characteristics in the current dataset are unable to adequately capture long-term changes.

Overall, the study demonstrates that electricity and compressed air consumption can be predicted using data-driven methods based on actual production data. However, in order to achieve greater accuracy, particularly over longer forecast horizons, it is necessary to expand the dataset, include future production planning information in the model, and utilise additional operational variables. It is predicted that models developed with these improvements will be able to be used more effectively for decision support in factory energy management processes in future studies.

REFERENCES

Akhtar, S., Shahzad, S., Zaheer, A., Ullah, H. S., Kilic, H., Gono, R., Jasiński, M., & Leonowicz, Z. (2023). Short-term load forecasting models: A review of challenges, progress, and the road ahead. *Energies, 16*(10), 4060. https://doi.org/10.3390/en16104060

Ali, S., Bogarra, S., Riaz, M. N., Phyo, P. P., Flynn, D., & Taha, A. (2024). From time-series to hybrid models: Advancements in short-term load forecasting embracing smart grid paradigm. *Applied Sciences, 14*(11), 4442. https://doi.org/10.3390/app14114442

Bahij, M., Labbadi, M., Cherkaoui, M., Chatri, C., Elkhatiri, A., & Elouerghi, A. (2021). A review on the prediction of energy consumption in the industry sector based on machine learning approaches. In *2021 4th International Symposium on Advanced Electrical and Communication Technologies (ISAECT)* (pp. 1–5). IEEE. https://doi.org/10.1109/ISAECT53699.2021.9668559

Diaz-Iglesias, A., Belaunzaran, X., & Florez-Tapia, A. M. (2025). *Short-term power demand forecasting for diverse consumer types to enhance grid planning and synchronisation.* arXiv. https://doi.org/10.48550/arXiv.2506.04294

Gross, G., & Galiana, F. D. (1987). Short-term load forecasting. *Proceedings of the IEEE, 75*(12), 1558–1573. https://doi.org/10.1109/PROC.1987.13927

Lee, H., Kim, D., & Gu, J.-H. (2023). Prediction of food factory energy consumption using MLP and SVR algorithms. *Energies, 16*(3), 1550. https://doi.org/10.3390/en16031550

Leon-Medina, J. X., Fonseca Gonzalez, J. E., Callejas Rodriguez, N. Y., González Niño, M. E., Hernández Moreno, S. A., Pineda-Munoz, W. A., Siachoque Celys, C. P., Umbarila Suarez, B., & Pozo, F. (2025). Forecasting energy demand in quicklime manufacturing: A data-driven approach. *Sensors, 25*(24), 7632. https://doi.org/10.3390/s25247632

Mystakidis, A., Koukaras, P., Tsalikidis, N., Ioannidis, D., & Tjortjis, C. (2024). Energy forecasting: A comprehensive review of techniques and technologies. *Energies, 17*(7), 1662. https://doi.org/10.3390/en17071662

NgalaSarr, O., Fall, M., Thiam, M., & Mbaye, M. F. (2025). Energy consumption forecasting models for smart grids: A state-of-the-art review and application perspectives. *International Journal of Advanced Research, 13*(11), 1737–1749. https://doi.org/10.21474/IJAR01/22312

Ribeiro, A. M. N. C., do Carmo, P. R. X., Rodrigues, I. R., Sadok, D., Lynn, T., & Endo, P. T. (2020). Short-term firm-level energy-consumption forecasting for energy-intensive manufacturing: A comparison of machine learning and deep learning models. *Algorithms, 13*(11), 274. https://doi.org/10.3390/a13110274

Timur, O., & Üstünel, H. Y. (2025). Short-term electric load forecasting for an industrial plant using machine learning-based algorithms. *Energies, 18*(5), 1144. https://doi.org/10.3390/en18051144

Toprak, A., Sahin, S., & Mutlu, A. (2019). Energy consumption estimation and management with machine learning regression techniques.

Walther, J., & Weigold, M. (2021). A systematic review on predicting and forecasting the electrical energy consumption in the manufacturing industry. *Energies, 14*(4), 968. https://doi.org/10.3390/en14040968

Yuan, M., Liu, J., Chen, Z., Guo, Q., Li, J., & Yu, G. (2024). Predicting energy consumption for hybrid energy systems toward sustainable manufacturing: A physics-informed approach using Pi-MMoE. *Sustainability, 16*(17), 7259. https://doi.org/10.3390/su16177259

DEVELOPMENT OF ULTRA LOW POWER CONSUMPTION WIRELESS ROOM THERMOSTAT FOR COMBI BOILERS

KOMBİ İÇİN ULTRA DÜŞÜK GÜÇ TÜKETİMLİ KABLOSUZ ODA TERMOSTATI GELİŞTİRİLMESİ

Yasin FIRILDAK
Izmir Katip Celebi University, Faculty of Engineering and Architecture, Department of Electrical and Electronics Engineering, Izmir, Türkiye
ORCİD: ID/ 0009-0005-4755-2894

Uğur TÜMER
Izmir Katip Celebi University, Faculty of Engineering and Architecture, Department of Electrical and Electronics Engineering, Izmir, Türkiye
ORCİD: ID/ 0009-0001-9460-2306

Emre ULUKAN
Emas Makine Sanayi ve Ticaret A.Ş., Manisa Organized Industrial Zone, Electrical-Electronics Engineer, Manisa, Türkiye
ORCİD: ID/ 0009-0003-2469-3518

Prof. Dr. Savaş ŞAHİN
Izmir Katip Celebi University, Faculty of Engineering and Architecture, Department of Electrical and Electronics Engineering, Izmir, Türkiye
ORCİD: ID/ 0000-0003-2065-6907

Abstract
The hardware and software design of a room thermostat system based on a next generation processor architecture is presented in this study, maximizing hardware resources and energy usage. The major goal is to produce a sustainable and long-lasting device, with an Ultra Low Power (ULP) processor, in accordance with goals of sustainable and clean energy. The system mainly comprised of 2 major elements i.e. Transmitter and Receiver. The hardware architecture of the transmitter unit is implemented on the STM32U083 microcontroller with a new generation processor, and the ambient temperature is measured with a negative temperature coefficient sensor. This data is transmitted wirelessly via the RFM300W module operating in the 433 MHz sub-GHz frequency band. The receiver unit, designed to work integrated with the boiler control board, houses the STM32C031 microcontroller and controls the heating system by triggering the relay circuit according to the temperature information received from the transmitter. Energy consumption will be controlled using a real-time clock-based sleep/wake cycle, and energy will be saved when the system is inactive. Within the software architecture, power management, wireless communication, and temperature control algorithms are developed at the hardware level using the C programming language in the STM32CubeIDE environment.
Keywords: Wireless Room Thermostat, Ultra Low Power, 32 bit Microcontroller, Energy Efficiency.

Özet
Bu çalışmada, donanım kaynaklarını ve enerji kullanımını en üst düzeye çıkarmak amacıyla, yeni nesil işlemci mimarisine dayalı bir oda termostat sisteminin donanım ve yazılım tasarımı sunulmaktadır. Temel amaç, sürdürülebilir ve temiz enerji hedeflerine uygun olarak, ultra düşük güç tüketimli bir işlemciye sahip, sürdürülebilir ve uzun ömürlü bir cihaz üretmektir. Sistem esas olarak iki ana unsurdan oluşmaktadır: Verici ve Alıcı. Verici ünitenin donanım mimarisi, yeni nesil işlemciye sahip STM32U083 mikrodenetleyicisi üzerine kurulmuş olup, ortam sıcaklığı negatif ısıl katsayılı sensörü ile ölçülmektedir. Elde edilen bu veriler, GHz-altı 433 MHz frekans bandında görev yapan RFM300W modülü aracılığıyla kablosuz olarak iletilmektedir. Kombi kontrol kartına bütünleşik olarak çalışacak şekilde tasarlanan alıcı ünite ise STM32C031 mikrodenetleyicisi barındırmakta ve vericiden gelen sıcaklık bilgisine göre röle devresini tetikleyerek ısıtma sisteminin kontrolünü sağlamaktadır.

Enerji tüketiminin kontrolü için gerçek zamanlı saat tabanlı uyku/uyanma döngüsüyle sistem aktif olmadığı durumlarda enerji tasarrufu sağlanmaktadır. Yazılım mimarisi kapsamında; güç yönetimi, kablosuz haberleşme ve sıcaklık kontrol algoritmaları, STM32CubeIDE ortamında C programlama dili ile donanım seviyesinde geliştirilmektedir.
Anahtar Kelimeler: Kablosuz Oda Termostatı, Ultra Düşük Güç, 32bit Mikrodenetleyici Enerji Verimliliği.

INTRODUCTION

Heating systems used in residential buildings are becoming one of the important application areas for increasing energy efficiency and user comfort (Dounis, A. I., & Caraiscos, C. 2009). The increasing energy demand is accelerating the development of smart heating control systems. Among these technologies, wireless room thermostats offer significant advantages compared to wired systems due to their flexible installation, ease of use, and smart control features. In particular, they directly contribute to reducing energy consumption and increasing heating efficiency (Shaikh et al., 2014). Today, many wireless thermostat systems use communication technologies such as Wi-Fi and Bluetooth. However, these communication methods generally increase power consumption in battery-powered devices. Therefore, Sub-GHz communication systems operating in the 433 MHz frequency band provide advantages such as lower energy consumption and longer communication distance (Tuset-Peiró, et al., 2014). The STM32U083 microcontroller used in this study is preferred due to its new generation ultra-low power consumption processor architecture. The microcontroller provides low power consumption in battery-powered systems with its advanced sleep modes and Real-Time Clock (RTC)-based wake-up method (STM32U0-series). The system is only active during temperature measurement and wireless data transmission processes, while remaining in low-power mode during inactive periods, thus reducing overall energy consumption. Studies on smart heating systems mainly focus on wireless communication reliability, intelligent temperature control, and energy efficiency. Different low-power Internet of Things based thermostat systems are being developed for smart home applications (Özgür et al., 2018). Ultra-low power embedded architectures are used to reduce the energy consumption of wireless heating systems. In this study, an ultra-low power wireless room thermostat system is used for combi boiler applications. The system consists of transmitter and receiver units. In the transmitter unit, an STM32U083 ultra-low power microcontroller and an Negative Temperature Coefficient (NTC) temperature sensor are used. The measured temperature data is transmitted wirelessly via an RFM300W Sub-GHz RF module operating at 433 MHz. The receiver unit includes an STM32C031 microcontroller and a relay driver circuit to control the combi boiler based on the received temperature information. To reduce energy consumption, the transmitter unit optimizes energy consumption by switching to RTC-based sleep and wake modes during inactive periods. Wireless room thermostats are crucial for the energy efficiency of heating systems. Wired thermostat systems often fail to meet building management requirements due to installation difficulties and inflexible placement conditions (Seri et al., 2021). The developed system presents a next-generation wireless room thermostat system based on ULP processor architecture and 433 MHz sub-GHz wireless communication infrastructure. The system focuses on low power consumption and wireless communication. To minimize power consumption, the STM32U083 microcontroller with ultra-low power architecture is chosen. One reason for selecting this hardware is its ability to manage sleep and wake cycles optimally without the need for an external component, thanks to its built-in RTC module. The system operates at full capacity only during brief active periods when room temperature is measured and data is transmitted; when these processes are completed, it automatically enters deep sleep mode. Unlike conventional thermostat designs that are constantly active, this periodic operating structure avoids unnecessary energy usage and extends battery life.Temperature measurement is performed using an NTC temperature sensor. The analog data from the sensor is converted to digital form using the Analog to Digital Converter (ADC) unit of the STM32U083 microcontroller to increase measurement accuracy, and is then filtered via software to remove noise. In this way, the room temperature is measured within the targeted accuracy range. The system's wireless communication architecture is designed to ensure noise-resistant and stable data transmission between the transmitter and receiver units. Software algorithm in the receiver unit verifies incoming data packets to prevent false triggers and ensures that the boiler is activated only with correct commands.

Communication between the RFM300W module and the microcontroller is provided via Serial Peripheral Interface (SPI); this provides high-speed data transfer while also reducing system response time. The module's integrated automatic frequency control and phase bounce detection mechanisms maintain signal stability in noisy environments and improve communication reliability (hoperf).The receiver unit is based on the STM32C031 microcontroller andoprates integrated into the boiler control board. The receiver decodes the RF packet from the transmitter unit, verifies the temperature information within it, and switches the heating system on and off via the relay circuit based on this data. The Printed Circuit Board designs for the system are created using Altium Designer. On the software side, coding is done in C language using the STM32CubeIDE environment. To avoid delays during sleep and wake-up transitions and to efficiently utilize processor memory, the system operates at the register level. The overall conceptual framework of the system is based on combining low-power hardware architecture, precise temperature sensing, and reliable wireless communication in an integrated design approach. This structure aims to prioritize battery life and energy efficiency while maintaining the communication stability and measurement accuracy required for real-time heating control.

METHODOLOGY

The wireless room thermostat system consists of hardware design, software design, wireless communication integration, and testing phases. The basic operating principle of the system is based on periodically measuring the room temperature, wirelessly transmitting this data to the boiler control board, and switching the heating system on and off according to the received data. The main goal in the system design is to perform all these operations with minimum power consumption and in a stable manner. The hardware components used in the system consist of a 32-bit ARM-based STM32U083 microcontroller, an NTC temperature sensor, an RFM300W 433 MHz sub-GHz transceiver module, and an STM32C031-based receiver unit. The C programming language and the STM32CubeIDE development environment are used as the programming tool (Stm32CubeIDE Program, n.d). Circuit diagrams and PCB designs for the transmitter and receiver units are carried out in Altium Designer software (Altium Designer Program, n.d). Packet synchronization is ensured before data transmission. The accuracy of the data is confirmed before proceeding to calibration and error checking processes.

The system's operating principle is based on energy management and wireless communication. An RTC-based sleep/wake cycle is used to reduce power consumption; this ensures the microcontroller remains active only during data reading and sending, and enters deep sleep mode at other times. The system's other key function is the wireless transmission of this data. Data transmission between the transmitter and receiver units is carried out via the RFM300W sub-GHz module using an SPI interface. Thanks to the harmonious operation of the energy management and communication processes, the system offers both low power consumption and reliable communication. The STM32U083 microcontroller is used as the basis for the transmitter unit in the hardware design phase. Temperature measurement in the system is performed by connecting a voltage divider circuit, created with an NTC sensor, to the microcontroller's ADC channel. The data obtained from the ADC is filtered programmatically to calculate the ambient temperature (Liu et al., 2024). The receiver unit is based on the STM32C031 microcontroller and integrates with the boiler control board. The relay driver circuit on the receiver directly controls the heating system according to the incoming command. PCB designs for both units are prepared in the Altium Designer environment.

Software design and system workflow are addressed separately for the transmitter and receiver units. Figure 1 shows the flowchart of the transmitter unit. Accordingly, when the system is started, the STM32U083 configures the RFM300W module to transmitter mode via SPI; then, ADC settings for NTC reading and alarm functions with RTC are enabled. After this initial configuration is complete, the system enters sleep mode. When the RTC is triggered, the microcontroller wakes up, instantaneous temperature measurement is performed with the NTC sensor, and the measured temperature data is transmitted to the receiver unit via the RFM300W module. In addition, the system allows the user to change the desired temperature value via a button interrupt.

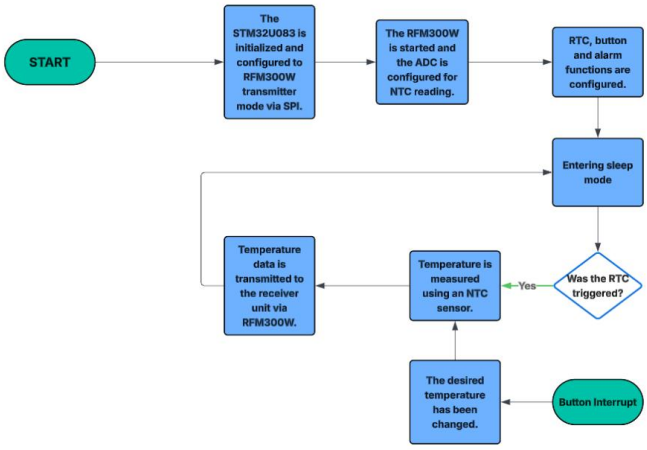


Figure 1. Flow diagram of the transmitter unit to be designed in the proposed study.

Figure 2 shows the flowchart of the receiver unit. When the STM32C031 microcontroller is initialized, the RFM300W module is configured into receiver mode via SPI, the relay is integrated, and the system is ready for boiler control. Following this step, the RFM300W module switches to continuous listening mode for the packet coming from the transmitter unit. When the packet is received, the desired temperature and the measured temperature values are compared; if the measured temperature is below the desired value, the boiler starts operating, otherwise, the boiler stops. This verification system prevents false triggers that may result from possible packet corruption or interference.

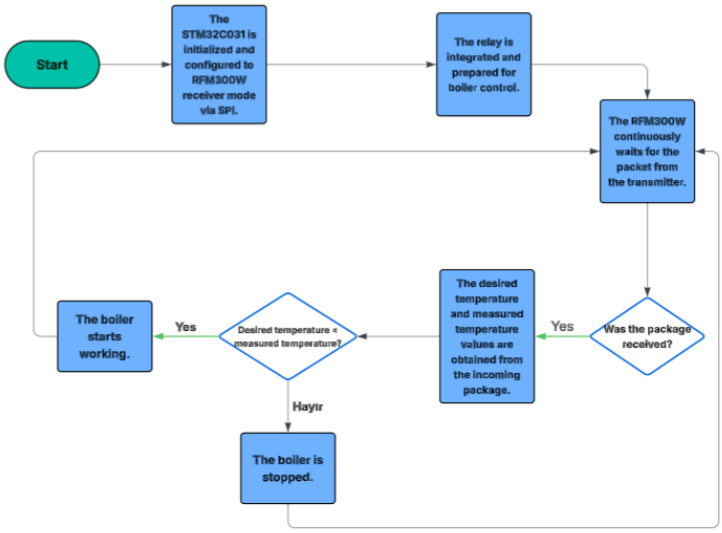


Figure 2. Flow diagram of the receiver unit to be designed in the proposed study.

The software development section is written in the STM32CubeIDE environment. Communication between the RFM300W and the microcontroller is via the SPI standard for high speed data transfer. The ADC unit is converting the analog data that are read from the NTC sensor to digital values. The system stays in sleep mode until the RTC interrupt occurs. At the activation of RTC, the microcontroller wakes up, measures the temperature and sends the data packet to the receiver unit through the RFM300W module. When transmission is complete the system immediately goes back to sleep mode.

Therefore, the active time is confined solely to the measurement and transmission periods and the power consumption is considerably lower in comparison with the typical continuous operation systems. The user can set the desired temperature value.

RESULTS

The results of the physical field test of the planned wireless thermostat system are shown in Table 1. To assess the communication reliability and response time of the system, 20 data packets were transmitted from 10, 20, 30 and 50 meters distance. The test results show that the receiver device received the packets without loss at all distances. With the increase of transmission distance, the typical delay time of signal transmission caused by external factors increases from about 20 milliseconds to 70 milliseconds. Because the ambient temperature fluctuates slowly, these delays do not result in any loss of system control. The system worked reliably and the relay was triggered at the tested distances.

Table 1: Wireless Transmission Performance at Different Test Distances

Test Distance (m)	Sent Data Packet	Received Data Packet	Average Delay Time	System Response (Relay Status)
10	20	20	~20 ms	stable
20	20	20	~35 ms	stable
30	20	20	~50 ms	stable
50	20	20	~70 ms	stable

The data collected in the physical field tests is shown in the relationship between transmission distance and average latency in Figure 3. It is observed from the graph that with distance delay in transmission of data packets is increased. The delay is about 20 ms at 10 meters, and about 70 ms at 50 meters due to signal attenuation and environmental obstructions. This shows that the planned wireless communication structure has sufficient performance.

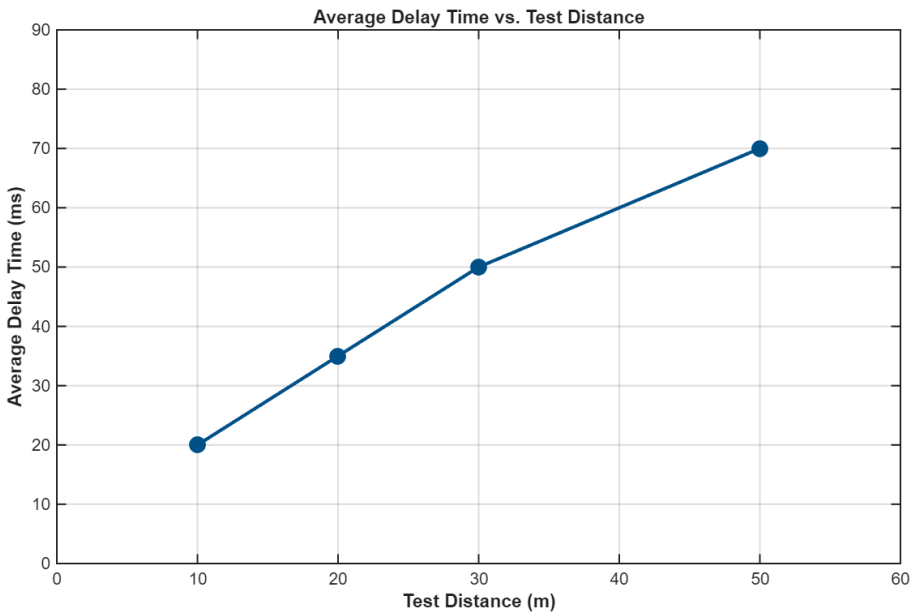


Figure 3. Transmission Delay Variation Curve Depending on Test Distance.

The essential functions of the software created to compute, calibrate and refresh the system display as a function of the ambient temperature are shown in Figure 4. To validate these algorithms in a real setting, the system is evaluated at target room temperature of 22°C.

When the ambient temperature reaches 21°C, the data received from the sensor is processed by the STM32U083 microcontroller, the temperature change is detected and the data packet needed is transmitted. The receiver device checks this packet and switches on the relay. When the ambient temperature reaches again the preset threshold of 22°C, the relay turns off, terminating the heating. The sensor reading algorithms, wireless communication infrastructure and on/off cycle have been confirmed repeatedly by physical tests to be stable.

```
  float r_ntc = 10000 * ((4095 - adc_value)/(float)adc_value);

  // Beta formülü
  float temp_kelvin = 1.0 / ((1.0/298) + (1.0/3950) * log(r_ntc/10000));

  float temp_celsius = temp_kelvin - 273.15;

  temp_celsius = temp_celsius - 4; //Callibration

  // Convert to integer format (multiply by 10 to store tenths)
  uint32_t temp_tenths = (uint32_t)(temp_celsius * TEMP_SCALE_FACTOR);

  return temp_tenths;
}

/**
 * @brief Measure actual temperature and store it
 */
void measure_actual_temperature(void)
{
  actual_temp = read_ntc_temperature();
  printf("Measured temperature: %lu.%lu°C\r\n", actual_temp / 10, actual_temp % 10);
}

/**
 * @brief Update LCD display with current temperature
 */
void update_temperature_display(void)
{
  static char temp_str[20];
  sprintf(temp_str, "D:%lu.%lu", desired_temp / 10, desired_temp % 10);
  BSP_LCD_GLASS_DisplayString((uint8_t*)temp_str);
}
```

Figure 4. NTC Sensor Data Reading and Temperature Control Algorithm.

It discusses physical verification testing and results of the finished wireless room thermostat prototype. The test configuration built using the development boards is shown in Figure 5, where the receiver processor based on STM32C031, and the data reception provided by the RFM300W module, and the relay circuit that controls the combination are on the left side. On the right is the STM32U083 microcontroller, the NTC temperature sensor and the other RFM300W module for the connection.

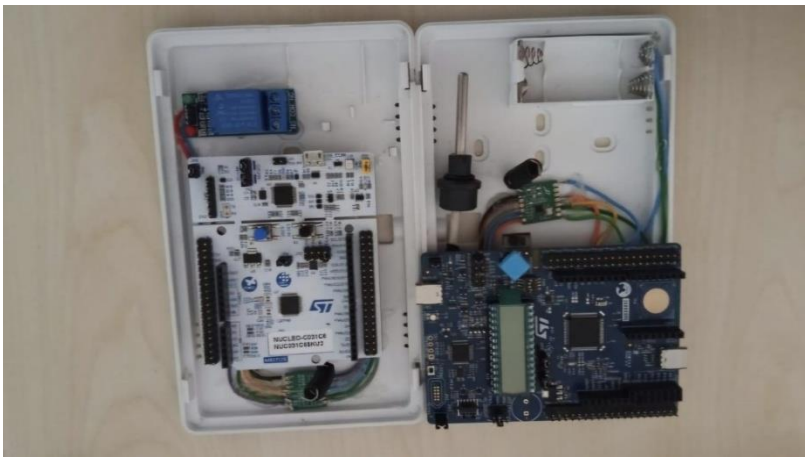


Figure 5. Wireless thermostat system test environment

CONCLUSION

This system presents the design and validation of a wireless room thermostat system for ultra-low power combi boilers. The system is built on the STM32U083 microcontroller's ULP architecture, an RFM300W 433 MHz sub-GHz communication module and an RTC-based sleep/wake cycle. And all of this in a single system, with low power consumption, reliable wireless communication and exact temperature regulation. The field tests show that the system can respond fast to the selected temperature threshold and operate stably without signal disruption at different distances from 10 to 50 meters.

The receiver unit has packet validation to avoid false triggering and to ensure that the boiler is triggered only on genuine commands. The system has a simple installation structure and requires less maintenance for a major operating advantage

ACKNOWLEDGEMENT

This study is supported by the Scientific and Technical Research Council of Turkey (TUBITAK) under 2209B – Research Study Support Programme for Undergraduate Students with study number 1139B412503116

REFERENCES

Altium Designer Program, Accessible: https://www.altium.com/altium-designer?srsltid=AfmBOoozZZe1zFfVjpijEj0cBeZIQP1c6dZ0DMbA0AVOnOQCl0EyaInu

Dounis, A. I., & Caraiscos, C. (2009). Advanced control systems engineering for energy and comfort management in a building environment—A review. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 13(6-7), 1246-1261.

Hoperf website, accessible: https://www.hoperf.com/modules/rf_transceiver/RFM300W.html

Liu, Z., Huo, P., Yan, Y., Shi, C., Kong, F., Cao, S., ... & Yao, J. (2024). Design of a negative temperature coefficient temperature measurement system based on a resistance ratio model. Sensors, 24(9), 2780.

Özgür, L., Akram, VK, Challenger, M. ve Dağdeviren, O. (2018, Mayıs). IoT tabanlı akıllı termostat. 2018 5. Uluslararası Elektrik ve Elektronik Mühendisliği Konferansı'nda (ICEEE) (s. 252-256). IEEE.

Seri, F., Arnesano, M., Keane, M. M., & Revel, G. M. (2021). Temperature sensing optimization for home thermostat retrofit. Sensors, 21(11), 3685.

Shaikh, P. H., Nor, N. B. M., Nallagownden, P., Elamvazuthi, I., & Ibrahim, T. (2014). A review on optimized control systems for building energy and comfort management of smart sustainable buildings. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 34, 409-429.

Stm32CubeIDE Program, Accessible: https://www.st.com/en/development-tools/stm32cubeide.html

STM32U0 series website, accessible:https://www.st.com/en/microcontrollers-microprocessors/stm32u0-series.html

Tuset-Peiró, P., Anglès-Vazquez, A., López-Vicario, J., & Vilajosana-Guillén, X. (2014). On the suitability of the 433 MHz band for M2M low-power wireless communications: propagation aspects. Transactions on Emerging Telecommunications Technologies, 25(12), 1154-1168.

COMPARISON OF PI AUTO TUNING METHODS ON AN INDUSTRIAL BLDC MOTOR APPLICATION FOR SPEED CONTROL

ENDÜSTRİYEL BLDC MOTOR UYGULAMASINDA HIZ KONTROLÜ İÇİN PI OTOMATİK AYARLAMA YÖNTEMLERİNİN KARŞILAŞTIRILMASI

Uğur TÜMER
Izmir Katip Celebi University, Faculty of Engineering and Architecture, Department of Electrical and Electronics Engineering, Izmir, Türkiye
ORCİD: ID/ 0009-0001-9460-2306

Emre ULUKAN
Emas Makine Sanayi ve Ticaret A.Ş., Manisa Organized Industrial Zone, Electrical-Electronics Engineer, Manisa, Türkiye
ORCİD: ID/ 0009-0003-2469-3518

Prof. Dr. Savaş ŞAHİN
Izmir Katip Celebi University, Faculty of Engineering and Architecture, Department of Electrical and Electronics Engineering, Izmir, Türkiye
ORCİD: ID/ 0000-0003-2065-6907

ABSTRACT
In this paper, a multi-method proportional–integral (PI) auto-tuning system is developed and comparatively evaluated on a physically industrial brushless dc motor (BLDC) motor driven by a custom isolated H-bridge circuit. There are four PI tuning methods such as Cohen–Coon, Tyreus–Luyben, Modified Ziegler–Nichols, and Chien—Hrones—Reswick which are performed with two online system identification tests such as an open-loop bump test for first-order plus dead time model extraction and Aström–Hägglund relay feedback test for gain and period estimation. The STM32 microcontroller executes real-time PI control while a host personal computer performs the data-intensive identification and tuning calculations through serial communication. Each tuning method is sequentially applied to the physical BLDC motor plant and evaluated in terms of overshoot, rise time, settling time, and steady-state error. The proposed system provides a portable, model-independent framework for rapid comparative PI tuning.
Keywords: Automatic PI parameter tuning, BLDC motor control, embedded systems.

ÖZET
Bu çalışmada, özel olarak tasarlanmış izoleli bir H-köprüsü devresi ile sürülen fiziksel bir endüstriyel fırçasız doğru akım (BLDC) motoru üzerinde, çok yöntemli bir oransal-integral (PI) otomatik ayarlama sistemi geliştirilmiş ve karşılaştırmalı olarak değerlendirilmiştir. Cohen–Coon, Tyreus–Luyben, Değiştirilmiş Ziegler–Nichols ve Chien–Hrones–Reswick (CHR) olmak üzere dört adet PI ayarlama yöntemi, iki çevrim içi sistem tanımlama testi ile birlikte uygulanmıştır: birinci dereceden ölü zamanlı model çıkarımı için açık çevrim basamak (bump) testi ve kazanç ile periyot kestirimi için Aström–Hägglund röle geri besleme testi. STM32 mikrodenetleyici gerçek zamanlı PI kontrolünü yürütürken, veri yoğun tanımlama ve ayarlama hesaplamaları seri haberleşme aracılığıyla ana bilgisayar (kişisel bilgisayar) tarafından gerçekleştirilmektedir. Her bir ayarlama yöntemi fiziksel BLDC motor sistemine sırasıyla uygulanmış ve aşma (overshoot), yükselme zamanı, yerleşme zamanı ve kalıcı durum hatası açısından değerlendirilmiştir. Önerilen sistem, hızlı ve karşılaştırmalı PI ayarlaması için taşınabilir ve modelden bağımsız bir çerçeve sunmaktadır.
Anahtar Kelimeler: Otomatik PI parametre ayarlama, BLDC motor kontrolü, gömülü sistemler.

INTRODUCTION
Proportional integral derivative (PID) controller is widely used linear control techniques in industry, with nearly 95% of industrial processes employing PID controllers, most of which are implemented on microcontrollers (Astrom, 1995). PID controllers are easy to implement in most systems and are commonly used in control applications such as speed (Hammoodi et al., 2020), position (Khalifa et al.,

2021), temperature (Palaniyappan et al., 2018), power systems (Hussain et al., 2022), and many others (Borase et al., 2021).

Although PID controllers have three tuning parameters, proper tuning is essential. Without suitable PID parameters, the desired control performance cannot be achieved (Skogestad, 2003). To determine suitable PID parameters, several classical tuning methods have been developed. The Ziegler–Nichols step response and ultimate-cycle methods (Ziegler & Nichols, 1942) are among the earliest and most widely known. Cohen and Coon proposed a tuning rule based on the first-order plus dead time (FOPDT) model obtained from an open-loop step test which is also known as bump test (Cohen & Coon, 1953). Chien, Hrones, and Reswick (CHR) developed tuning formulas optimized for setpoint regulation with minimal overshoot (Chien et al., 1952). Tyreus and Luyben proposed conservative tuning rules based on the ultimate gain and period (Tyreus & Luyben, 1992). The Aström–Hägglund relay feedback method provides an automated technique for extracting ultimate-cycle parameters without driving the system to marginal stability. The performance of different tuning methods has been evaluated through simulation studies (Li, 2023) and comparative analyses (Hambali et al., 2014). All the studies discussed above typically employ manually tuned PID controllers or evaluate tuning methods in simulation environments. However, manual PID tuning is time-consuming and requires significant effort from the system operator. To reduce human involvement, automatic PID tuning methods have been developed (Lakhani et al., 2021). Using these methods in MATLAB, a quadrotor umanned air vehicle has been simulated (Fan, 2022), and a hexacopter system has been evaluated (Feng et al., 2024). Automatic tuning methods have also been applied to Multiple Input Multiple Output systems (Saat et al., 2025). In addition, various automatic tuning methods have been compared in the literature (Li, 2023). However, most existing comparative studies are limited to simulation. Although some works have compared PID tuning methods on physical brushless dc motor (BLDC) motor platforms using microcontrollers (Taşören et al., 2018), few evaluate multiple classical tuning methods with automated online identification on the same industrial-scale hardware under identical conditions.

In this paper, the dedicated hardware and software are designed to automatically tune a physically industrial BLDC motor system using four classical PI tuning methods–Cohen–Coon, Tyreus–Luyben, Modified Ziegler–Nichols, and CHR–which aims to rapidly tune the plant and provide a fair comparative evaluation on real hardware. A brief explanation of both hardware and software of the automatic tuning system is given. Information about obtaining proper tuning parameters for the four methods using two online identification techniques–an open-loop bump test and an Aström–Hägglund relay feedback test without requiring a prior plant transfer function, the algorithm of the auto-tuning system, and the comparative performance evaluation of each method is given. The overall results and conclusions of the automatic tuner system are discussed.

SYSTEM ARCHITECTURE

This section describes the overall architecture of the proposed automatic PI tuning system. The hardware platform, which consists of an STM32 microcontroller, a custom isolated H-bridge motor driver, a 320V industrial BLDC motor, and a tachometer-based speed sensor, is presented first. The software architecture, comprising the embedded real-time firmware and the host personal computer (PC) application that orchestrates the identification and tuning process, is then explained. Finally, the closed-loop PI controller structure with anti-windup clamping is described.

Hardware Architecture

The designed test plant consists of a host PC, an STM32L073VBT6 microcontroller unit that implements the PI control algorithm, a custom-designed isolated H-bridge motor driver, a 320V industrial BLDC motor, and a custom tachometer-based encoder for speed feedback. The tachometer generates one pulse per half revolution of the fan, yielding a relatively low resolution. To compensate for this coarse sensor and obtain a sufficient number of pulses per sampling window for meaningful speed measurement, the sampling period is set to 250 ms. The real-time control task is executed on the STM32-based microcontroller. However, the computational load associated with auto-tuning-including large data set processing during the bump test and relay feedback test, as well as the computation of four sets of tuning parameters-exceeds the practical capabilities of the microcontroller. Therefore, a serial communication interface operating at 115200 baud is employed between the host PC and the

microcontroller, where the host PC performs the data-intensive parameter calculations and the STM32 applies the resulting PI gains to drive the motor in real time. The designed physical test setup is given in Figure 1. Herein, the main control electronics card contains an STM32L073VBT6 32-bit microcontroller, an H-bridge motor driver unit, and a power circuit. This electronics card is connected to the 320V industrial BLDC motor having an integrated tachometer as an encoder. An interface electronics card located as a little white one at the left side of the Figure is used to communicate with the host PC during the auto-tuning algorithm performance tests.

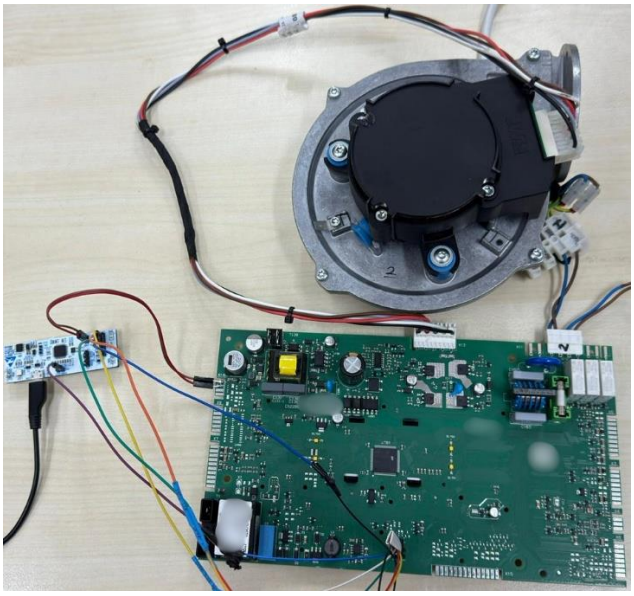


Figure 1. The designed experimental test setup with STM32 microcontroller electronics card, the industrial BLDC motor

Software Architecture

The system software consists of two complementary components: the embedded firmware on the STM32L073VBT6 and the host PC application written in Python. The STM32 firmware implements a state machine with four operating states: IDLE, BUMP_TEST, RELAY_TEST, and PID_CONTROL. In each active state, the microcontroller reads the tachometer pulse count at every sampling interval and transmits the timestamped speed data to the host PC via Universal asynchronous receiver-transmitter (UART). During PID control, the firmware executes the Ideal PID algorithm (also known as the non-interacting or ISA form) with anti-windup clamping. The controller output is computed as:

$$C_o = K_c \left[e(t) + \frac{1}{T_i} \int_0^t e(\tau)\ d\tau + T_d \frac{de(t)}{dt} \right]$$

where K_c is the proportional gain, T_i is the integral time, T_d is the derivative time, $e(t) = r(t) - y(t)$ is the error signal, $r(t)$ is the reference, $y(t)$ is the measured speed, and C_o is the controller output mapped to Pulse Width Modulation (PWM) duty cycle. In this study, all four tuning methods are evaluated in PI mode with $T_d = 0$.

The host PC application orchestrates the entire auto-tuning process in five sequential phases: (1) bump test execution and FOPDT model extraction, (2) relay feedback test execution and ultimate parameter extraction, (3) PI parameter calculation for all four tuning methods, (4) sequential hardware testing of each method with performance monitoring, and (5) data export and performance summary. The overall system architecture is illustrated in Figure 2, and the closed-loop control structure is shown in Figure 3.

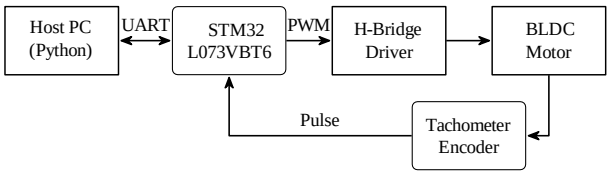


Figure 2. System block diagram of the automatic PI tuning setup.

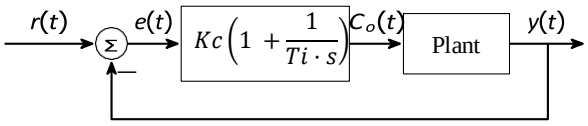


Figure 3. Closed-loop PI control structure (Td = 0).

METHODOLOGY

Determining suitable PI controller parameters is a important task for closed loop control systems. The calculations required to determine eligible tuning parameters must be repeated whenever the plant parameters varitions. In this section, the automatic identification and tuning procedures are described.

Obtaining PI Control Parameters

The four PI tuning methods evaluated in this study require two distinct sets of identification parameters. The Cohen–Coon and CHR methods require the FOPDT model parameters (K, T, L), which are extracted from an open-loop bump test. The Tyreus–Luyben and Modified Ziegler–Nichols methods require the ultimate gain (Ku) and ultimate period (Pu), which are extracted from a relay feedback test.

1) Bump Test FOPDT Model Extraction: The bump test applies a fixed PWM step input u = 90% to the motor in open loop and records the resulting speed response over 6 seconds. From this step response, the FOPDT model parameters are extracted. The FOPDT transfer function is:

$$G(s) = \frac{K\,e^{-Ls}}{1 + Ts}$$

where K is the process gain, T is the time constant, and L is the dead time. The process gain is computed as:

$$K = \frac{\Delta y}{\Delta u} = \frac{y_{ss}}{u_{step}}$$

where yss is the steady-state speed (averaged over the last 20% of the data) and ustep is the applied PWM value. The dead time L is determined as the elapsed time until the output first exceeds 5% of yss. The time constant T is the interval from L until the output reaches 63.2% of yss, corresponding to the standard first-order step response characteristic. The experimental bump test response is shown in Fig. 4. The extracted FOPDT parameters are K = 0.56, T = 0.5 s, and L = 0.5 s.

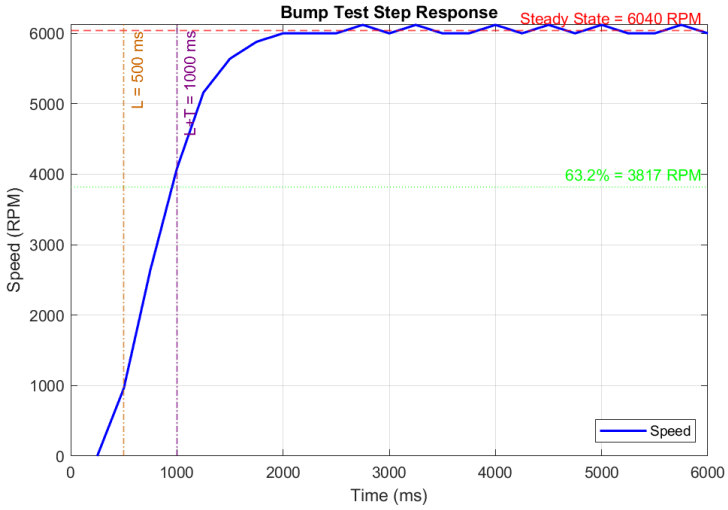


Figure 4. Bump test step response with FOPDT parameter annotations. Steady- state, 63.2% level, dead time L, and time constant T are indicated.

2) Relay Feedback Test Aström–Hägglund Method: The relay feedback test induces sustained oscillation around an operating point to extract the ultimate gain and period without requiring an explicit plant model. A bang-bang relay with hysteresis ε switches the control input between two levels:

$$u(t) = \{uc + d, e(t) > \varepsilon$$
$$u(t) = \{uc - d, e(t) < -\varepsilon$$

where uc is the center PWM (50%), d is the relay half- amplitude (40), and ε is the hysteresis band (1 pulse). After the transient response decays, the output oscillates with a measurable amplitude and period Pu. The ultimate gain is computed as (Li, 2023):

$$K_u = \frac{4d}{\pi a}$$

The ultimate period Pu is determined from the zero-crossings of the centered output signal using linear interpolation between successive samples. The relay test is conducted over 10 sec- onds. The first 20% of the data is discarded to remove the initial transient.

The experimental relay test response is shown in Figure 5. The extracted parameters are Ku = 5.659, Pu = 1.195 s, with an oscillation amplitude a = 9 pulses.

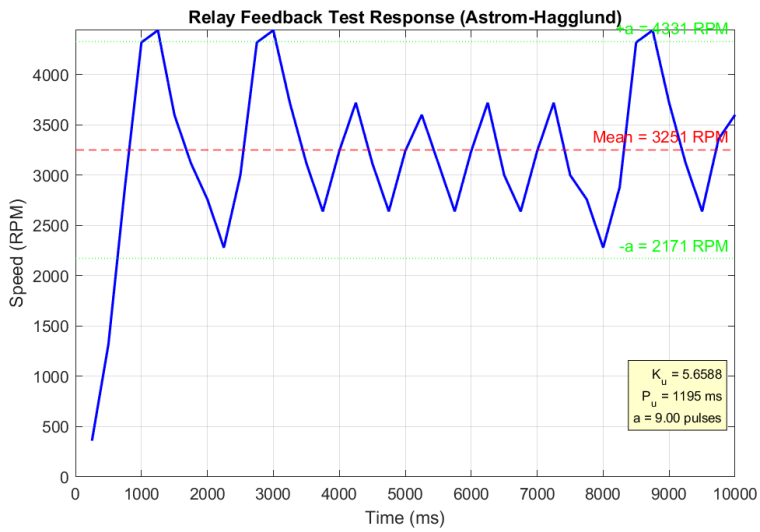


Figure 5. Relay feedback test response showing sustained oscillation. Mean speed, oscillation amplitude a, ultimate gain Ku, and ultimate period Pu are annotated.

3) PI Tuning Formulas: Using the identified parameters, PI gains are calculated for each of the four methods. Table I summarizes the tuning formulas, where r = L/T is the dead- time ratio. Methods 1 and 4 use the bump test parameters (K, T, L), while Methods 2 and 3 use the relay test parameters (Ku, Pu). All methods set Td = 0 for PI control.

Table 1. Pi Tuning Formulas For The Four Methods

#	Method	K_C	T_i
1	Cohen-Coon	$\frac{T}{KL}\left(0.9+\frac{r}{12}\right)$	$\frac{L(30+3r)}{9+20r}$
2	Tyreus-Luyben	$\frac{K_u}{3.2}$	$2.2\,P_u$
3	Modified Z-N	$0.2\,K_u$	$\frac{P_u}{2}$
4	CHR	$\frac{0.35\,T}{KL}$	$1.2\,T$

The Algorithm of Software

The complete auto-tuning process is orchestrated by the host PC in five sequential phases, as illustrated in the flowchart in Figure 6. The serial communication protocol between the host PC and the STM32 uses ASCII-based commands: BUMP initiates the bump test, START initiates the relay feedback test, PID: K_c, T_i, T_d ref configures the PI controller parameters and STOP halts the motor. The STM32 transmits speed data in the format T: ms, S: speed. The STM32 firmware and host PC algorithms are presented in Algorithm 1 and Algorithm 2, respectively.

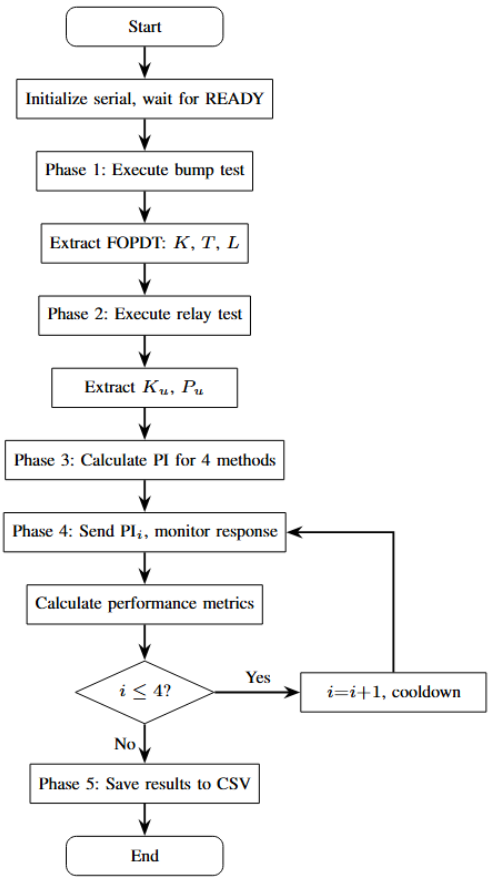


Figure 6. Flowchart of the automatic PI tuning algorithm executed by the host PC.

Algorithm 1 STM32 Firmware State Machine

```
Initialize peripherals (GPIO, TIM, UART)
Start PWM and tachometer timer
Send READY to host PC
loop
    Check UART for incoming commands
    if sample period elapsed then
        Read tachometer pulse count → speed
        if state = BUMP_TEST then
            Apply fixed PWM, send T:ms, S:speed
            if duration ≥ 6 s then
                Send BUMP_DONE, set state ← IDLE
            end if
        else if state = RELAY_TEST then
            Apply relay logic (Eq. 4), send data
            if duration ≥ 10 s then
                Send RELAY_DONE, set state ← IDLE
            end if
        else if state = PID_CONTROL then
            Compute Co using Eq. 1 with anti-windup
            Apply PWM ← Co, send data
        end if
    end if
end loop
```

Algorithm 2 Host PC Auto-Tuning Sequencer

```
Connect serial port, wait for READY
Phase 1: Send BUMP, collect data until BUMP_DONE
Extract FOPDT parameters: K, T, L from step response
Cooldown 5 s (motor stop)
Phase 2: Send START, collect data until RELAY_DONE
Extract Ku, Pu from relay oscillation
Cooldown 5 s
Phase 3: Calculate Kc, Ti for all 4 methods (Table I)
for i = 1 to 4 do
    Phase 4: Send PID:Kc,Ti,0,ref
    Run closed-loop step test for 15 s and log speed
    Send STOP compute metrics
    Append time-series and metrics to CSV
    if i < 4 then
        Cooldown 5 s
    end if
end for
Phase 5: Export tuning summary and test configuration
```

Performance

The four PI controller tuning methods were applied in turn to the physical BLDC motor plant, with same operating conditions trials. The desired output is set to 3266 rotations per minute, which corresponds to approximately 27.22 pulses/sample, matching the mean speed observed during the relay feedback tests. During the PI controller tuning methods comparison, each method is performed for 15 seconds, with a 5-second wait between performance trials. That is, the BLDC motor is guaranteed to be at rest before another trial. The obtained results from different PI controller tuning methods are presented in Table 2 in terms of PI parameter values and the controller performance test metrics. The performance of the PI controller tuning methods corresponding to the step input response is depicted in the time waveform

(Figure 7). The performance metrics of the closed-loop BLDC motor control system are represented as bar charts in Figure 8 in terms of overshoot, rise time, settling time, and steady-state error values.

Table 2. Calculated PI parameters and performance metrics

Method	Kc	Ti (s)	OS (%)	tr (ms)	ts (ms)	ess (%)
Cohen–Coon	1.756	0.569	13.89	500	14750	0.04
Tyreus–Luyben	1.768	2.628	2.87	5500	15000	1.93
Modified Z–N	1.132	0.597	2.87	750	14250	0.04
CHR	0.625	0.600	2.87	2500	15000	0.04

OS: overshoot, tr: rise time (%10-%90), ts: settling time (%2 band), ess: steady-state error.

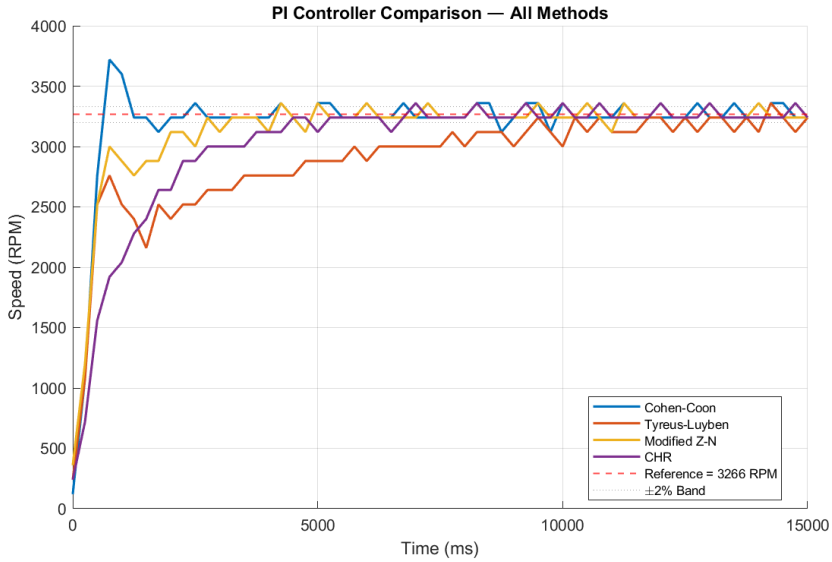


Figure 7. The performance of the PI controller tuning methods

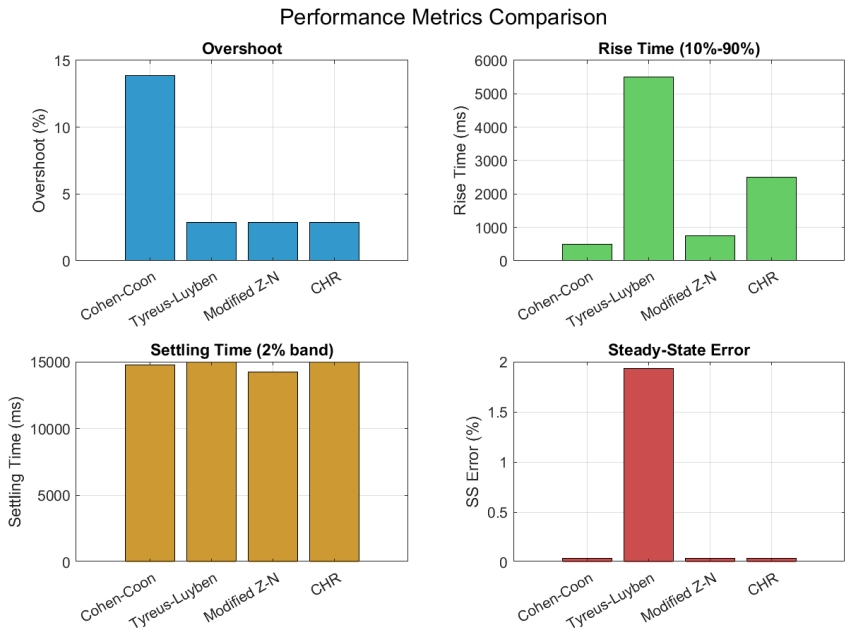


Figure 8. The performance metrics as overshoot (%), rise time (ms), settling time (ms), and steady-state error (%)

The results obtained highlight the differences between the four methods. The Cohen-Coon method produced the fastest rise time among the four methods, with a value of 500 ms. This is because the K_c value was calculated as 1.756 and the T_i value as 0.569s. This calculation resulted in an overshoot of 13.89%, the highest overshoot among the four methods. In the CHR method, the K_c value was calculated as 0.625, which is the lowest K_c gain value. This gain value resulted in an overshoot of 2.87%, but the low gain value increased the rise time to 2500 ms. In the Tyreus-Luyben method, the K_c value was calculated as 1.77 and the T_i value as 2.63. Based on these calculated values, the largest steady-state error occurred at 1.93%, and the slowest rise time was reached at 5500 ms. Therefore, it is not suitable for systems requiring fast reference tracking. The modified Ziegler-Nichols method yielded the best results among the four methods. The K_c value was calculated as 1.132 and the T_i value as 0.597. It showed the lowest overshoot at 2.87%, a rapid rise time of 750 ms, the shortest settlement time of 14250 ms, and a negligible steady-state error of 0.04%. Based on these values, it is neither as aggressive as Cohen-Coon nor as slow as Tyreus-Luyben. The choice between methods should be determined based on needs. Cohen-Coon is meaningful when rapid response outweighs concerns about transient behavior. Tyreus-Luyben is suitable for systems requiring low overshoot control. CHR offers a middle ground by combining low overshoot with an acceptable rise time, and the modified Ziegler-Nichols method has been observed to be the method to be used when a consistent response across all performance metrics is required.

CONCLUSION AND DISCUSSION

This study compares four classical PID coefficient calculation methods Cohen-Coon, Tyreus-Luyben, Modified Ziegler-Nichols, and CHR on a BLDC motor plant. Two automated techniques were used to calculate the coefficients of the methods used in the comparison: open-loop bump and Aström-Hägglund relay feedback. The automated calculation task using these techniques was shared among the hardware. An STM32L073VBT6 microcontroller operated the PI control loop in real-time, while a host PC handled the identification and parameter calculation tasks. These two parts communicated via a serial connection. None of the four calculated methods proved to be the best in every aspect. Each method provides a unique balance between speed and transient performance. The system is portable, model-independent, and does not require prior knowledge of the plant transfer function. The entire automated tuning and comparison process is completed automatically. Various extensions are possible. The addition of derivative action will provide full PID tuning, while adaptive online re-tuning will yield better results for plants that change over time. Optimization-based approaches, such as machine learning, also offer additional improvements in controller performance.

REFERENCES

Astrom, K. J. (1995). PID controllers: theory, design, and tuning. The international society of measurement and control. Erişim Adresi: https://cir.nii.ac.jp/crid/1570854174462638720 Son Erişim Tarihi: 31 Mayıs 2026

Hammoodi, S. J., Flayyih, K. S., & Hamad, A. R. (2020). Design and implementation speed control system of DC motor based on PID control and matlab simulink. International Journal of Power Electronics and Drive Systems, 11(1), 127-134. Erişim Adresi: https://www.academia.edu/download/74351790/20153_38604_1_PB.pdf Son Erişim Tarihi: 31 Mayıs 2026

Khalifa, M., Amhedb, A. H., & Al Sharqawi, M. (2021). Position control of real time DC motor using LabVIEW. Journal of Robotics and Control (JRC), 2(5), 342-348. Erişim Adresi: https://journal.umy.ac.id/index.php/jrc/article/download/10000/5891 Son Erişim Tarihi: 31 Mayıs 2026

Palaniyappan, T. K., Yadav, V., Tayal, V. K., & Choudekar, P. (2018, April). PID control design for a temperature control system. In 2018 International conference on power energy, environment and intelligent control (PEEIC) (pp. 632-637). IEEE. Erişim Adresi: https://ieeexplore.ieee.org/document/8665469 Son Erişim Tarihi: 31 Mayıs 2026

Hussain, I., Das, D. C., Latif, A., Sinha, N., Hussain, S. S., & Ustun, T. S. (2022). Active power control of autonomous hybrid power system using two degree of freedom PID controller. Energy Reports, 8, 973-981. Erişim Adresi:

https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2352484722010551 Son Erişim Tarihi: 31 Mayıs 2026

Borase, R. P., Maghade, D. K., Sondkar, S. Y., & Pawar, S. N. (2021). A review of PID control, tuning methods and applications: RP Borase et al. International Journal of Dynamics and Control, 9(2), 818-827. Erişim Adresi: https://link.springer.com/article/10.1007/s40435-020-00665-4 Son Erişim Tarihi: 31 Mayıs 2026

Skogestad, S. (2003). Simple analytic rules for model reduction and PID controller tuning. Journal of process control, 13(4), 291-309. Erişim Adresi: https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0959152402000628 Son Erişim Tarihi: 31 Mayıs 2026

Ziegler, J. G., & Nichols, N. B. (1942). Optimum settings for automatic controllers. Transactions of the American society of mechanical engineers, 64(8), 759-765. Erişim Adresi: https://po-files.ks3-cn-beijing.ksyun.com/5f7ebb8f1e085307a07c8cf6_fdad07ae78fc.pdf Son Erişim Tarihi: 31 Mayıs 2026

Cohen, G., & Coon, G. A. (1953). Theoretical consideration of retarded control. Transactions of the American Society of Mechanical Engineers, 75(5), 827-834. Erişim Adresi: https://asmedigitalcollection.asme.org/fluidsengineering/article-abstract/75/5/827/1145041 Son Erişim Tarihi: 31 Mayıs 2026

Chien, K. L., Hrones, J., & Reswick, J. B. (1952). On the automatic control of generalized passive systems. Transactions of the American Society of Mechanical Engineers, 74(2), 175-183. Erişim Adresi: https://asmedigitalcollection.asme.org/fluidsengineering/article-abstract/74/2/175/1144365/ Son Erişim Tarihi: 31 Mayıs 2026

Tyreus, B. D., & Luyben, W. L. (1992). Tuning PI controllers for integrator/dead time processes. Industrial & engineering chemistry research, 31(11), 2625-2628. Erişim Adresi: https://pubs.acs.org/doi/pdf/10.1021/ie00011a029 Son Erişim Tarihi: 31 Mayıs 2026

Li, Z. (2023, November). Review of PID control design and tuning methods. In Journal of Physics: Conference Series (Vol. 2649, No. 1, p. 012009). IOP Publishing. Erişim Adresi: https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1742-6596/2649/1/012009/pdf Son Erişim Tarihi: 31 Mayıs 2026

Hambali, N., Masngut, A., Ishak, A. A., & Janin, Z. (2014, November). Process controllability for flow control system using Ziegler-Nichols (ZN), Cohen-Coon (CC) and Chien-Hrones-Reswick (CHR) tuning methods. In 2014 IEEE International Conference on Smart Instrumentation, Measurement and Applications (ICSIMA) (pp. 1-6). IEEE. Erişim Adresi: https://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?arnumber=7047432&casa_token=-03xBZI2vCQAAAAA:LKD52rEFzTXtJnmlABuCz5MNpne_7UXP6AOB06jgPpjMWlbRSJ_G7-5_mPAsr1v2iPBg245AqhGA&tag=1 Son Erişim Tarihi: 31 Mayıs 2026

Lakhani, A. I., Chowdhury, M. A., & Lu, Q. (2021). Stability-preserving automatic tuning of PID control with reinforcement learning. arXiv preprint arXiv:2112.15187. Erişim Adresi: https://arxiv.org/pdf/2112.15187 Son Erişim Tarihi: 31 Mayıs 2026

Fan, Y. (2022, June). Flight control system simulation for quadcopter unmanned aerial vehicle (UAV) based on Matlab Simulink. In Journal of Physics: Conference Series (Vol. 2283, No. 1, p. 012011). IOP Publishing. Erişim Adresi: https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1742-6596/2283/1/012011/pdf Son Erişim Tarihi: 31 Mayıs 2026

Feng, J., Luo, Y., Huang, Z., Wang, R., Tsai, R., Luo, R., ... & Chen, H. (2024). Fuzzy PID Controller Analysis for the Hexacopter Aircraft Using Simulink Simulation. International Journal of Advanced Engineering Research and Science, 11(11), 08-21. Erişim Adresi: https://www.academia.edu/download/119405455/2IJAERS_1120243_Fuzzy.pdf Son Erişim Tarihi: 31 Mayıs 2026

Saat, S., Ahmad, M. A., & Ghazali, M. R. (2025). Data-driven brain emotional learning-based intelligent controller-PID control of MIMO systems based on a modified safe experimentation dynamics algorithm. International Journal of Cognitive Computing in Engineering, 6, 74-99. Erişim Adresi: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2666307424000494 Son Erişim Tarihi: 31 Mayıs 2026

Taşören, A. E., Örenbaş, H., & Şahin, S. (2018, October). Analyze and comparison of different PID tuning methods on a brushless DC motor using Atmega328 based microcontroller unit. In 2018 6th International Conference on Control Engineering & Information Technology (CEIT) (pp. 1-4). IEEE. Erişim Adresi: https://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?arnumber=8751768 Son Erişim Tarihi: 31 Mayıs 2026

GRAPH NEURAL NETWORKS VS TRADITIONAL MODELS FOR SPATIAL TRAFFIC CLASSIFICATION

Etibar Vazirov
ADA University, School of IT and Engineering, Baku, Azerbaijan
ORCID: 0009-0002-4659-2980

Sarkhan Arkhmammadov
Independent Researcher, Landau School, Baku, Azerbaijan

Raul Suleymanzada
Independent Researcher, Ataturk High School, Baku, Azerbaijan

Abstract
Urban traffic analysis is a fundamental component of intelligent transportation systems, where accurate modelling of traffic patterns can support congestion management, route optimization, and urban mobility planning. While traditional machine learning models have demonstrated strong predictive capabilities on structured traffic datasets, they typically process observations independently and may not explicitly capture relational dependencies between similar traffic conditions. In this study, we investigate a lightweight graph-based framework for multi-class traffic level classification using temporal and environmental traffic features. Traffic levels are constructed through quantile-based discretization of traffic volume values, while the original traffic volume attribute is excluded from the feature set to prevent target leakage. A feature-space k-nearest neighbours (kNN) graph is constructed over normalized observations, enabling graph neural networks to aggregate contextual information from similar traffic states. Two representative graph neural network architectures, namely Graph Convolutional Networks (GCN) and GraphSAGE, are evaluated and compared against strong classical baselines including Random Forest and XGBoost. To provide a more realistic evaluation setting for temporal traffic data, the experiments are conducted using a chronological train–validation–test split rather than a fully random partitioning strategy. Experimental results show that XGBoost achieves the highest overall classification performance, highlighting the effectiveness of ensemble tree methods on structured traffic data. Nevertheless, GraphSAGE substantially outperforms the standard GCN model and demonstrates the practical value of neighborhood-based relational learning in feature-space traffic graphs. The findings further emphasize the importance of evaluation strategy selection in temporal transportation analytics and illustrate both the strengths and limitations of graph neural networks in lightweight traffic classification settings.
Keywords: Traffic Classification; Graph Neural Networks; GraphSAGE; Graph Convolutional Networks; XGBoost; Intelligent Transportation Systems; Traffic Analysis; Feature-Space Graphs; Temporal Evaluation; Urban Analytics

1. Introduction

Urban traffic analysis has become an essential component of intelligent transportation systems due to the increasing complexity of modern urban mobility. Reliable traffic modelling supports a wide range of applications, including congestion management, route planning, infrastructure optimization, and environmental monitoring. As urban traffic patterns evolve dynamically across time and environmental conditions, machine learning approaches have been widely adopted to improve predictive performance in transportation-related tasks [1,2]. Traditional machine learning models such as Random Forest and gradient boosting methods have demonstrated strong predictive capabilities on structured traffic datasets [3,4]. These approaches are particularly effective when temporal, weather-related, and statistical traffic features are available. However, most conventional methods process observations independently and do not explicitly model relationships between similar traffic conditions or neighbouring observations. In practical transportation systems, traffic states often exhibit relational dependencies, where nearby or contextually similar observations may share comparable behavioural patterns [5]. Graph Neural Networks (GNNs) have recently emerged as an effective framework for modelling structured and relational data [6].

Unlike conventional tabular models, GNNs propagate information across graph neighbourhoods, enabling nodes to aggregate contextual information from connected observations. Several studies have successfully applied graph-based learning to traffic forecasting and transportation analysis using spatial road networks and sensor graphs [7–9]. In particular, Graph Convolutional Networks (GCNs) and GraphSAGE architectures have demonstrated promising capabilities in capturing spatial interactions and non-Euclidean dependencies [10,11]. Despite these advances, many existing traffic-oriented graph learning studies rely on large-scale sensor infrastructures, explicitly defined road connectivity, or computationally expensive graph formulations. In contrast, lightweight graph-based approaches constructed directly from feature similarity remain less explored in traffic classification tasks. Furthermore, many benchmark evaluations rely on random train–test splits, which may unintentionally introduce optimistic estimates in temporal datasets where future observations resemble previously seen patterns [12]. In this study, we investigate a lightweight graph-based framework for multi-class traffic level classification using the Metro Interstate Traffic Volume dataset. Traffic levels are constructed through quantile-based discretization of traffic volume values, while the original volume feature is excluded from the input space to prevent trivial target leakage. A k-nearest neighbours (kNN) graph is constructed over normalized feature representations, allowing observations with similar temporal and environmental characteristics to interact within a graph structure. We evaluate two representative graph neural network architectures, namely GCN and GraphSAGE, and compare their performance against strong classical baselines including Random Forest and XGBoost under a chronological evaluation protocol. The experimental findings indicate that tree-based ensemble methods remain highly competitive for temporal traffic classification tasks, with XGBoost achieving the strongest overall performance. Nevertheless, GraphSAGE substantially outperforms the standard GCN model and demonstrates the practical value of neighborhood-based relational learning in feature-space traffic graphs. The study also highlights the importance of realistic chronological evaluation settings when analysing temporal transportation datasets. The main contributions of this work can be summarized as follows:

1. A balanced multi-class traffic classification framework is constructed using quantile-based discretization while explicitly avoiding target leakage.
2. A lightweight feature-space kNN graph representation is proposed for modelling relational dependencies between traffic observations without requiring explicit road network connectivity.
3. Graph-based learning models are systematically compared with strong classical machine learning baselines under both random and chronological evaluation settings.
4. The study provides an analysis of the strengths and limitations of graph neural networks for traffic classification on structured temporal datasets.

2. Related Work

Traffic forecasting and traffic state analysis have been extensively studied within intelligent transportation systems due to their importance for congestion mitigation, route optimization, and urban planning. Early approaches primarily relied on statistical and classical machine learning techniques, including autoregressive models, support vector machines, and ensemble learning methods [14,15]. Among these approaches, Random Forest and gradient boosting algorithms demonstrated strong predictive performance on structured transportation datasets because of their ability to model nonlinear relationships between temporal and environmental variables [3,4]. With the increasing availability of large-scale traffic sensing data, deep learning methods became increasingly popular for transportation-related tasks. Recurrent Neural Networks (RNNs), Long Short-Term Memory (LSTM) networks, and convolution-based architectures were widely adopted to capture temporal dependencies in traffic flow and congestion prediction problems [16,17]. However, many of these approaches still process observations in Euclidean spaces and do not explicitly model interactions between related traffic states or neighbouring regions. Graph Neural Networks (GNNs) have recently attracted significant attention for transportation analysis because they naturally operate on graph-structured data [6]. In traffic applications, graphs are commonly constructed using road connectivity, traffic sensor adjacency, or spatial proximity relationships. One of the most influential graph-based transportation models is the Spatio-Temporal Graph Convolutional Network (STGCN) proposed by Yu et al. [7], which combines temporal convolutions with graph convolutions for traffic forecasting.

Similarly, Li et al. introduced the Diffusion Convolutional Recurrent Neural Network (DCRNN), which models traffic flow propagation through diffusion processes over road networks [8]. Additional architectures such as Graph WaveNet further improved spatio-temporal traffic modelling by incorporating adaptive graph learning mechanisms [9]. Among general-purpose GNN architectures, Graph Convolutional Networks (GCNs) and GraphSAGE remain two of the most widely adopted methods [10,11]. GCNs aggregate neighborhood information through spectral-inspired convolution operations and have shown strong performance in semi-supervised node classification tasks [10]. GraphSAGE extends this idea by introducing inductive neighborhood aggregation strategies that generalize more effectively to unseen nodes and large-scale graphs [11]. Due to its sampling-based aggregation mechanism, GraphSAGE is often considered more scalable and flexible in heterogeneous or feature-driven graph settings. Although graph-based traffic forecasting has achieved substantial progress, many existing studies rely on explicitly defined road-network graphs or large-scale sensor infrastructures [7–9]. In contrast, feature-space graph construction methods based on similarity relationships remain comparatively less explored in traffic classification tasks. Such lightweight graph formulations can be particularly useful when explicit road topology information is unavailable or incomplete. Another important issue in traffic modelling concerns evaluation methodology. Several studies have shown that random train–test partitioning may produce overly optimistic performance estimates in temporal datasets because future observations may strongly resemble previously observed patterns [12]. Chronological evaluation strategies therefore provide a more realistic assessment of generalization performance for transportation applications operating in evolving real-world environments. Motivated by these observations, the present study investigates a lightweight feature-space graph framework for traffic level classification under a chronological evaluation setting. Unlike many previous graph-based transportation studies that depend on explicit road connectivity, the proposed approach constructs k-nearest neighbours graphs directly from normalized traffic observations enriched with temporal and environmental attributes. The work further provides a comparative analysis between classical ensemble learning approaches and representative graph neural network architectures within the same experimental setting.

3. Methodology

3.1 Dataset Description and Preprocessing. The experiments were conducted using the Metro Interstate Traffic Volume dataset obtained from Kaggle [13]. The dataset contains hourly traffic observations collected from the Interstate 94 highway system and includes temporal, environmental, and weather-related attributes associated with traffic conditions. After removing duplicated observations, the final dataset consisted of 48,187 samples. The original dataset contains variables such as temperature, rainfall, snowfall, cloud coverage, weather conditions, holiday information, and timestamp data. Several temporal attributes were additionally extracted from the original timestamp column, including year, month, day, hour, day-of-week, and weekend indicators. Categorical variables such as weather descriptions and holiday information were transformed using one-hot encoding. To ensure fair evaluation and avoid trivial target leakage, the original *traffic_volume* attribute was not directly used as an input feature during model training. Instead, traffic levels were constructed from this variable through a quantile-based discretization process. Traffic observations were categorized into three balanced classes representing low, medium, and high traffic conditions. Let $v_i$denote the traffic volume of observation i. Two quantile thresholds $q_1$and $q_2$were computed from the empirical traffic volume distribution:

$$q_1 = Q_{0.33}(V), q_2 = Q_{0.66}(V)$$

The traffic level label $y_i$was then defined as:

$$y_i = \begin{cases} 0 & v_i \leq q_1 \\ 1 & q_1 < v_i \leq q_2 \\ 2 & v_i > q_2 \end{cases}$$

This strategy produced a nearly balanced class distribution while preserving meaningful traffic intensity variations across the dataset. Before graph construction and model training, all numerical features were standardized using z-score normalization.

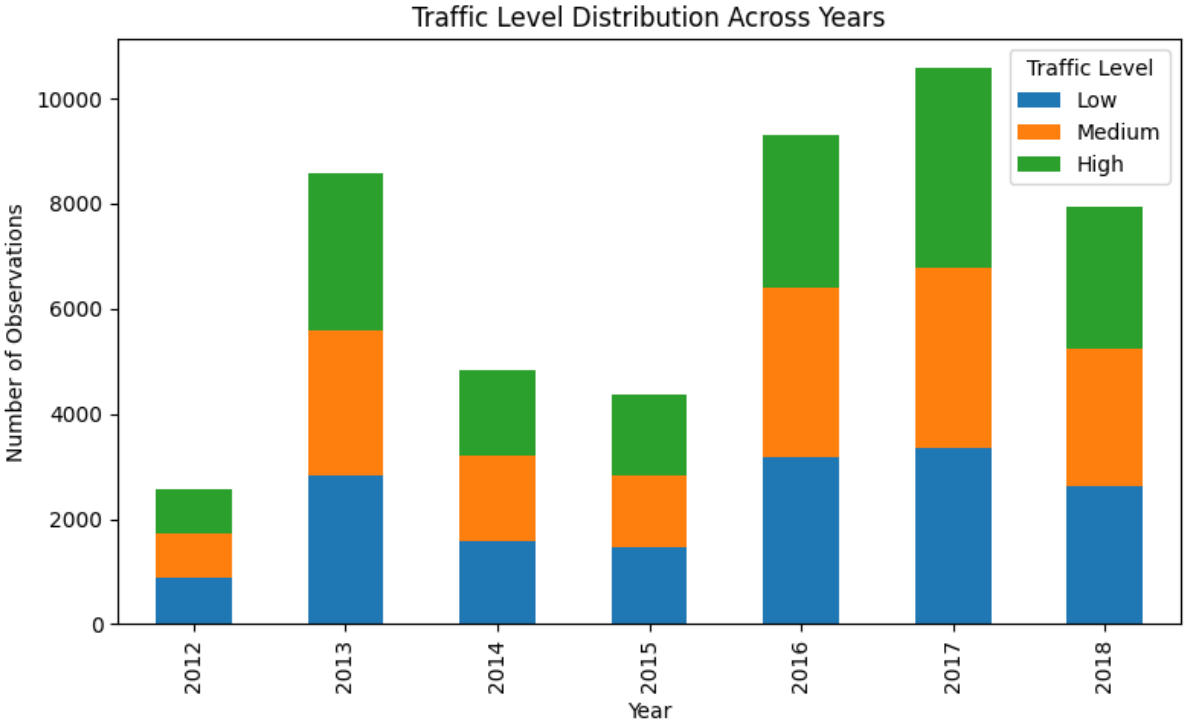


Figure 1. Traffic level distribution across years after quantile-based discretization.

Figure 1 illustrates the temporal distribution of the generated traffic classes across different years. The visualization confirms that the proposed discretization strategy produces relatively balanced traffic categories while preserving yearly variability in traffic patterns. Such balanced class distributions are particularly beneficial for macro-averaged evaluation metrics in multi-class classification tasks.

3.2 Feature-Space Graph Construction. Unlike many transportation-oriented graph learning studies that rely on explicitly defined road connectivity, the present work constructs a lightweight feature-space graph directly from normalized traffic observations. In this representation, each node corresponds to a traffic observation enriched with temporal and environmental attributes. A k-nearest neighbours (kNN) strategy was employed to define graph connectivity. For each node i, edges were established toward the $k$most similar observations in the normalized feature space using Euclidean distance. Let $x_i$and $x_j$denote the feature vectors of nodes $i$and j, respectively. Their pairwise distance was computed as:

$$d(x_i, x_j) = \sqrt{\sum_{m=1}^{M} (x_{im} - x_{jm})^2}$$

where Mrepresents the number of node features. The resulting graph can be formally represented as:

$$G = (V, E)$$

where Vdenotes the set of traffic observations and Erepresents the neighborhood connections generated through the kNN procedure. In the final graph configuration, $k = 10$nearest neighbours were assigned to each node, resulting in a graph containing 48,187 nodes and 481,870 directed edges. This feature-space graph formulation enables observations with similar temporal and environmental characteristics to exchange information through neighbourhood aggregation mechanisms, even in the absence of explicit road-network topology.

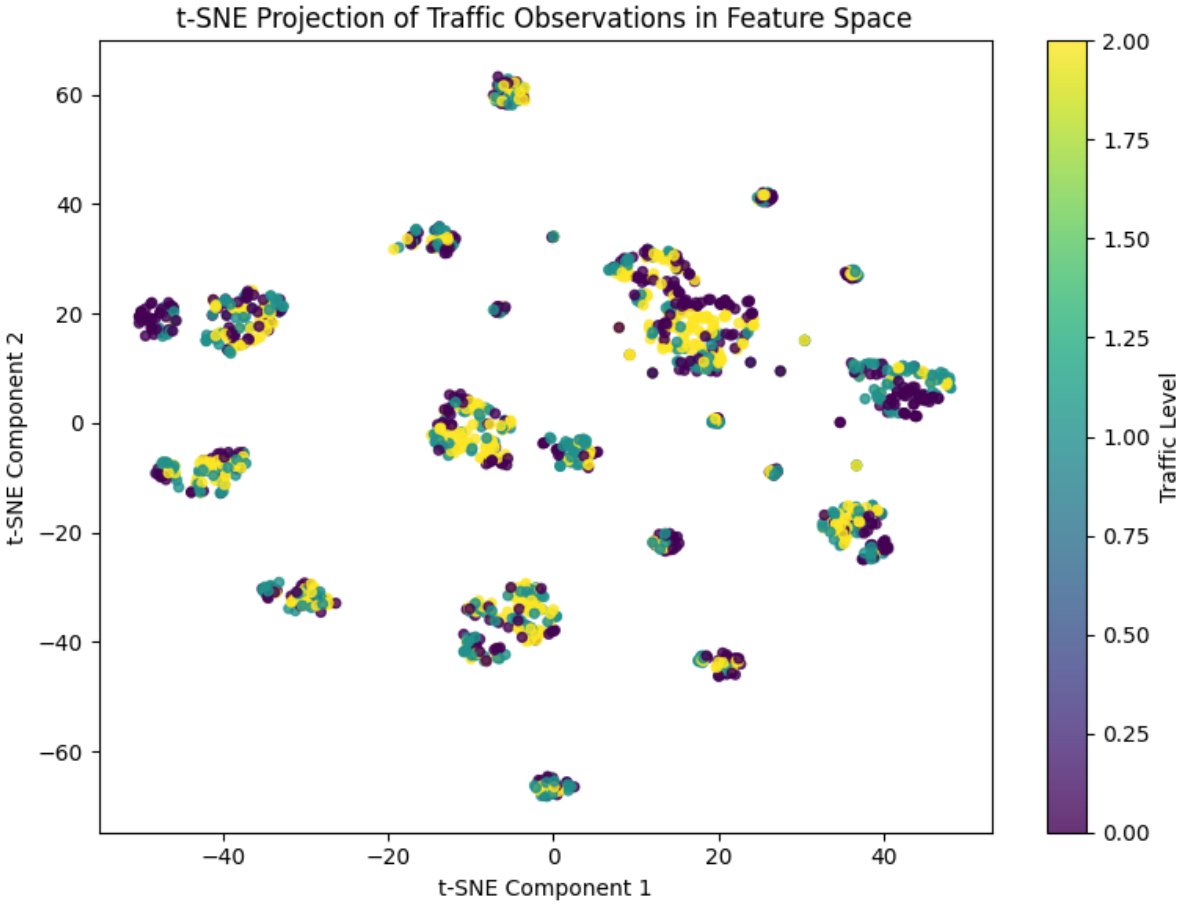


Figure 2. t-SNE projection of sampled traffic observations in the normalized feature space.

Figure 2 visualizes the structure of the normalized feature space using a t-SNE projection of sampled observations. Partial clustering patterns can be observed among different traffic levels, indicating that traffic states share meaningful similarities in temporal and environmental characteristics. At the same time, overlapping regions between classes suggest the presence of challenging boundary cases, particularly for medium traffic conditions.

3.3 Graph Neural Network Models. Two representative graph neural network architectures were evaluated in this study: Graph Convolutional Networks (GCN) [10] and GraphSAGE [11]. The GCN model updates node representations by aggregating normalized neighborhood information through graph convolution operations. The propagation rule of the GCN layer is defined as [10]:

$$H^{(l+1)} = \sigma\left(\widehat{D}^{-1/2}\hat{A}\widehat{D}^{-1/2}H^{(l)}W^{(l)}\right)$$

where $\hat{A}$denotes the adjacency matrix with self-loops, $\widehat{D}$is the corresponding degree matrix, $H^{(l)}$represents node embeddings at layer l, and $W^{(l)}$denotes trainable weight parameters. In contrast, GraphSAGE performs inductive neighbourhood aggregation through sampling-based operations [11]. The node representation update process can be summarized as:

$$h_v^{(k)} = \sigma\left(W^{(k)} \cdot \mathrm{AGGREGATE}^{(k)}\left(\{h_u^{(k-1)}, \forall u \in \mathcal{N}(v)\}\right)\right)$$

where $\mathcal{N}(v)$denotes the neighbourhood of node v. Both GNN architectures were implemented using two graph convolution layers with ReLU activation and dropout regularization. The hidden embedding dimension was fixed at 64, and the models were optimized using the Adam optimizer with cross-entropy loss.

3.4 Experimental Setup and Evaluation Strategy. To obtain a realistic evaluation setting for temporal transportation data, chronological data partitioning was employed instead of fully random train–test

splitting. Traffic observations from 2012–2016 were used for training, data from 2017 was used for validation, and observations from 2018 were reserved exclusively for testing. This evaluation strategy reduces the risk of overly optimistic performance estimates caused by temporal similarity between training and testing samples [12]. Model performance was assessed using classification accuracy and macro-averaged F1-score, with particular emphasis placed on Macro F1 due to the multi-class nature of the problem. In addition to GNN models, Random Forest [3] and XGBoost [4] were evaluated as strong classical machine learning baselines to provide a comprehensive comparison between graph-based and non-graph-based learning approaches.

4. Results

The experimental results obtained under the chronological evaluation setting are summarized in Table 1. Among all evaluated approaches, XGBoost achieved the highest overall classification performance with a Macro F1-score of 0.883, followed by Random Forest with a Macro F1-score of 0.851. The GraphSAGE model achieved a Macro F1-score of 0.801, substantially outperforming the standard GCN model, which obtained a Macro F1-score of 0.736. The results indicate that ensemble tree-based methods remain highly effective for structured traffic datasets containing strong temporal and environmental signals. In particular, XGBoost demonstrated strong capability in modeling nonlinear interactions between temporal traffic patterns and weather-related variables. Nevertheless, the graph-based approaches also provided meaningful insights into relational learning over feature-space traffic graphs. GraphSAGE consistently outperformed GCN across all evaluation metrics. This behaviour is likely related to the inductive neighborhood aggregation mechanism employed by GraphSAGE, which enables more flexible information propagation between similar traffic observations. In contrast, the standard GCN architecture appeared more sensitive to the sparse and feature-driven graph structure used in this study. Another important observation concerns the impact of evaluation strategy selection. Preliminary experiments using random train–test partitioning produced considerably higher performance values, particularly for XGBoost. However, chronological splitting yielded more realistic generalization estimates by ensuring that future traffic observations remained unseen during training. This confirms previous findings regarding the importance of temporally consistent validation strategies for transportation-related datasets [12].

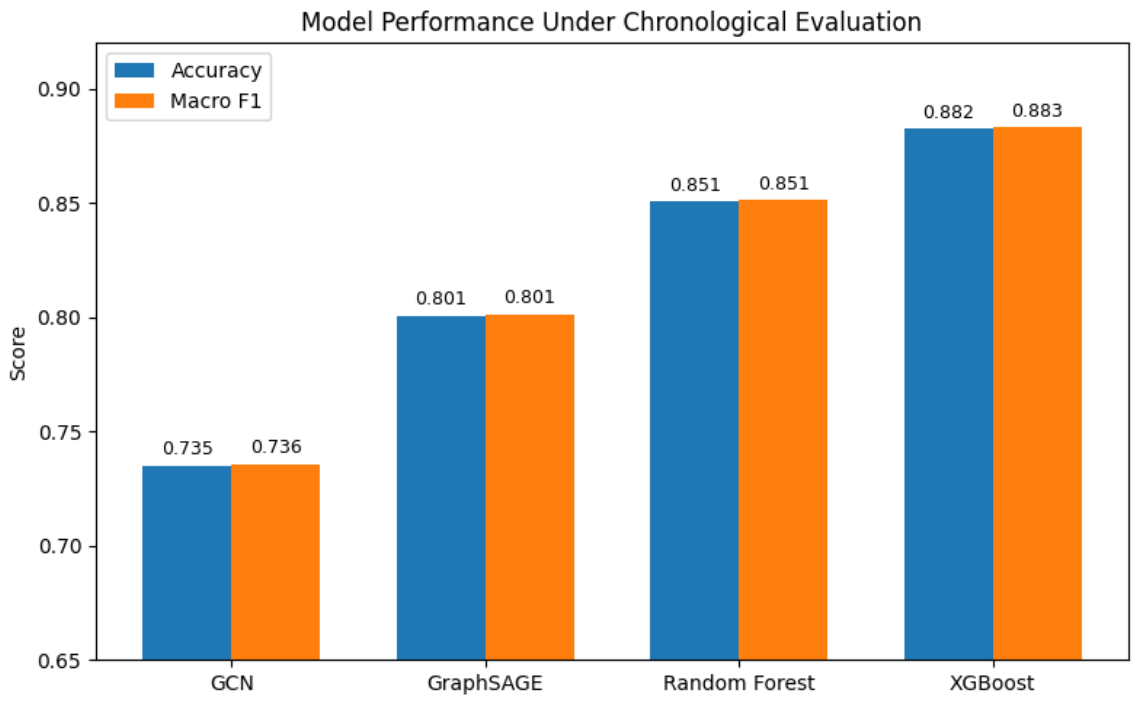


Figure 3. Model performance comparison under chronological evaluation.

Figure 3 illustrates the comparative performance of the evaluated models using Accuracy and Macro F1-score metrics. The visualization highlights the strong performance of ensemble learning methods while also demonstrating the improvement of GraphSAGE over the standard GCN architecture in feature-space graph learning.

5. Conclusion

This study presented a lightweight graph-based framework for multi-class traffic level classification using temporal and environmental traffic observations. A feature-space k-nearest neighbours graph was constructed from normalized traffic features, enabling graph neural networks to model relational similarities between traffic states without requiring explicit road-network connectivity. The experimental analysis demonstrated that classical ensemble learning methods, particularly XGBoost, achieved the strongest overall performance on the considered dataset. At the same time, GraphSAGE significantly outperformed the standard GCN architecture, indicating the practical usefulness of neighborhood aggregation strategies in feature-space traffic graphs. The findings further emphasized the importance of chronological evaluation protocols for obtaining realistic performance estimates in temporal transportation datasets. Although the proposed graph-based approach did not surpass the strongest tree-based baseline, the study highlights several promising directions for future work. More advanced graph construction strategies, adaptive edge weighting mechanisms, and spatio-temporal graph architectures may further improve relational traffic modelling performance. In addition, incorporating explicit geographic road-network information and dynamic temporal graphs could provide more expressive traffic representations for real-world intelligent transportation systems.

References

[1] Lv, Y., Duan, Y., Kang, W., Li, Z., Wang, F.Y. Traffic Flow Prediction With Big Data: A Deep Learning Approach. IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems, 2015.
[2] Vlahogianni, E.I., Karlaftis, M.G., Golias, J.C. Short-term traffic forecasting: Overview of objectives and methods. Transport Reviews, 2004.
[3] Breiman, L. Random Forests. Machine Learning, 2001.
[4] Chen, T., Guestrin, C. XGBoost: A Scalable Tree Boosting System. KDD, 2016.
[5] Wang, J., Deng, W., Guo, Y. New Bayesian combination method for short-term traffic flow forecasting. Transportation Research Part C, 2014.
[6] Wu, Z., Pan, S., Chen, F., Long, G., Zhang, C., Yu, P.S. A Comprehensive Survey on Graph Neural Networks. IEEE Transactions on Neural Networks and Learning Systems, 2021.
[7] Yu, B., Yin, H., Zhu, Z. Spatio-Temporal Graph Convolutional Networks: A Deep Learning Framework for Traffic Forecasting. IJCAI, 2018.
[8] Li, Y., Yu, R., Shahabi, C., Liu, Y. Diffusion Convolutional Recurrent Neural Network: Data-Driven Traffic Forecasting. ICLR, 2018.
[9] Wu, Z. et al. Graph WaveNet for Deep Spatial-Temporal Graph Modeling. IJCAI, 2019.
[10] Kipf, T.N., Welling, M. Semi-Supervised Classification with Graph Convolutional Networks. ICLR, 2017.
[11] Hamilton, W., Ying, Z., Leskovec, J. Inductive Representation Learning on Large Graphs. NeurIPS, 2017.
[12] Roberts, D.R. et al. Cross-validation strategies for data with temporal, spatial, hierarchical, or phylogenetic structure. Ecography, 2017.
[13] R. Gupta. *Metro Interstate Traffic Volume Dataset*. Kaggle, 2019. Available: Kaggle Metro Interstate Traffic Volume Dataset
[14] Smith, B.L., Williams, B.M., Oswald, R.K. Comparison of parametric and nonparametric models for traffic flow forecasting. Transportation Research Part C, 2002.
[15] Wu, C.H., Ho, J.M., Lee, D.T. Travel-time prediction with support vector regression. IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems, 2004.
[16] Ma, X., Tao, Z., Wang, Y., Yu, H., Wang, Y. Long short-term memory neural network for traffic speed prediction using remote microwave sensor data. Transportation Research Part C, 2015.
[17] Zhao, Z., Chen, W., Wu, X., Chen, P.C.Y., Liu, J. LSTM network: a deep learning approach for short-term traffic forecast. IET Intelligent Transport Systems, 2017.

HİSTOPATOLOJİK MEME KANSERİ ANALİZİ İÇİN REGRESYON, BAYESYEN BELİRSİZLİK VE DİKKAT TABANLI BİR KARAR DESTEK ÇERÇEVESİ

A REGRESSION, BAYESIAN UNCERTAINTY, AND ATTENTION-BASED DECISION SUPPORT FRAMEWORK FOR HISTOPATHOLOGICAL BREAST CANCER ANALYSIS

Arman GÜRDAL
Izmir Katip Celebi University, Faculty of Engineering and Architecture, Department of Software Engineering, Izmir, Turkey
ORCID: 0009-0001-7497-337X

Prof. Femin YALCIN
Izmir Katip Celebi University, Faculty of Engineering and Architecture, Department of Engineering Sciencces, Izmir, Turkey,
ORCID: 0000-0003-0602-9392

Abstract
This study proposes a deep learning-based decision support model for the automatic analysis of histopathological breast cancer images. Breast cancer is a major health problem that requires early and accurate diagnosis, and histopathological examination is one of the fundamental methods used in the diagnostic process. However, this process depends on expert interpretation and may be affected by inter-observer variability. Therefore, the development of reliable and interpretable artificial intelligence-based systems can contribute to clinical decision-making. The proposed TripleNoveltyModel combines three main components. First, instead of using only a traditional binary classification approach, the model employs a regression-based structure thatestimates a continuous malignancy risk score rather than producing only binary predictions. In this way, the system does not only classify samples as benign or malignant but also provides a continuous decision-support score associated with malignancy likelihood. Second, Bayesian uncertainty estimation is performed using Monte Carlo Dropout, allowing the reliability of model predictions to be evaluated. This feature is important for identifying uncertain or borderline cases that may require expert review. Third, Squeeze-and-Excitation attention mechanisms and Grad-CAM++ visualization are incorporated to make the decision-making process of the model more interpretable. The proposed model was evaluated on the PatchCamelyon dataset, which contains more than 327000 histopathological image patches. Experimental results show that the model achieved 88.84% accuracy, 0.9608 AUC-ROC, 0.8791 F1-score, and a Pearson correlation coefficient of 0.8184. In addition, a meaningful relationship was observed between prediction uncertainty and error. These results indicate that the proposed approach has the potential to serve as a reliable, interpretable, and uncertainty-aware decision support tool for histopathological breast cancer analysis.
Keywords: Deep Learning, Histopathology, Breast Cancer, Continuous Risk Regression, Bayesian Uncertainty

ÖZET
Bu çalışmada, histopatolojik meme kanseri görüntülerinin otomatik analizi için derin öğrenme tabanlı bir karar destek modeli önerilmektedir. Meme kanseri erken tanı gerektiren önemli bir hastalıktır ve histopatolojik değerlendirme tanı sürecinde temel yöntemlerden biridir. Ancak bu değerlendirme süreci uzman deneyimine bağlıdır ve zaman zaman gözlemciler arası farklılıklar ortaya çıkabilmektedir. Bu nedenle, güvenilir ve yorumlanabilir yapay zekâ destekli sistemlerin geliştirilmesi klinik karar süreçlerine katkı sağlayabilir. Önerilen TripleNoveltyModel, üç temel bileşeni bir araya getirmektedir. İlk olarak, geleneksel ikili sınıflandırma yaklaşımı yerine malignite düzeyini sürekli bir değer olarak tahmin eden regresyon tabanlı bir yapı kullanılmaktadır. Böylece model yalnızca iyi huylu veya kötü huylu kararı vermekle kalmayıp, malignite yoğunluğuna ilişkin daha nicel bir çıktı üretmektedir. İkinci olarak, Monte Carlo Dropout yöntemi ile Bayesçi belirsizlik tahmini yapılmakta ve model tahminlerinin güvenilirliği değerlendirilmektedir. Bu özellik, belirsiz veya sınırda kalan örneklerin uzman incelemesine yönlendirilmesi açısından önemlidir. Üçüncü olarak, Squeeze-and-Excitation dikkat mekanizması ve Grad-CAM++ görselleştirme yöntemi kullanılarak modelin karar süreci daha yorumlanabilir hâle getirilmektedir. Önerilen model, 327000'den fazla histopatolojik görüntü yaması

içeren PatchCamelyon veri kümesi üzerinde test edilmiştir. Deneysel sonuçlarda model %88.84 doğruluk, 0.9608 AUC-ROC, 0.8791 F1-skoru ve 0.8184 Pearson korelasyon katsayısı elde etmiştir. Ayrıca belirsizlik ile hata arasında anlamlı bir ilişki gözlenmiştir. Sonuçlar, önerilen yaklaşımın histopatolojik meme kanseri analizinde güvenilir, yorumlanabilir ve belirsizlik farkındalığına sahip bir karar destek aracı olarak kullanılabileceğini göstermektedir.
Anahtar Kelimeler: Derin Öğrenme, Histopatoloji, Meme Kanseri, Malignite Yoğunluğu Regresyonu, Bayesçi Belirsizlik

INTRODUCTION

Breast cancer is one of the most commonly diagnosed cancers among women worldwide (World Health Organization, 2022; Siegel et al., 2023). Early diagnosis plays a critical role in improving clinical outcomes. Although histopathological examination is one of the fundamental methods in breast cancer diagnosis, previous studies have reported variability in diagnostic agreement among pathologists (Elmore et al., 2015). Therefore, computer-aided analysis of histopathological images has become an important research area in recent years (Litjens et al., 2017). In particular, deep learning-based models have demonstrated successful results in classification, metastasis detection, and decision support applications for breast cancer histopathology images (Bejnordi et al., 2017; Aresta et al., 2019; Spanhol et al., 2016). However, the majority of existing methods suffer from three main limitations:

(1) Binary classification constraint: Conventional approaches reduce cancer diagnosis to a binary decision problem as "positive" or "negative", thus such approaches may fail to provide confidence information or a continuous risk representation that could assist clinicians in borderline cases.

(2) Lack of uncertainty estimation: Standard deep learning models produce point predictions and cannot measure how reliable their predictions are. This is a critical limitation in medical decision support systems, as low-confidence predictions should be referred to expert evaluation.

(3) Interpretability: "Black-box" models cannot provide the rationale behind their predictions; this reduces clinicians' trust.

In this study, an integrated framework is proposed to simultaneously address the limitations of conventional deep learning-based histopathological analysis systems. Rather than introducing a completely new neural network architecture, the proposed framework combines continuous risk regression, Bayesian uncertainty estimation, and attention-based interpretability within a unified decision-support model. The main contributions of this study are summarized as follows:

- Continuous Malignancy Risk Regression: Instead of producing only binary predictions, the proposed approach estimates a continuous malignancy risk score in the range of [0,1], providing a more informative representation for decision-support purposes.
- Bayesian Uncertainty Estimation: Epistemic uncertainty is quantified using the Monte Carlo Dropout approach, enabling the identification of uncertain predictions that may require additional expert review.
- Spatial Attention and Interpretability: Squeeze-and-Excitation attention mechanisms are incorporated to improve feature representation, while Grad-CAM++ visualizations provide insight into the image regions influencing model decisions.
- Unified Decision-Support Framework: The proposed approach integrates prediction, uncertainty estimation, and interpretability into a single framework designed for histopathological image analysis.

METHODOLOGY

In this section, the methodological design of the proposed deep learning framework is described in detail. The architecture integrates feature extraction, continuous malignancy risk regression, Bayesian uncertainty estimation, and attention-based interpretability within a unified pipeline.

Furthermore, the training strategy, optimization scheme, and data preprocessing steps are systematically presented to provide a clear understanding of the experimental workflow and ensure reproducibility of the results.

Method

This subsection describes the proposed method in detail. The architecture of the framework is composed of multiple modules, namely feature extraction using a CNN backbone, continuous malignancy risk regression, Bayesian uncertainty estimation via Monte Carlo Dropout, and attention-based interpretability. The following subsections present each component of the model in a structured manner.

Backbone network and feature extraction

EfficientNet-B0, pre-trained on ImageNet, is used as the feature extractor. The EfficientNet architecture provides an effective balance between accuracy and computational cost through its compound scaling strategy, which jointly scales depth, width, and resolution (Tan & Le, 2019). With approximately 5.3 million parameters, EfficientNet-B0 is considered a suitable backbone network for transfer learning with limited medical data. The input image of size $96 \times 96 \times 3$ is passed through the backbone network to obtain a feature map $F \in R^{B \times C \times H' \times W'}$, where $C = 1280$ and $H' = W' = 3$.

Continuous malignancy risk regression

Instead of the conventional binary classification approach, a regression-based formulation is proposed to estimate a continuous malignancy index (MI). The label mapping is defined as

$$MI = [0.1\ (\text{benign}), 1.0\ (\text{malignant})].$$

The model output is mapped to the range $[0.1, 1.0]$ using a scaled sigmoid activation:

$$MI_{pred} = 0.1 + 0.9 \times \sigma(z).$$

Here, $\sigma(\cdot)$ denotes the sigmoid function and z is the output of the final linear layer. The lower bound of 0.1 prevents the model from producing "zero malignancy", thereby preserving clinical realism.The PatchCamelyon dataset contains binary annotations indicating the presence or absence of tumor tissue within the central region of each image patch. Consequently, the proposed continuous malignancy risk score does not represent a clinically validated measure of tumor burden, malignancy severity, or invasion level. Instead, it should be interpreted as a model-derived decision-support score generated from binary labels. The objective of this formulation is to provide a smoother prediction space, facilitate uncertainty-aware analysis, and improve the prioritization of borderline cases that may benefit from additional expert review.

The proposed formulation offers several advantages. First, it generates a continuous risk score that can provide additional information beyond binary predictions. Second, the continuous output space promotes smoother optimization during training compared to strict binary classification. Third, the generated risk scores allow flexible post-hoc threshold selection according to different clinical decision-support requirements.

As the loss function, R-Drop regularized Mean Squared Error (MSE) is used. R-Drop is a regularization approach that aims to increase the consistency between outputs generated with different Dropout masks for the same input (Liang et al., 2021). For the same input x, predictions $\hat{y}_1$ and $\hat{y}_2$ are generated using two different Dropout masks ε_1 and ε_2:

$$L = \left(\frac{1}{2}\right)[MSE(\hat{y}_1, y) + MSE(\hat{y}_2, y)] + \alpha \times MSE(\hat{y}_1, \hat{y}_2),$$

where α is the consistency coefficient and y is the target value. The second term enforces consistency between predictions obtained from different Dropout masks, thereby preventing overfitting caused by Dropout. Additionally, label smoothing ($\varepsilon_{ls} = 0.05$) is applied:

$$\tilde{y} = (1 - \varepsilon_{ls}) \times y + \varepsilon_{ls} \times 0.5.$$

A limitation of this formulation is that the continuous risk score is derived from binary annotations rather than expert-defined pathology grading scores. Therefore, the generated scores should be interpreted as relative risk estimates rather than direct measures of pathological severity.

Bayesian uncertainty estimation (MC Dropout)

Standard deep learning models produce point predictions and lack the ability to "know what they do not know". In this study, the MC Dropout method proposed by Gal and Ghahramani (2016) is employed. This approach keeps Dropout layers active during inference and aims to estimate epistemic uncertainty via approximate Bayesian inference (Gal & Ghahramani, 2016).

During inference, Dropout layers remain active and $T = 20$ stochastic forward passes are performed for the same input x:

$$\hat{y}_{MC} = \frac{1}{T}\sum_{t=1}^{T} f(x;\ \theta, \varepsilon_t),$$

$$\sigma_{MC}^2 = \frac{1}{T}\sum_{t=1}^{T} (f(x;\ \theta, \varepsilon_t) - \hat{y}_{MC})^2.$$

Here, ε_t is the t-th Dropout mask, $\hat{y}_{MC}$ is the mean prediction, and σ_{MC}^2 represents epistemic uncertainty.

- **Architectural compatibility:** For MC Dropout to function correctly, layers that behave differently during inference (such as BatchNorm) should be avoided. Therefore, LayerNorm is preferred over BatchNorm in the regression head. The Dropout rate is set to $p = 0.4$.

Regression head architecture:

$$h_1 = LN\big(GELU(W_1 \times\ GAP(F_{SE}) +\ b_1)\big),$$

$$h_2 =\ LN\big(GELU(W_2 \times Drop(h_1) + b_2)\big),$$

$$z = W_3 \times Drop(h_2) + b_3.$$

Here, $W_1 \in R^{512\times1280}$, $W_2 \in R^{128\times512}$, $W_3 \in R^{1\times128}$, LN: LayerNorm, GAP: Global Average Pooling, $Drop$: Dropout($p = 0.4$), and GELU is (Gaussian Error Linear Unit) an activation function used in deep learning models..

Spatial attention and interpretability

The Squeeze-and-Excitation (SE) attention block provides channel-wise feature recalibration, enabling the model to focus on more informative feature channels (Hu et al., 2018). In this study, an SE block is applied to the backbone output to perform channel-wise recalibration.

$$s = \sigma\left(W_2 \times ReLU\big(W_1 \times GAP(F)\big)\right),$$

$$F_{SE} = s \odot F,$$

where $W_1 \in R^{\frac{C}{r}\times C}$, $W_2 \in R^{C\times\frac{C}{r}}$, r is the reduction ratio, ReLU is (Rectified Linear Unit) an activation function that introduces non-linearity into neural networks by outputting the input directly when it is positive and zero otherwise and $\odot$ denotes channel-wise multiplication.

For model interpretability, the Grad-CAM++ method is used. Grad-CAM++ is a gradient-based explainability technique that enables visualization of the regions influencing the decisions of convolutional neural networks (Chattopadhay et al., 2018). Spatial heatmaps are computed using the feature maps A^k of the final convolutional layer and their gradients. These maps provide the ability to verify whether the model focuses on malignant regions (e.g., tumor stroma, mitotic figures).

Training strategy

- **Progressive Unfreezing:** Inspired by the progressive unfreezing approach proposed by Howard and Ruder (2018), the backbone network layers are gradually included in training during the transfer learning process.

  Stage 0 (Epoch 1–5): Backbone is completely frozen; only the regression head is trained.
  Stage 1 (Epoch 5–8): The last two blocks of the backbone are unfrozen.

Stage 2 (Epoch 8–11): All blocks are unfrozen.
Stage 3 (Epoch 11+): All parameters are included in training.

During data augmentation, the GPU-accelerated Kornia library is used to apply ColorJitter, GaussianBlur, RandomErasing, RandomAffine, GaussianNoise, random 90° rotation, horizontal/ vertical flipping, and CutMix. CutMix is a data augmentation strategy that improves the model's ability to learn robust and localizable features by regionally combining training samples (Yun et al., 2019).

Experimental Setup

This subsection describes the experimental setup used to evaluate the proposed framework. The implementation details, dataset partitioning, training configuration, and evaluation methodology are systematically presented. Furthermore, the hardware environment, software stack, and hyperparameter selection strategy are detailed to ensure full reproducibility of the experiments.

Dataset

The PatchCamelyon (PCam) dataset, introduced by Veeling et al. (2018), was used to evaluate the proposed framework. PCam is a large-scale histopathological image dataset derived from whole-slide lymph node sections and contains 327680 image patches of size 96×96 pixels. Each image is annotated according to the presence or absence of metastatic tumor tissue within the central 32×32 pixel region. Due to its balanced class distribution and large sample size, PCam has become one of the most widely used benchmark datasets for histopathological image analysis and metastasis detection research. The distribution of samples across the training, validation, and test partitions of the PCam dataset is presented in Table 1

Partition	**Number of samples**	**Positive (%)**	**Negative (%)**
Train	262144	50.0	50.0
Validation	32768	50.0	50.0
Test	32768	50.0	50.0
Total	327680		

Table 1 Distribution of Samples Across Training, Validation, and Test Sets in the PCam Dataset

For the proposed regression formulation, the original binary annotations were transformed into continuous risk targets. This transformation was introduced solely for modeling purposes and does not imply the existence of expert-provided continuous pathology scores within the dataset. Therefore, the resulting predictions should be interpreted as continuous risk estimates rather than clinically validated malignancy grades.

Implementation details

All experiments were conducted using PyTorch 2.x on an NVIDIA RTX 4070 (12 GB VRAM). The backbone is EfficientNet-B0, pre-trained on ImageNet.The main hyperparameters and training configurations used throughout the experiments are summarized in Table 2.

Parameter	**Value**
Backbone	EfficientNet-B0 (ImageNet pre-trained)
Learning rate	2×10^{-4}
Scheduler	Cosine warmup (3 epochs)

Parameter	Value
Backbone	EfficientNet-B0 (ImageNet pre-trained)
Optimization	AdamW ($\beta_1 = 0.9, \beta_2 = 0.999$)
Weight decay	1×10^{-3}
Batch size	64 (effective 128, gradient accumulation × 2)
Maximum epochs	50
Early stopping	$Patience = 12$ (val MAE)
Loss function	R-Drop MSE ($\alpha = 1.0$)
Label smoothing	$\varepsilon = 0.05$
Dropout rate	$p = 0.4$
MC Dropout passes	$T = 20$
SE reduction ratio	$r = 16$

Table 2 Training Hyperparameters and Experimental Configuration

To ensure reproducibility, all experiments were performed using the same training, validation, and test partitions provided by the original PCam dataset. Hyperparameter selection was based on validation performance, while all final performance metrics were reported on the independent test set.

Evaluation metrics

The model performance was evaluated using the following metrics:

- Mean Absolute Error (MAE): The primary measure of regression accuracy:

$$MAE = \frac{1}{N}\sum_{i=1}^{N} |y_i - \hat{y}_i|.$$

- Pearson Correlation Coefficient (r): Measures the linear relationship between predicted and ground-truth values.
- Uncertainty-Error Correlation: Pearson correlation between MC Dropout uncertainty (σ) and absolute error ($|e|$). A positive correlation indicates that the model "knows what it does not know".
- Inference Latency: Deterministic and MC Dropout inference times (ms) for a single image.
- Classification Metrics: Accuracy, F1-score, precision, recall (sensitivity), specificity, and AUC-ROC (with threshold $\tau = 0.5$).

RESULTS

This section presents the experimental results obtained from the proposed framework. The model is evaluated using regression performance, classification metrics, and uncertainty estimation analysis. Furthermore, the effects of different experimental configurations are compared, and the contribution of each component to the overall performance is analyzed.

Regression performance:
Four experimental configurations were tested and a comparison of the evaluated experimental configurations is provided in Table 3.

Experiment	Val MAE	Test MAE	Overfitting	Epoch
D1 (B0, 30K)	0.1044	0.1240	0.84	50
D2 (B0, 100K)	0.1134	0.1559	0.73	50
D3 (B2, 262K)	0.1055	0.1294	0.41	45
D4 (B0, 262K)	0.1209	0.1368	1.16	36

Table 3 Regression Performance of Different Experimental Configurations

Among the evaluated configurations, D4 was selected as the primary experimental setup. Although D1 achieved a lower test MAE, it was trained on a substantially smaller subset of the available data. In contrast, D4 utilized the complete training dataset and demonstrated a more balanced performance profile across regression accuracy, classification metrics, uncertainty estimation, and correlation analysis. Since the primary objective of this study is not only accurate prediction but also uncertainty-aware and interpretable decision support, model selection was based on the overall framework performance rather than a single metric. From a practical deployment perspective, the results obtained using the full dataset are considered more representative and reliable.
The progressive unfreezing strategy significantly improved model performance. The most substantial improvement was observed after the backbone network became fully trainable during Stage 3, resulting in a 41% reduction in validation MAE within a single training stage. This finding highlights the importance of adapting pre-trained ImageNet features to the histopathological domain.

Classification performance:
The classification performance metrics obtained using deterministic inference and MC Dropout are summarized in Table 4.

Metric	Deterministic	MC Dropout ($T = 20$)
Accuracy	0.8881	0.8884
F1 Score	0.8786	0.8791
Precision	0.9590	0.9589
Recall	0.8107	0.8115
Specificity	0.9653	0.9653
AUC-ROC	0.9612	0.9608
Pearson r	0.8184	0.8184
MAE	0.1368	0.1383

Table 4 Classification Performance of Deterministic and MC Dropout Models

The model achieves 95.9% precision and 96.5% specificity, indicating a low false positive rate. An AUC-ROC value of 0.9612 demonstrates strong discriminative performance. The confusion matrix is as follows: $TP = 13277$, $FP = 568$, $FN = 3100$, and $TN = 15823$ (deterministic mode). The high precision and specificity values indicate that the model produces relatively few false-positive predictions, while the strong AUC-ROC score demonstrates robust discriminative capability across different classification thresholds. These findings suggest that the proposed framework maintains competitive classification performance despite being optimized primarily as a regression-based decision-support model.

Bayesian uncertainty analysis:
The uncertainty estimation results and the relationship between uncertainty and prediction error are presented in Table 5.

Metric	**Value**
Uncertainty-Error Correlation (r)	0.5039
p-value	$p < 0.001$
Mean Uncertainty (σ)	0.0113

Table 5 Bayesian Uncertainty Estimation Results

The observed positive correlation between uncertainty and prediction error ($r = 0.504$, $p < 0.001$) suggests that the proposed framework is capable of identifying samples that are more likely to be misclassified or inaccurately predicted. This behavior is desirable in clinical decision-support systems because it enables the model to express reduced confidence when encountering challenging or ambiguous cases. Consequently, uncertainty estimates can be used as an additional decision-support signal for prioritizing expert review and reducing the risk associated with overconfident incorrect predictions.
The results further demonstrate that uncertainty estimation provides complementary information beyond conventional performance metrics. While accuracy and AUC quantify overall predictive performance, uncertainty values offer insight into prediction reliability at the individual sample level. This capability may improve the transparency and trustworthiness of artificial intelligence systems deployed in medical image analysis workflows.

Inference performance:
Inference latency measurements for both operating modes are presented in Table 6.

Mode	**Mean (ms)**	**Standard Deviation (ms)**
Deterministic	16.12	2.96
MC Dropout ($T = 20$)	279.37	51.84

Table 6 Inference Time Comparison Between Deterministic and MC Dropout Modes

Deterministic inference requires approximately 16 ms per image, indicating that the proposed framework is suitable for near real-time decision-support scenarios. Although MC Dropout increases inference time due to multiple stochastic forward passes, the total processing time remains below one second per image and is therefore considered practical for offline or semi-automated clinical workflows. Uncertainty estimation using MC Dropout increases inference time by approximately 17 times ($T = 20$ forward passes), but the total runtime of 280 ms remains acceptable for clinical workflows.

Effect of progressive unfreezing

The impact of the progressive unfreezing strategy is significant. The most notable improvement is observed in Stage 3 (Epoch 12), where the backbone is fully unfrozen: validation MAE decreases by 41% in a single epoch (0.2540 → 0.1490). This demonstrates the effectiveness of adapting ImageNet features to the histopathological domain (domain adaptation).Training curves also show a clear improvement in validation MAE following the progressive unfreezing stages. In particular, including more backbone layers in training contributes to better adaptation of the model to histopathological image features. Previous studies have shown that reaching wider and more generalizable optima can improve generalization performance in deep learning models (Izmailov et al., 2018). These findings indicate that gradual adaptation of pre-trained representations can be particularly beneficial in histopathological image analysis, where domain-specific visual characteristics differ substantially from those present in natural image datasets such as ImageNet.

CONCLUSION

In this study, an integrated deep learning framework for histopathological breast cancer image analysis is proposed, combining a regression-based continuous malignancy risk score, Bayesian uncertainty estimation via MC Dropout, and a spatial attention mechanism ($\boldsymbol{SE}$ blocks): (1) continuous malignancy risk regression instead of binary classification, (2) Bayesian uncertainty estimation using MC Dropout, and (3) spatial interpretability using $\boldsymbol{SE}$ attention mechanisms.

Extensive experiments conducted on the PatchCamelyon dataset with more than 327000 images demonstrate that the proposed framework achieves strong classification performance with 88.84% accuracy and 0.9608 AUC-ROC, regression consistency with a Pearson correlation of 0.8184, a statistically significant uncertainty-error relationship ($r = 0.504$, $p < 0.001$), and real-time clinical applicability with 16 ms deterministic inference time. A more balanced learning process was achieved through regularization and progressive training strategies. These results demonstrate that the proposed integrated approach has the potential to serve as a promising and interpretable tool for clinical decision support systems in histopathological image analysis.

Despite the encouraging results, several limitations should be acknowledged. First, the proposed continuous risk score is derived from binary annotations rather than expert-defined pathology grading systems. Consequently, the generated scores should be interpreted as relative risk estimates rather than direct measurements of pathological severity. Second, the experimental evaluation was conducted on a single benchmark dataset. Additional validation on independent datasets and real-world clinical data is necessary to further assess the generalizability of the proposed framework.

REFERENCES

Aresta, G., Araújo, T., Kwok, S., et al. (2019). BACH: Grand challenge on breast cancer histology images. Medical Image Analysis, 56, 122–139.

Bejnordi, B. E., Veta, M., van Diest, P. J., et al. (2017). Diagnostic assessment of deep learning algorithms for detection of lymph node metastases in women with breast cancer. JAMA, 318(22), 2199–2210.

Chattopadhay, A., Sarkar, A., Howlader, P., & Balasubramanian, K. N. (2018). Grad-CAM++: Generalized gradient-based visual explanations for deep convolutional networks. In Proceedings of the IEEE Winter Conference on Applications of Computer Vision (WACV) (pp. 839–847).

Elmore, J. G., Longton, G. M., Carney, P. A., et al. (2015). Diagnostic concordance among pathologists interpreting breast biopsy specimens. JAMA, 313(11), 1122–1132.

Gal, Y., & Ghahramani, Z. (2016). Dropout as a Bayesian approximation: Representing model uncertainty in deep learning. In Proceedings of the 33rd International Conference on Machine Learning (ICML) (pp. 1050–1059).

Howard, J., & Ruder, S. (2018). Universal language model fine-tuning for text classification. In Proceedings of the 56th Annual Meeting of the Association for Computational Linguistics (ACL) (pp. 328–339).

Hu, J., Shen, L., & Sun, G. (2018). Squeeze-and-Excitation networks. In Proceedings of the IEEE/CVF Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR) (pp. 7132–7141).

Izmailov, P., Podoprikhin, D., Garipov, T., Vetrov, D., & Wilson, A. G. (2018). Averaging weights leads to wider optima and better generalization. In Proceedings of the Conference on Uncertainty in Artificial Intelligence (UAI) (pp. 876–885).

Liang, X., Wu, L., Li, J., et al. (2021). R-Drop: Regularized Dropout for neural networks. In Proceedings of the 35th Conference on Neural Information Processing Systems (NeurIPS) (pp. 10890–10905).

Litjens, G., Kooi, T., Bejnordi, B. E., et al. (2017). A survey on deep learning in medical image analysis. Medical Image Analysis, 42, 60–88.

Siegel, R. L., Miller, K. D., Wagle, N. S., & Jemal, A. (2023). Cancer statistics, 2023. CA: A Cancer Journal for Clinicians, 73(1), 17–48.

Spanhol, F. A., Oliveira, L. S., Petitjean, C., & Heutte, L. (2016). A dataset for breast cancer histopathological image classification. IEEE Transactions on Biomedical Engineering, 63(7), 1455–1462.

Tan, M., & Le, Q. V. (2019). EfficientNet: Rethinking model scaling for convolutional neural networks. In Proceedings of the 36th International Conference on Machine Learning (ICML) (pp. 6105–6114).

Veeling, B. S., Linmans, J., Winkels, J., Cohen, T., & Welling, M. (2018). Rotation equivariant CNNs for digital pathology. In Proceedings of the 21st International Conference on Medical Image Computing and Computer-Assisted Intervention (MICCAI) (pp. 210–218).

World Health Organization. (2022). Breast cancer. WHO fact sheets. Retrieved from https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/breast-cancer

Yun, S., Han, D., Oh, S. J., Chun, S., Choe, J., & Yoo, Y. (2019). CutMix: Regularization strategy to train strong classifiers with localizable features. In Proceedings of the IEEE/CVF International Conference on Computer Vision (ICCV) (pp. 6023–6032).

GRAPHENE OXIDE-ENHANCED CHITOSAN COMPOSITE BEADS FOR EFFICIENT CONGO RED ADSORPTION: A COMPREHENSIVE INVESTIGATION COMBINING DENSITY FUNCTIONAL THEORY (DFT) THEORETICAL ANALYSIS, RIGOROUS EXPERIMENTAL EVALUATION, AND PROCESS OPTIMIZATION USING RESPONSE SURFACE METHODOLOGY (RSM) TO ELUCIDATE ADSORPTION MECHANISMS

Soukaina El Bourachdi
Laboratory of Engineering, Electrochemistry, Modelling and Environment, Faculty of Sciences Dhar El Mehraz, Sidi Mohamed Ben Abdellah University, Fez, Morocco

Yassine Rakcho
Laboratory Materials, Processes, Environment and Quality, National School of Applied Sciences, Cadi Ayyad University (UCA), Route Sidi Bouzid BP 63, 46000 Safi, Morocco

Amal Lahkimi
Laboratory of Engineering, Electrochemistry, Modelling and Environment, Faculty of Sciences Dhar El Mehraz, Sidi Mohamed Ben Abdellah University, Fez, Morocco

ABSTRACT
In this study, graphene oxide-enhanced chitosan composite beads were developed and thoroughly investigated as an efficient adsorbent for the removal of Congo Red dye from aqueous solutions. The synthesis process was optimized using Response Surface Methodology (RSM) based on a Box–Behnken design to maximize adsorption capacity under various experimental conditions including pH, contact time, adsorbent dose, and initial dye concentration. Comprehensive characterization techniques confirmed the successful incorporation of graphene oxide into the chitosan matrix, enhancing surface area and active sites for adsorption. A theoretical insight into the adsorption mechanism was provided by Density Functional Theory (DFT) calculations, revealing the molecular-level interactions between Congo Red molecules and the composite beads, including hydrogen bonding, π–π interactions, and electrostatic attractions. The integration of experimental and theoretical approaches allowed for an in-depth understanding of the adsorption process, contributing to the design of more effective adsorbents for wastewater treatment. The results demonstrate that chitosan@graphene oxide beads are a promising, sustainable, and cost-effective material for dye removal, offering significant potential for environmental remediation applications.
Keywords : Chitosan composite beads; Box–Behnken design; DFT analysis; Wastewater treatment; Green synthesis

SUSTAINABILITY, CONSUMER ACCEPTABILITY, AND CIRCULAR ECONOMY STRATEGIES FOR FRUIT WASTE-BASED FUNCTIONAL FOODS IN ETHIOPIA

Demelash Hailu Mitiku
Addis Ababa University, Addis Ababa, Ethiopia

Ashagrie Zewdu
Addis Ababa University, Addis Ababa, Ethiopia

Abstract
Fruit waste including peels, seeds, pomace, and pulp from major fruits such as banana, mango, citrus, and avocado constitutes a significant proportion of global and Ethiopian organic waste streams, yet remains largely underutilized despite its rich composition of bioactive compounds such as dietary fiber, polyphenols, antioxidants, and essential micronutrients. This review critically examines the potential of fruit waste valorization within a circular bioeconomy framework, with a particular focus on sustainability, functional food development, and consumer acceptability in Ethiopia. Evidence indicates that fruit losses across Ethiopian value chains range from 15% to 70%, with substantial waste generated during postharvest handling, transportation, and marketing stages, especially in urban centers such as Addis Ababa. In order to demonstrate fruit waste fractions' appropriateness as inexpensive, health-promoting ingredients for functional meals and nutraceutical applications, the study summarizes the body of research on their nutritional and functional characteristics. It also examines important elements that affect customer acceptance, such as sociodemographic characteristics, sensory qualities, cultural attitudes, awareness levels, and trust, all of which have a big impact on the market's acceptance of food products made from garbage. The implementation of fruit waste valorization tactics in Ethiopia is still restricted to pilot-scale projects like composting, animal feed production, and experimental upcycling technologies, despite rising global breakthroughs in circular economy practices. Inadequate processing technology, poor infrastructure, little financial investment, policy gaps, and low consumer awareness are some of the main obstacles that have been highlighted. However, there is a great deal of opportunity for scaling sustainable innovations due to favorable circumstances, such as an abundance of raw materials, new technology, growing demand for functional foods, and chances for small and medium-sized business development. Critical research gaps are identified by the review, such as poor consumer behavior studies, weak integration of circular value chains, limited characterization of local fruit waste, insufficient waste quantification, and a lack of scalable technology. It comes to the conclusion that converting fruit waste into value-added functional foods requires a multidisciplinary, systems-oriented approach that integrates food science, engineering, economics, and policy. This will improve sustainability, nutrition, and the development of Ethiopia's circular economy.
Keywords: fruit waste, functional foods, circular economy, sustainability, Ethiopia, consumer acceptability, agro-processing

GREENING APICULTURE: MELISSOPALYNOLOGICAL INSIGHTS INTO CLIMATE-SMART HONEYBEE FORAGE MANAGEMENT FOR SUSTAINABLE BIODIVERSITY AND FOOD SYSTEMS

Prof. Dr. Shabnum Shaheen
Lahore College for Women University, Lahore, Pakistan, Faculty of Science and Technology, Department of Plant Sciences
ORCİD: ID/0000-0002-7171-6191

Abstract
Sustainable apiculture is increasingly constrained by climate variability, loss of floral diversity, and degradation of bee foraging habitats, all of which directly influence honey quality and food security. The application of melissopalynology as an analytical approach to understand honeybee forage dynamics and to support climate-smart forage management strategies is the need of time now. Pollen analysis of honey samples are used to determine the botanical composition, seasonal distribution, and ecological significance of major nectar and pollen sources exploited by honeybees. The forage diversity and landscape composition strongly affect colony performance and the stability of honey production. Melissopalynological insights allow the identification of priority plant species for habitat restoration and forage enrichment, thereby enhancing pollination services and improving the sustainability of apiculture-based food systems. By linking forage management with biodiversity conservation and climate adaptation, this work contributes to SDG 2 (Zero Hunger) through strengthened pollination-dependent food production, SDG 13 (Climate Action) by promoting resilient forage landscapes, and SDG 15 (Life on Land) through the conservation of plant diversity. The study demonstrates that melissopalynology is a valuable tool for integrating ecological evidence into sustainable and climate-responsive apicultural practices.
Keywords: Melissopalynology, Biodiversity and conservation, Honeybee flora

ENVIRONMENTAL IMPACT ASSESSMENT BASED ON PHYSICOCHEMICAL AND BIOLOGICAL INDICATORS: EVIDENCE FROM ARTANË MINE WASTE

Prof. Dr. Skender Demaku
University of Prishtina, Department of Chemistry, Faculty of Natural Science and Mathematics, University of Prishtina "Hasan Prishtina",31, "George Bush". Str., Prishtina 10000, Kosovo.
ORCID ID :0000 0001 5582 5323

Msc. Donika Sylejmani
Department of Biology, Faculty of Natural Science and Mathematics, University of Prishtina "Hasan Prishtina",31, "George Bush". Str., Prishtina 10000, Kosovo.
ORCID ID:0000-0002-9473-3939

MSc. Arbnorë Aliu
Department of Biology, Faculty of Natural Science and Mathematics, University of Prishtina "Hasan Prishtina",31, "George Bush". Str., Prishtina 10000, Kosovo.
ORCID ID: 0000-0002-3642-5583

Jetë Maliqi
Department of Chemistry, Faculty of Natural Science and Mathematics, University of Prishtina "Hasan Prishtina",31, "George Bush". Str., Prishtina 10000, Kosovo.
ORCID ID:0009 0003 5524 482X

Abstract
The assessment of chemical-physical characteristics and heavy metals in water and sediment samples collected from three places in Artanë lake, which is a part of the municipality of Artanë, is the principal goal of this study. The purpose of this study is to confirm the water quality and contamination level of the aforementioned lake, which was created by human activity during the extraction of ores and minerals. The two primary phases of the experiment were sample collection in the field or while camping, and laboratory analysis performed in the Department of Chemistry's laboratory. Three locations were selected to collect samples of water and sediment: M1 (the southern portion near Beston village), M2 (the eastern portion near Makresh and M3 (the northern region close to Prekoc). In the field, measurements were made of the lake sample's properties, including pH, transparency, electrical conductivity, scent, color, and taste, as well as the temperatures of the air and water. The UV-VIS 7600 A spectrophotometer measures the intensity of light as a light beam travels through a sample solution to determine how much a chemical compound absorbs light. Each complex absorbs or transmits light within a specific wavelength range, according to the fundamental idea. It is also possible to measure the quantity of a recognized chemical compound using this method. One of the most helpful quantitative analysis techniques in a variety of disciplines, including chemistry, physics, biochemistry, material chemical engineering, and therapeutic applications, is spectrophotometry. In the deep waters of the lake, our analysis revealed trace amounts of heavy metals, including nickel (Ni), chromium (Cr), manganese (Mn), and zinc (Zn), even though the contamination level is not very high. On the other hand, the sediment contained significant levels of manganese. Although the concentrations of heavy metals were not excessive, it was noted that their existence poses a risk to human health and the environment, when contrasting these results with data from other countries. Aquatic life and flora are negatively impacted by heavy metals, which can harm biodiversity and degrade ecosystems. Another issue that impacts fishing operations and could have negative health effects on fish eaters is the bioaccumulation of metals in fish species. Because recreational lake use may have negative effects on the brain and circulatory systems, there may be additional health hazards. In summary, the present study emphasizes the necessity of continuous monitoring and management strategies to address any hazards resulting from heavy metal pollution in recreational and ecological water bodies

Keywords: chemical – physical parameters, heavy metals, water samples, lake Artanë, Spectrophtometry

RESEARCH ON PHYSICOCHEMICAL AND BIOLOGICAL PARAMETERS, AS WELL AS HEAVY METAL LEVELS IN THE WATER AND SEDIMENT OF HERTICA ARTIFICIAL LAKE, MUNICIPALITY OF PODUJEVA

Prof. Dr. Skender Demaku
University of Prishtina, Department of Chemistry, Faculty of Natural Science and Mathematics, University of Prishtina "Hasan Prishtina",31, "George Bush". Str., Prishtina 10000, Kosovo.
ORCID ID :0000 0001 5582 5323

MSc. Arbnorë Aliu
Department of Biology, Faculty of Natural Science and Mathematics, University of Prishtina "Hasan Prishtina",31, "George Bush". Str., Prishtina 10000, Kosovo.
ORCID ID: 0000-0002-3642-5583

Msc. Donika Sylejmani
Department of Biology, Faculty of Natural Science and Mathematics, University of Prishtina "Hasan Prishtina",31, "George Bush". Str., Prishtina 10000, Kosovo.
ORCID ID:0000-0002-9473-3939

Msc. Bahrije Dobra
Department of Chemistry, Faculty of Natural Science and Mathematics, University of Prishtina "Hasan Prishtina",31, "George Bush". Str., Prishtina 10000, Kosovo.
ORCID ID:0000 0001 6774 5195

Abstract
In this work, the chemical-physical, biological parameters and the presence of heavy metals in the water and in the sediments of the artificial lake of Hërtica, in the municipality of Podujeva, are determined. The lake in question is an ecosystem of special ecological and socio-economic importance for local residents, while from historical data this area had mines in the past that today may have an impact with heavy metal pollution. the main purpose of this research is to determine the quality of water and sediment from the concentration of heavy metals present in this environment such as: arsenic (As), copper (Cu), cadmium (Cd), chromium (Cr), zinc (Zn), nickel (Ni), lead (Pb), iron (Fe) and manganese (Mn). The samples were taken from three different parts of the lake, namely one in the northern part that we mark (M1), the second in the southern side (M2) and the third sample from the western side of the lake (M3). To analyze these samples, the UV-Vis spectrophotometry method was used, while the measurements were made with the UV-Vis 7600 Photolab spectrophotometer. The results showed that most of these heavy metals are accumulated in sediment mainly, while in water these concentrations are lower. This shows that sediments also serve as reservoirs of metal pollutants and play an important role in controlling the aquatic environment. The study determined that chemical and biological factors, adsorption processes as well as physico-chemical conditions directly affect the distribution of heavy metals and the ability of bioaccumulation by aquatic organisms. The results obtained from this research provide important data on the scientific aspect that should be made for continuous monitoring and sustainable management of the aquatic ecosystem

Keywords: chemical – physical parameters, heavy metals, water samples, lake Hertica, Spectrophtometry,

RECENT ADVANCES IN GREEN CORROSION INHIBITORS: FROM FUNDAMENTAL RESEARCH TO INDUSTRIAL PRACTICE

Prof. M A Quraishi
Former Professor and Head, Department of Chemistry
Indian Institute of Technology BHU Varanasi

Abstract
Green corrosion inhibitors have emerged as sustainable alternatives to toxic corrosion control chemicals due to increasing environmental concerns and industrial demand for eco-friendly technologies. This lecture highlights recent advances in green corrosion inhibitors derived from natural products, biomass, polymers, ionic liquids, and nanomaterials for protecting metals in aggressive environments. Emphasis will be given to fundamental aspects of corrosion inhibition, including adsorption mechanisms, electrochemical studies, surface characterization, and computational approaches such as Density Functional Theory (DFT) and Molecular Dynamics (MD) simulations for understanding inhibitor–metal interactions. Industrial applications in oil and gas production, acid pickling, cooling water systems, desalination plants, and reinforced concrete structures will also be discussed. Current challenges, commercialization prospects, and future directions toward sustainable corrosion management will be highlighted, demonstrating how green inhibitor technologies bridge the gap between laboratory research and industrial practice. The lecture covers over 35 years of dedicated research conducted at IIT BHU (India) and KFUPM (Saudi Arabia), offering both scientific insight and practical perspective on sustainable corrosion control.

REFERENCES

C Verma, DS Chauhan P Banerjee, MA Quraishi, Principles and theories of green chemistry for corrosion science and engineering: design and application. C Verma, DS Chauhan P Banerjee, MA Quraishi, *Green Chemistry 26 (2024) 4270-4357. IF 10*

MA Quraishi, DS Chauhan, VS Saji Heterocyclic organic corrosion inhibitors: principles and applications 2020 (*Elsevier* ISBN NO. 97-0-12-818558-2.

C Verma, M A. Quraishi, D S Chauhan Green Corrosion Inhibition: Fundamentals, Design, Synthesis and Applications, 2022), *Royal society Chemistry* ISBN NO. 978-1-83916-746-1.

COMPARATIVE COMPOSITION OF DIFFERENT PARTS OF *ACACIA MEARNSII*

Soraıa Inês PEDRO
CERNAS-IPCB - Research Centre for Natural Resources, Environment and Society, Polytechnic Institute of Castelo Branco, Castelo Branco, Portugal
CEF - Forest Research Centre, Associate Laboratory TERRA, Instituto Superior de Agronomia, University of Lisboa, Lisboa, Portugal
ORCİD: ID/0000-0002-7934-7183,

Tiago Daniel Pereira Adriano FERNANDES
CQE - Center for Structural Chemistry, Instituto Superior Técnico for Research and Development Association (IST-ID), University of Lisboa, Lisboa, Portugal,
DCeT - Department of Science and Technology, Universidade Aberta, Lisboa, Portugal
ORCİD: ID/0000-0002-3374-612X,

Alexandra Maria Moita ANTUNES
CQE - Center for Structural Chemistry, Instituto Superior Técnico for Research and Development Association (IST-ID), University of Lisboa, Lisboa, Portugal,
ORCİD: ID/ 0000-0003-1827-7369,

Eugenia GALLARDO
RISE-Health - Department of Medical Sciences, Faculty of Health Sciences, University of Beira Interior, Covilhã, Portugal
Pharmaco-Toxicology Laboratory – UBIMedical, University of Beira Interior, Covilhã, Portugal
ORCİD: ID/0000-0002-1802-8998

Oféłıa Maria Serralha dos ANJOS
CERNAS-IPCB - Research Centre for Natural Resources, Environment and Society, Polytechnic Institute of Castelo Branco, Castelo Branco, Portugal,
CEF - Forest Research Centre, Associate Laboratory TERRA, Instituto Superior de Agronomia, University of Lisboa, Lisboa, Portugal
ORCİD: ID/0000-0003-0267-3252

Abstract
Species within the genus Acacia are recognized as invasive plants, exhibiting vigorous growth in diverse regions and posing significant threats to biodiversity and ecological balance. Considerable research has focused on the chemical composition and biological activities of different *Acacia* species and their various plant parts.
The present study aimed to identify the chemical constituents of *Acacia mearnsii* extracts and evaluate their potential for industrial uses.
Extracts obtained from flowers and pods were processed and analysed using the energised dispersive guided extraction (EDGE) technique. Analytical techniques such as high-performance liquid chromatography coupled with diode array detection (HPLC-DAD) and liquid chromatography–electrospray ionization–high-resolution tandem mass spectrometry (LC-ESI-HRMS/MS) were employed to thoroughly examine phenolic and polyphenolic compounds. The analysis enabled the identification and quantification of twenty compounds. Flower extracts exhibited a more complex chemical profile than pod extracts, particularly due to higher concentrations of vanillin, whereas rutin was more abundant in pods. Both extracts contained (+)-catechin, *p*-coumaric acid, naringenin, and quercetin.
Overall, *A. mearnsii* showed similarities to other *Acacia* species regarding the diversity of compounds present in pods. However, higher concentrations of vanillin, *p*-coumaric acid, cinnamic acid and naringenin were observed.
Keywords: Acacia, EDGE, HPLC, LC-ESI-HRMS/MS

CHEMICAL PREPARATION, CRYSTAL STRUCTURE REINVESTIGATION, AND VIBRATIONAL STUDY OF META-CARBOXYPHENYL AMMONIUM DIHYDROGENOMONOPHOSPHATE $(C_7H_4NH_3OOH)H_2PO_4$

Asst. Prof. HAMZA MAROUANI
Laboratory of Chemistry-Physics of Materials, Faculty of Sciences Ben M'Sik B. P. 7955,
Hassan II University of Casablanca, Casablanca, Morocco

Asst. Prof. El Mehdi Majdi
Laboratory of Chemistry-Physics of Materials, Faculty of Sciences Ben M'Sik B. P. 7955,
Hassan II University of Casablanca, Casablanca, Morocco

Abstract
Chemical preparation, X-ray diffraction data collection on a single crystal and IR spectroscopy studies of the monophosphate $(C_7H_4NH_3OOH)H_2PO_4$, meta-carboxyphenyl ammonium dihydrogenophosphate crystal (m-CPAMP) were developped at room temperature. The title compound crystallizes in the monoclinic system, with the centrosymmetric space group $P2_1/c$ ($Z = 4$). Its unit-cell dimensions are a = 12.9361 (7) (Å), b = 11.7735 (6) (Å), c = 6.5764 (4) (Å), β = 102.668 (2)° and V = 977.22 (9) $Å^3$. The structure determined gives a clear description of the hydrogen bonds connecting the hydrogen phosphate H_2PO_4- with the Organic matrix. In the structure of this compound, each $(H_2PO_4)^-$ aggregates with cation through hydrogen-bond interactions of O-H----O(P) and N-H⋯O(P) types, and with another $(H_2PO_4)^-$ via hydrogen bonding O1-H⋯O3, forming symmetrical $(H_4P_2O8)^{2-}$ anionic units.The Infrared spectrum of $(C_7H_4NH_3OOH)H_2PO_4$ compound is studied in comparison to that of the cation $C_7H_4NH_3OOH$ considered in its free symmetry.
ery successful in the international movement of commodity and raw material trade, but it seems not possible to say that it was very successful in the trade of services, digital products or data streams especially in the 21st century. This indicates that the world economy may be at the peak of a new wave of trade freedom, integration or globalization. The purpose of this study is that it reveals that the integration of the global trade system has not ended, and that there are clear signs that a completely new stage of globalization has been passed.
Keywords: Monophosphate, Chemical preparation, Powder diffraction, Crystal structure, Infrared, Raman Spectroscopy

MORPHOLOGY AND OPTICAL PROPERTIES OF CDSE;0.5%HO NANOLAYERS GAINED BY PULSE LASER DEPOSITION METHOD

Dr. Seyfaddin JAFAROV
Nakhchivan State University, Nakhchivan city, Azerbaijan, Faculty of Physics and Mathematics ,
ORCID ID: 0009-0000-1609-0387

ABSTRACT
The effect of substrate temperature and laser wavelength on the surface morphology and optical properties of CdSe;0.5%Ho films obtained by pulsed laser deposition was studied using X-ray microanalysis, atomic force microscopy (AFM), and optical spectroscopy. A close relationship between substrate temperature and surface morphology, as well as the optical band gap of CdSe;0.5%Ho films, was demonstrated. Higher temperatures in combination with 1064 nm laser irradiation allowed the production of films with optimal physical properties on glass substrates. Thin CdSe;0.5%Ho films were produced on glass substrates using pulsed laser deposition at different substrate temperatures and laser wavelengths. Analysis of atomic force microscopy and optical spectroscopy data revealed the effect of deposition conditions on the surface morphology, roughness parameters, and optical properties of the studied samples. Thin CdSe;0.5%Ho films produced by pulsed laser deposition at a substrate temperature of 300°C and a laser wavelength of 1064 nm exhibit optimal physical properties for use in thin-film solar cells and photodetectors.
Keywords: thin films, CdSe;0.5%Ho, roughness parameters, optical properties.

INTRODUCTION
Holmium-doped (Ho) cadmium selenide (CdSe;0.5%Ho) is a flat-gap semiconductor with a band gap of approximately 1.5 eV at room temperature, a high optical absorption coefficient (> 〖10〗^5 〖cm 〗^(-1)) and the ability to exhibit p- or n-type conductivity [Sinha, T. (2019).],. The combination of these properties allows the use of thin CdSe;0.5%Ho layers to create opto-microelectronic devices [. Bibin, J. (2022).],]. It is known that the physical properties of such devices can be affected by the morphology of the heterostructure boundaries, which in turn depends on the technological parameters of the synthesis of thin-film materials [A.Salavei[et al.] (2013).//]. Various methods are used to synthesize CdSe;0.5%Ho thin films: electrochemical deposition, vacuum sputtering [Podlipnov, V. V. (2022).], atomic layer deposition [Romeo, A.CdSe (2021)], pulsed laser deposition (PLD) [Keitoku, S. CdS/CdTe (1994).], etc. However, most methods for creating polycrystalline CdSe;0.5%Ho films require high synthesis temperatures (450–600°C), which can lead to a violation of their stoichiometry [Sinha, T. (2019).], which is especially important for the subsequent use of the films. Therefore, we used the pulsed laser deposition method, which allows for high-precision control of the properties of the deposited material while using low synthesis temperatures. In the works on the synthesis of CdSe;0.5%Ho layers by the PLD method, known to the authors, there is no comprehensive study of the effect of deposition process parameters on the optical properties and morphological characteristics of CdSe;0.5%Ho layers [. Keitoku, S. CdS/CdTe (1994).]. The aim of this work is to investigate the effect of substrate temperature and laser wavelength on the surface morphology and optical properties of CdSe;0.5%Ho thin layers obtained by the PLD method on glass substrates. Experimental procedure. CdSe;0.5%Ho thin layers were obtained by the PLD method on glass substrates at substrate temperatures of 100, 200 and 300°C [P. V. Shevchik [et al.] (2024).]. A YAG:Nd3+ laser with a wavelength of 1064 nm and a Solid-State Q-Switched Laser AO-K-1202 (China) with a wavelength of 1200 nm and a second harmonic of 600 nm were used as the energy source. In all cases, the operating pressure was constant at 5.3 × 10–3 Pa, and the radiation intensity at the CdTe target was ~2 × 〖10〗^8 W/〖cm〗^2. In all cases, the duration and energy of a single pulse were 30 ns and 0.35 J, respectively. The repetition rate of the laser pulses was 0.16 Hz, and the total number of pulses remained constant throughout the film deposition process - 200. The elemental composition of the samples was obtained using X-ray microanalysis on a ZEISSEVO 10 electron microscope with AZtecLive Advanced with Ultim Max 40 attachment. The surface morphology was studied using atomic force microscopy (AFM) on an NT 206 microscope (Microtestmachines Co., Belarus).

The film thickness was determined from the micrographs of the sections obtained on an S-4800 scanning electron microscope (Hitachi).
The samples were examined using optical spectroscopy on a Photon RT SN:22719 spectrophotometer.
Results and discussion. Table 1 presents the elemental composition and thickness of CdSe;0.5%Ho thin films as a function of substrate temperature and laser wavelength. Increasing the substrate temperature from 100 to 300ºC leads to an increase in the Cd/Se ratio, regardless of the laser wavelength used. For CdSe;0.5%Ho films deposited at λ=1064 nm, a sharper increase in the Cd/Se ratio is observed compared to films deposited at wavelengths of 600 and 1200 nm. The decrease in Se content in the layers with increasing substrate temperature is probably due to the re-evaporation of Se atoms from the surface of the growing layer [Keitoku, S. CdS/CdTe (1994).] .

Table 1 – Elemental composition and thickness of CdSe;0.5%Ho thin films obtained by the pulsed laser deposition (PLD) method, as a function of laser wavelength (λ) and substrate temperature (T)

Sample series №	λ,нм	T,ºC	Thickness, nm	Element compositioni %		Atomic ratioCd/Se
				Cd	Se+Ho	
1	600	100	102	47.9	52.1	0.92
2		200	321	48.1	51.9	0.93
3		300	223	48.7	51.3	0.95
4	1064	100	324	48.1	51.9	0.93
5		200	341	50.7	49.3	1.03
6		300	401	58.4	41.6	1.40
7	1200	100	151	47.8	52.2	0.92
8		200	173	48.7	51.3	0.95
9		300	204	49.7	50.3	0.97

AQM images of the surface of CdSe;0.5%Ho thin films, regardless of the technological parameters of their deposition, are characterized by a predominantly fine-grained structure (Fig. 1). In addition, the surface relief and grain size depend on the substrate temperature and the wavelength of laser radiation [11. 2013. – Vol. 178, No. 11]. Increasing the substrate temperature at a constant wavelength leads to the formation of a more uniform surface structure of thin CdSe;0.5%Ho thin films, consisting of grains of approximately the same size. This pattern is due to the growth and aggregation of grains and, as a result, an increase in the substrate temperature, a decrease in the depth of the intergrain boundaries and a densification of the film layer. For CdSe;0.5%Ho thin films obtained by laser irradiation at a wavelength of 600 nm, in contrast to films deposited at λ = 1064 nm, single large grains with a length of up to 500 nm are present on the surface. When using short-wavelength laser radiation, the particles evaporated from the target surface have low energy, which creates difficulties in particle migration and grain growth on the substrate surface, especially at low temperatures (100 °C). This contributes to the formation of single large grains on the film surface. When using long-wavelength laser radiation (1200 nm), more intensive evaporation of the material from the target surface occurs, as a result of which partially coalesced large clusters precipitate, and at the same time large protrusions in the form of grains are preserved on the film surface. In addition, the presence of such large grains on the surface of CdTe films may be associated with the "bounce" effect due to the nature of the PLD method. This is due to the fact that the laser pulse causes intensive melting and evaporation of the target, which in turn leads to the ejection of large droplets and material clusters [. Chrisey, D. B.(1994).]. These macroparticles, falling on the substrate, solidify in the form of defects. However, no such effect is observed for CdSe;0.5%Ho thin film samples obtained by laser irradiation at 1064 nm. Considering this and the above-mentioned AQM results, it can be noted that the wavelength of 1064 nm laser irradiation is optimal for obtaining thin CdSe;0.5%Ho films by pulsed laser deposition.

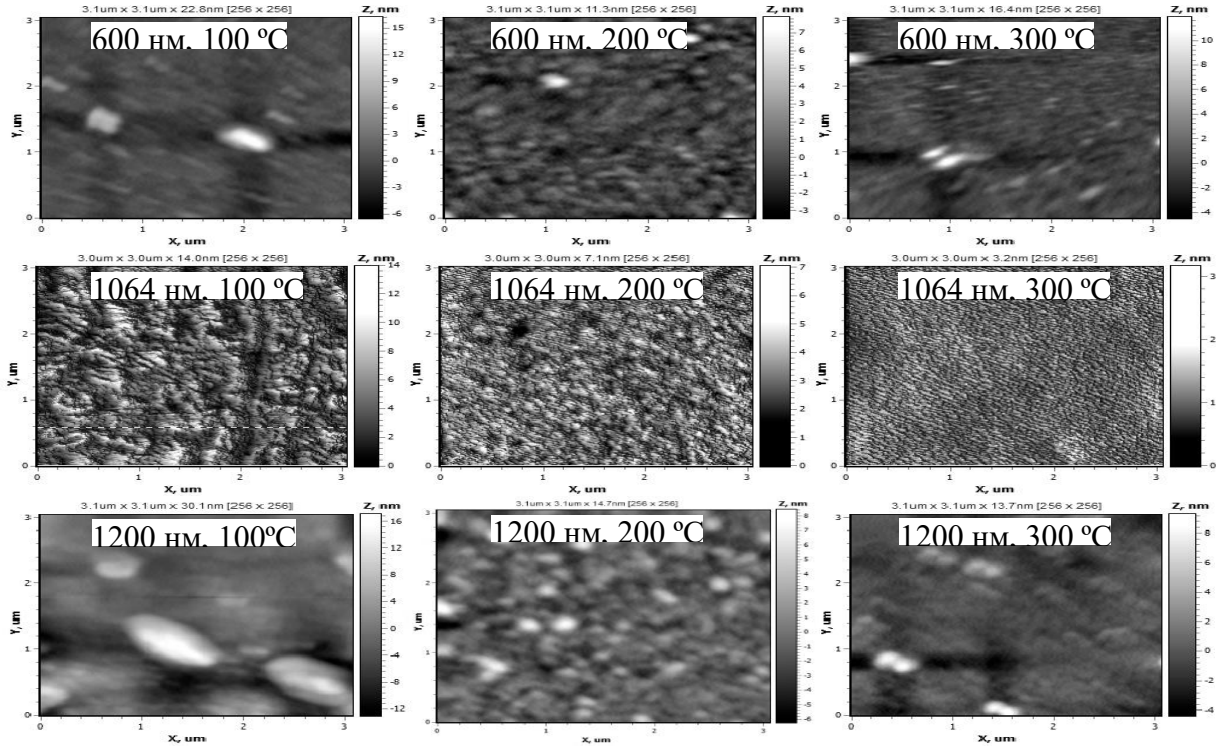


Figure 1 – AQM images of the surface of CdSe;0.5%Ho thin films on glass substrates, obtained at laser wavelengths of 600, 1064 and 1200 nm and substrate temperatures of 100, 200 and 300ºC.

The data presented in Table 2 show that the process parameters for the deposition of CdSe;0.5%Ho thin films have almost no effect on their surface roughness. However, when using lasers with λ = 1064 and 1200 nm, a tendency for the roughness to decrease with increasing substrate temperature is observed. In addition, when using λ = 1064 nm, the surface roughness difference (Z) decreases by a factor of 7 as the temperature increases from 100 to 300ºC, while in other cases it first increases and then decreases. This dependence is due to the growth of grains and the aggregation of small grains into larger grains, which leads to a decrease in the height of intergranular boundaries and profile roughness [13. 2012.–№ 213.–P.84–89.]. The tendency of the surface roughness parameters of the films to increase with increasing wavelength of laser radiation can also be observed at low temperatures (100ºC). This is due to the precipitation of larger clusters with increasing wavelength of laser radiation, as described above, which is especially evident for low substrate temperatures. Because at this temperature, unlike 200 and 300ºC, the coalescence or agglomeration of precipitated particles to the substrate does not occur so quickly. For CdSe;0.5%Ho thin films obtained at a constant substrate temperature of 100ºC, increasing the laser wavelength first increases and then decreases the surface roughness, while at other temperatures (200ºC and 300ºC) the opposite pattern is observed. The highest roughness parameters were characteristic of samples obtained at 100ºC with λ = 1200 nm, while the lowest values were observed for samples obtained at 200°C and 300°C for laser irradiation with λ = 1064 nm.

Table 2 - Arithmetic mean (Ra) and root mean square (Rq) roughness values, as well as the maximum surface roughness (Z) of CdSe;0.5%Ho thin films obtained at different laser wavelengths (λ) and substrate temperatures (T). Substrate roughness parameters: Ra = 1.20 nm, Rq = 2.55 nm, Z = 49.00 nm

№	1	2	3	4	5	6	7	8	9
λ, нм	600			1064			1200		
T, ºC	100	200	300	100	200	300	100	200	300
R_a,nm	1.7	1.3	1.6	1.9	1.3	0.5	2.7	1.8	1.8
R_q,nm	3.1	2.5	3.0	2.4	1.6	0.6	4.8	3.4	3.1
Z, nm	42.2	65.8	55.2	55.2	20.3	7.7	49.8	82.4	38.6

Figures 2 and 3 show the transmission and reflection spectra of CdSe;0.5%Ho thin films obtained at different laser wavelengths and substrate temperatures. The maximum transmission value for all studied samples corresponds to 80–85%. In the long-wavelength region (outside the intrinsic absorption region), interference patterns are observed in all transmission and reflection spectra. This is direct evidence that the obtained films have an optically smooth surface, uniform thickness, and a sharp and clear interface with the substrate. The absorption edge, where a sharp decrease in transmission and an increase in absorption occur, is clearly defined for all samples. Its position strongly depends on the deposition parameters [10]–[12], [14]. At low substrate temperatures (up to 200°C), the absorption edge shifts to higher energies (blue shift), the transmission decreases in the transparency region, and the interference pattern becomes less pronounced. This is a result of the formation of a fine-grained or nanocrystalline structure with a large number of grain boundary defects[12].

When using a high substrate temperature (300°C), the absorption edge shifts to longer wavelengths (red shift), increasing the transmittance in the transparent region, and the interference pattern becomes sharper and more contrasting, with a greater number of oscillations. The high temperature provides sufficient surface mobility of the adsorbed atoms, which leads to an increase in grain size, improved crystal quality, and reduced stress [11. – 2013. – Vol. 178, No. 11.]. The films become denser, smoother, and more uniform, which is reflected in the spectra. The use of lasers with wavelengths of λ = 600 and 1064 nm (Fig. 2 and 3) allows us to observe a well-defined interference pattern with a high contrast between the maximum and minimum in the spectra. This indicates the formation of smooth, dense, and uniform films. Films obtained using this wavelength have the best optical properties, which is associated with more efficient and controlled ablation of the target and leads to the formation of a plasma with finely dispersed, high-energy particles [Chrisey, D. B. (1994).].

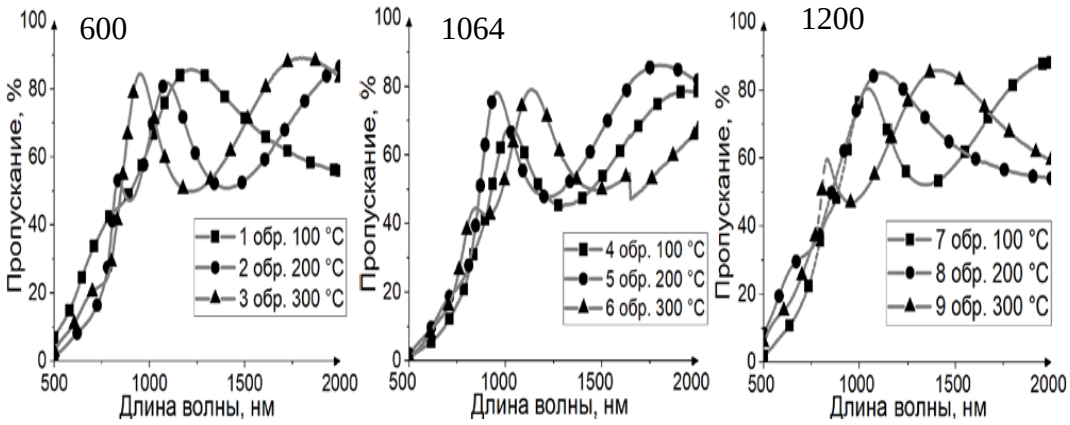


Figure 2 – Transmission spectra of CdSe;0.5%Ho thin films obtained at different laser wavelengths and substrate temperatures

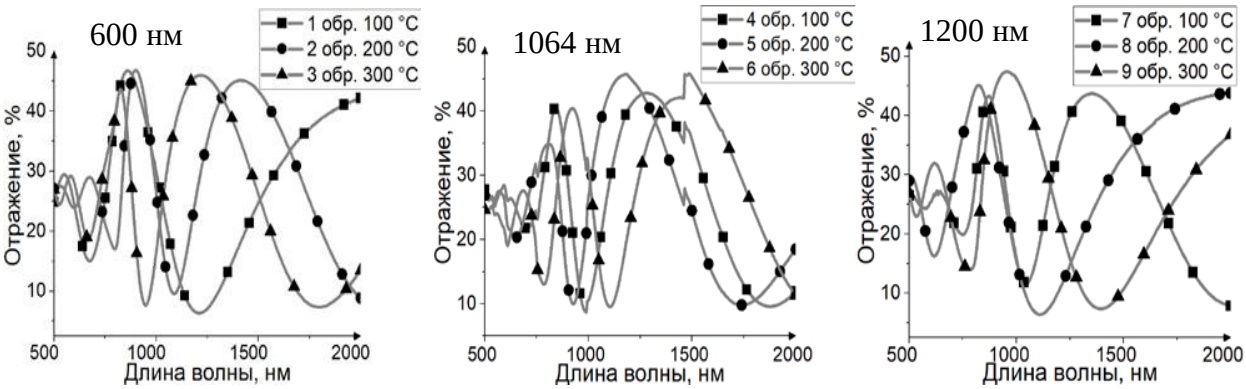


Figure 3 – Reflection spectra of CdSe;0.5%Ho thin films obtained at different laser wavelengths and substrate temperatures

When using a laser with a wavelength of 1200 nm (Fig. 2, 3), the interference pattern is less pronounced, especially at low temperatures (the contrast between peaks and troughs is low in samples 7, 8). This is an indication of increased surface roughness and/or layer thickness non-uniformity. This morphology is typical for the ablation regime when using IR lasers, when large microdroplets and clusters of target material can be ejected [Chrisey, D. B.(1994).]. The optical band gap (Eg) of the obtained CdSe;0.5%Ho layers was estimated from the dependence of the intrinsic absorption coefficient on the photon energy ((αhν))^2 = A(hν – E), where A is a constant and hν is the photon energy. The optical absorption coefficient ν was calculated by formula (1) based on the transmission and reflection spectra [Peter, Y.Yu.(2010).]. By extrapolating the linear part of the graph of the dependence on photon energy, the band gap was determined according to the Tauc method (Figure 4). For other samples, the dependence of ((αhν))^2 on hν did not differ from that shown in Figure 4.

$$a = \frac{1}{d} ln \frac{1-R}{T}$$

where α is the optical absorption coefficient, d is the layer thickness, and R and T are the reflection and transmission coefficients, respectively

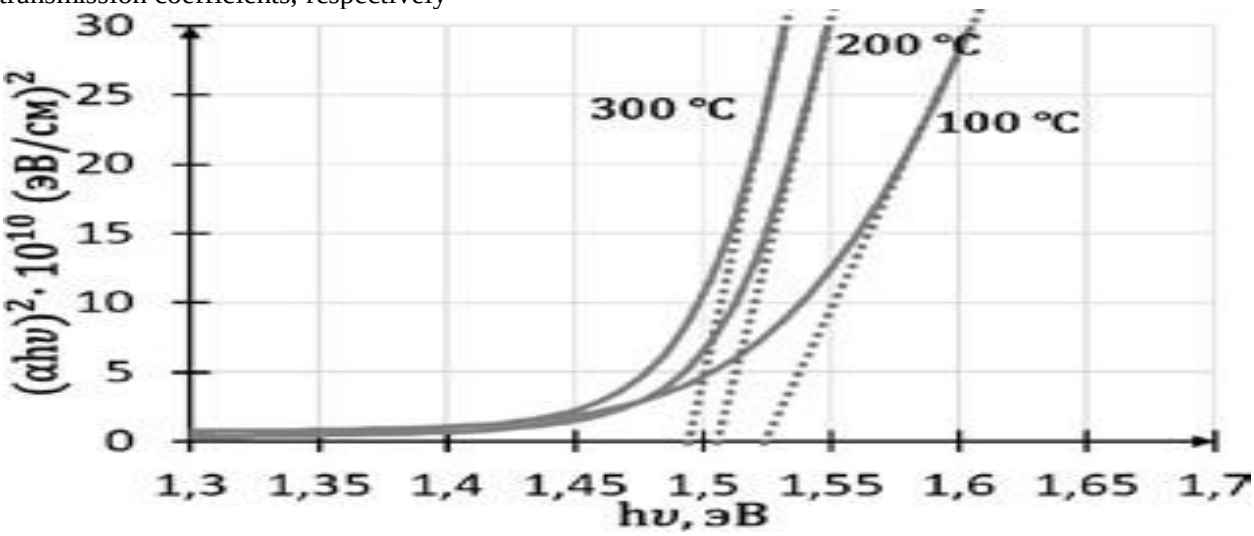


Figure 4 – Dependence of (αhν)2 on hν for determining the band gap (λ = 1200 nm)

The results presented in Table 3 show that for all wavelengths used, the band gap width decreases monotonically as the substrate temperature increases from 100°C to 300°C, which is consistent with the data in [12. 2012. – No. 407. – P. 4214–4220]. At low temperatures, due to the small grain size, a quantum size effect may occur, which leads to an increase in the band gap [19]. As the substrate temperature increases, the grain size increases and this effect disappears. In films grown on a colder substrate, due to the difference in the thermal expansion coefficients of the substrate and the film, there is a high density of defects (voids, interstitial atoms) and internal mechanical stresses. Defects create additional states in the band gap, and strains distort the crystal lattice, increasing the band gap [122012. – No. 407. – P. 4214–4220.]. High temperature provides sufficient mobility of adsorbed atoms to form a regular crystal lattice. The film transitions from an amorphous or nanocrystalline state to a polycrystalline state with large grains, which leads to a decrease in the band gap [13. .–2012.–No. 213.– P.84–89].

Table 3 – Band gap values of CdSe;0.5%Ho thin films obtained by PLD as a function of laser wavelength and substrate temperature (sample number in parentheses) Changing the laser wavelength from 600 to 1200 nm leads to a decrease in the Eg value first, and then to an increase, regardless of the substrate temperature. This is probably due to the use of different lasers resulting in films with different surface morphologies [19]. Special attention should be paid to the characteristic splash effect of films obtained by the PLD method and the formation of droplet defects on the film surface. As mentioned above, thin CdSe;0.5%Ho films obtained at a laser wavelength of 1064 nm have better surface morphology compared to other samples and, as can be seen from Table 3, are characterized by the smallest optical

band gap. The calculated band gap values for the CdSe;0.5%Ho films deposited in this work are in good agreement with data from other publications (1.4–1.5 eV).

Laser wavelength .nm	Temperature,°C		
	100	200	300
600	1,52эВ(№1)	1,50эВ(№2)	1,49эВ(№3)
1064	1,48эВ(№4)	1,47эВ(№5)	1,46эВ(№6)
1200	1,53эВ(№7)	1,51эВ(№8)	1,49эВ(№9)

CONCLUSION

Thin CdSe;0.5%Ho films were obtained on glass substrates using pulsed laser deposition at different substrate temperatures and laser wavelengths. Analysis of atomic force microscopy and optical spectroscopy data revealed the effect of deposition conditions on the surface morphology, roughness parameters, and optical properties of the studied samples. It was found that high temperature and 1064 nm laser wavelength contribute to the formation of improved surface morphology with the lowest degree of roughness in CdSe;0.5%Ho thin films. It is shown that the band gap width for all studied samples decreases monotonically with increasing substrate temperature. Thin CdSe;0.5%Ho films obtained by pulsed laser deposition at a substrate temperature of 300°C and a laser wavelength of 1064 nm have the most optimal physical properties for subsequent use in thin-film solar cells and photodetectors.

REFERENCES

1. Sinha, T. (2019).A review on improving the performance of CdSe/CdS thin film solar cells through optimization of structural parameters / T. Sinha, D. Lilhare, A. Khare // J. Mater. Sci. - . - Vol. 54. - P. 12189-12205.
2. Podlipnov, V. V. (2022).Structural and optical properties of CdTe thin films in the visible and infrared ranges / V. V. Podlipnov, D. A. Bykov, D. V. Nesterenko // Computer Optics. - . - Vol. 46, No. 3. - P. 415-421.
3. Bibin, J. (2022).A comprehensive review on CdTecrystals: Growth, Properties and Photovoltaic Application /J. Bibin, S. Varadharajaperumal // Turk. J. Elec. Eng. & Comp. Sci. – . – No. 2. – P. 180–196.
4. Growth, Structure and Surface Morphology of CdTe Epitaxial Films / I. R. Nuriyev [et al.] // Physics and Technology of Semiconductors. – 2017. – Vol. 51, No. 1. – P. 36–39.
5. Photoelectric Properties of (p)InSb-(n)CdTe Heterojunction / L. A. Matevosyan [et al.] // Advances in Applied Physics. – 2014. – Vol. 2, No. 4. – P. 403–406.
6. Effect of CdSe Thickness on Structural and Electrical Properties of CdTe/CdSe Solar Cells/ A.Salavei[et al.] (2013).// ThinSolidFilms.–.–№ 535.–P.257–260.
7. Romeo, A.CdSe (2021) Based Thin Film Solar Cells: Past, Present and Future/A. Romeo, A.E.Artegiani//Energies.–2021.–Vol. 14, is.6.–P.1684–1708.
8. Dipmala, P. S.(2021). Electrodeposition and characterization of CdTe thin films for photovoltaic applications / P. S. Dipmala, B. C. Nandu // Today's materials: Proceedings. – . – № 42. – P. 1647–1650.
9. Room Temperature Potential ImpulsALD Stoichiometric CdSe Nanolayers Fabrication/ X.Zhang[etal.]//Journal of the Electrochemical Society.–2019.–Vol.166.–P.1–9.
10. CdTe Thin Films Grown by Pulsed Laser Deposition Using Powder Target: Effect of Substrate Temperature / F. de Moure-Flores [et al.] // Journal of Crystal Growth. – 2014. – Vol. 386. – P. 27–31.
11. Preparation and Characterization of Pulsed Laser Deposited CdTe Thin Films at Higher FTO Substrate Temperature and Ar + O2 Atmosphere / C. Ding [et al.] // Materials Science and Engineering B. – 2013. – Vol. 178, No. 11. – P. 801–806.
12. Studies on CdTe films deposited by pulsed laser deposition technique / B. Ghosh [et al.] // Physica B: Condensed Matter. – 2012. – No. 407. – P. 4214–4220.
13. Effect of substrate temperature on the properties of CdSe thin films deposited by pulsed laser deposition technique/P.Hu[et al.]//Surface&CoatingsTechnology13..

14. Effect of pulsed bias voltages on the performance of CdTe thin film solar cells prepared by pulsed laser deposition technique / D. Wang [et al.] // Solar Energy. – 2021. – No. 213. – P. 118–125.
15. Keitoku, S. CdS/CdTe (1994). preparation of a solar cell by laser ablation / S. Keitoku, H. Ezumi // Solar Energy Materials and Solar Batteries. – 1994. – No. 35. – P. 299–303.
16. Elemental and phase composition of cadmium telluride films obtained by pulsed laser deposition / P. V. Shevchik [et al.] (2024).// Youth in Science 2024: XXI International Scientific Conference, Minsk, October 29–31, 2024 / Belarusian Ministry of Foreign Affairs. – Minsk, 2024. – P. 419–421.
17. Study of CdTe thin films using scanning electron and atomic force microscopy / P. V. Shevchik [et al.] // Actual problems of solid-state physics: collection of reports. XI International Scientific Conference, Minsk, 19–23 May 2025 / State Scientific and Practical Center for Materials Science of the National Academy of Sciences of Belarus; editorial board: V. M. Fedosyuk (chairman) [et al.]. – Minsk, 2025. – pp. 274–277.
18. The influence of technological conditions on the crystal structure of CdTe thin films obtained by pulsed laser deposition / P. V. Shevchik [et al.] // Actual problems of solid-state physics: collection of reports. XI International Scientific Conference, Minsk, 19–23 May 2025 / State Scientific and Practical Center for Materials Science of the National Academy of Sciences of Belarus; editorial board: V. M. Fedosyuk (chairman) [et al.]. – Minsk, 2025. – pp. 278–281.
19. Chrisey, D. B.(1994). Pulsed Laser Deposition of Thin Films / D. B. Chrisey, G. K. Hubler (eds.). – Wiley, New York, . – 605 p.
20. Peter, Y.Yu.(2010). Fundamentals of Semiconductors: Physics and Properties of Materials/Y.YuPeter,M. Cardona. – Berlin, Heidelberg: Springer, . – IV, 793 p.

CHARACTERISATION OF THE VOLATILE COMPOSITION OF AGEING *ARBUTUS UNEDO* FRUIT SPIRIT WITH CHROMATOGRAPHIC AND SPECTROSCOPIC TECHNIQUES

Carlos A. L. ANTUNES
School of Agriculture, Castelo Branco Polytechnic Institute, Portugal
ORCİD: ID/0000-0002-3135-7446

Soraıa Inês PEDRO
CERNAS-IPCB-Research Centre for Natural Resources, Environment and Society, Polytechnic Institute of Castelo Branco, Castelo Branco, Portugal, CBPBI - Centre for Biotechnology of Plants of Beira Interior Castelo Branco, Portugal, CEF - Forest Research Centre, Centre for Forestry Studies, Associate Laboratory TERRA, Instituto Superior de Agronomia, University of Lisboa, Lisboa, Portugal
ORCİD: ID/0000-0002-7934-7183

Ilda CALDEİRA
National Institute for Agricultural and Veterinary Research (INIAV), Dois Portos Innovation Hub, Quinta de Almoinha, 2565-191 Dois Portos, Portugal, Mediterranean Institute for Agriculture, Environment and Development (MED), Global Change and Sustainability Institute (CHANGE), Universidade de Évora, Pólo da Mitra, Ap. 94, 7006-554 Évora, Portugal;
ORCİD: ID/ 0000-0003-2151-2008

Ofélia ANJOS
CERNAS-IPCB-Research Centre for Natural Resources, Environment and Society, Polytechnic Institute of Castelo Branco, Castelo Branco, Portugal, CEF - Forest Research Centre, Centre for Forestry Studies, Associate Laboratory TERRA, Instituto Superior de Agronomia, University of Lisboa, Lisboa, Portugal
CBPBI - Centre for Biotechnology of Plants of Beira Interior Castelo Branco, Portugal
ORCİD: ID/ 0000-0003-0267-3252

Abstract
Arbutus unedo spirit (AS) is a traditional alcoholic drink from Mediterranean countries, typically produced without wood ageing. However, there is now a trend towards innovation and the exploration of new market opportunities for this beverage. This study aimed to find a simpler, more cost-effective way to differentiate the volatile compositions, particularly methanol, ethyl acetate, acetaldehyde, and higher alcohols, across samples aged with wood over different time periods and at different wood toasting levels. For this purpose, AS samples aged for three and six months with oak wood with three toasting levels (light, medium, and medium plus), were analysed.
Regarding its volatile composition, identified by GC-MS and quantified by GC-FID, and its sensory analysis, a previous study showed that these modalities are relatively easy to distinguish. The best results were achieved with oak wood that had medium toasting levels during three months of ageing. Based on these findings, all samples were further analysed using FTIR-ATR, FT-RAMAN and FT-NIR.
Suitable chemometric methods were applied to derive insights from the spectral data. Principal component analysis (PCA) of the spectra helped differentiate among the various sample groups in this experimental setup. This analysis was conducted using Unscrambler® X, version 10.5.46461.632 (CAMO Software AS, Oslo, Norway). For spectral collection and preliminary assessment, the software OPUS®, version 7.5.18 (Bruker Optik, Germany) was employed.
The spectra obtained with each methodology were similar to those reported for other similar spirits. The observed bands show a strong influence from the various compounds, mainly alcohols, present in this matrix.
The results showed an improvement in the quality of Arbutus unedo spirit with wood contact, mainly reflected in sensory attributes. All vibrational techniques could differentiate AS, but FTIR-ATR showed higher potential for distinguishing ageing times and the three toasting levels.
Keywords: *Arbustus unedo*; Spectroscopy; Volatile compounds; Chemometrics; Wood ageing.

DETERMINATION OF PROXIMATE AND MINERAL COMPOSITIONS OF SOME SELECTED NIGERIAN POLY-HERBAL FORMULATIONS

Mr. Omu Okiemute
Department of Science Laboratory Technology Federal Polytechnic, Ekowe, Bayelsa State, Nigeria.

Dr. Odangowei Inetiminebi Ogidi
Department of Biochemistry, Bayelsa Medical University, Bayelsa State, Nigeria
ORCID: 0000-0002-9961-893X

ABSTRACT
The study was carried out to determine proximate, and mineral compositions of selected Nigerian poly-herbal formulations (Ruzu, Goko, Yoyo, and Jalin) in order to validate their nutritive value. Proximate and mineral analyses were conducted using standard methods recommended by the Association of Official Analytical Chemists (AOAC). The proximate results showed marked variation among the samples. Moisture content was highest in Goko (18.8 ± 0.02) and Ruzu (14.4 ± 0.02), suggesting relatively reduced shelf stability compared to other formulations. Ash content was highest in Yoyo (3.47 ± 0.01), indicating a higher mineral residue, while protein content was highest in Jalin (13.6 ± 0.02), suggesting its potential role in body repair and growth. Lipid content was generally low across all samples, with Ruzu (0.64 ± 0.02) recording the lowest value, while fiber content was highest in Ruzu and lowest in Yoyo (0.01 ± 0.01), indicating differences in their digestive health benefits. Mineral analysis revealed that magnesium and sodium were highest in Ruzu (34.9 ± 0.02) and Goko (55.7 ± 0.02) respectively, while calcium was highest in Jalin (14.6 ± 0.02) and magnesium was exceptionally high in Yoyo (236.7 ± 0.02). Trace elements such as zinc, copper, and manganese were present in lower concentrations across the samples. Overall, the results indicate that these poly-herbal formulations contain essential nutrients that may contribute to dietary intake and support physiological functions in the body.
Keywords: Poly-herbal formulations, Proximate, Minerals, Nutrients, Ruzu, Goko, Yoyo, Jalin.

ÖZET
Çalışma, seçilmiş Nijerya polifitoterapötik (Ruzu, Goko, Yoyo ve Jalin) formülasyonlarının besleyici değerini doğrulamak amacıyla proksimat ve mineral bileşimlerini belirlemek için gerçekleştirilmiştir. Proksimat ve mineral analizleri, Association of Official Analytical Chemists (AOAC) tarafından önerilen standart yöntemler kullanılarak yapılmıştır. Proksimat analiz sonuçları örnekler arasında belirgin farklılıklar göstermiştir. Nem içeriği Goko'da (18.8 ± 0.02) ve Ruzu'da (14.4 ± 0.02) en yüksek olup, diğer formülasyonlara kıyasla nispeten daha düşük raf ömrü stabilitesine işaret etmektedir. Kül içeriği Yoyo'da (3.47 ± 0.01) en yüksek olup daha yüksek mineral kalıntısını göstermektedir, protein içeriği ise Jalin'de (13.6 ± 0.02) en yüksek bulunmuş ve vücut onarımı ile büyümedeki potansiyel rolünü düşündürmektedir. Lipid içeriği tüm örneklerde genel olarak düşük olup, Ruzu (0.64 ± 0.02) en düşük değeri göstermiştir. Lif içeriği Ruzu'da en yüksek, Yoyo'da ise en düşük (0.01 ± 0.01) bulunmuş olup sindirim sağlığı üzerindeki olası farklı etkileri göstermektedir. Mineral analiz sonuçları, magnezyum ve sodyumun sırasıyla Ruzu'da (34.9 ± 0.02) ve Goko'da (55.7 ± 0.02) en yüksek olduğunu göstermiştir. Kalsiyum Jalin'de en yüksek (14.6 ± 0.02), magnezyum ise Yoyo'da olağanüstü yüksek (236.7 ± 0.02) bulunmuştur. Çinko, bakır ve mangan gibi iz elementler tüm örneklerde daha düşük konsantrasyonlarda tespit edilmiştir. Genel olarak sonuçlar, bu polifitoterapötik formülasyonların diyet alımına katkıda bulunabilecek ve vücutta fizyolojik fonksiyonları destekleyebilecek temel besin maddeleri içerdiğini göstermektedir.
Anahtar Kelimeler: Polifitoterapötik formülasyonlar, proksimat analiz, mineraller, besin öğeleri, Ruzu, Goko, Yoyo, Jalin.

INTRODUCTION
The increasing reliance on herbal medicine across the globe has brought renewed scientific attention to the nutritional and therapeutic value of plant-based formulations. In many developing countries, including Nigeria, herbal remedies remain a primary source of healthcare due to their affordability,

accessibility, and cultural acceptance. Among these remedies, poly-herbal formulations—combinations of multiple medicinal plants—are widely used for the management of various diseases. These formulations are believed to exert synergistic effects, where the combined action of different plant constituents enhances overall efficacy (Williamson, 2001; Sofowora, 2008). However, despite their widespread consumption, there is still limited scientific data regarding their nutritional composition and safety profiles.

One of the most basic methods for calculating the nutritional content of foods and herbs is proximate composition analysis. The process includes the quantitative evaluation of essential components including water, ash, crude protein, crude fat, crude fibre, and carbs. Essential information regarding a product's energy value and storage stability is provided by these factors (AOAC, 2016). Proximate analysis is useful for evaluating herbal formulations in terms of their impact on dietary intake and their ability to treat nutritional deficiencies. This is especially true in areas where malnutrition is still a problem in public health (Edeoga et al., 2005). When assessing the efficacy and safety of herbal remedies, it is essential to determine not only their proximate composition but also their mineral elements. In the body, minerals including calcium, magnesium, potassium, sodium, iron, and zinc are essential for a wide variety of processes, including building bones, activating enzymes, transmitting signals between nerves, and keeping fluid levels stable. There can be serious consequences for one's health if these substances are lacking or excessive (Soetan et al., 2010). Consequently, poly-herbal formulations can be better understood as possible supplemental micronutrient sources by examining their mineral composition.

It is common practice to use indigenous knowledge systems that have been handed down through many generations to make poly-herbal mixtures. Traditional methods have made great strides in healthcare delivery, but they are often not standardised and do not have scientific backing. The nutritional composition and therapeutic results can vary due to differences in plant species, harvesting conditions, processing methods, and formulation ratios (Kunle et al., 2012). This diversity highlights the importance of conducting thorough product evaluations to guarantee safety, effectiveness, and quality. Herbal formulations may enhance the pharmacological effects of other nutrients that are already present. Dietary fibre aids digestion, for example, whereas protein and carbs can fuel the body. In a similar vein, metabolic functions and immune system function rely on minerals like zinc and iron. Thus, it is important to comprehend the mineral and proximate makeup of poly-herbal products in order to back up their therapeutic claims and to emphasise any nutritional benefits they may have (Okwu & Josiah, 2006). In contexts where resources are limited, herbal formulations are especially helpful since they can serve as both nutritional agents and medicinal agents.

However, the safety of these formulations cannot be overlooked. Some herbal products may accumulate toxic elements such as lead, cadmium, or arsenic from contaminated soils or processing environments. Chronic exposure to such heavy metals can pose serious health risks. Consequently, mineral analysis is also important for detecting potentially harmful elements and ensuring that their concentrations remain within permissible limits established by regulatory bodies (WHO, 2007). This aspect is especially critical given the increasing commercialization of herbal products. The growing market for herbal medicines in Nigeria has led to the proliferation of locally produced poly-herbal formulations, many of which are sold without rigorous quality control or proper labeling. Consumers often rely on anecdotal evidence and traditional beliefs when selecting these products. Scientific studies that evaluate their proximate and mineral composition are therefore essential for providing evidence-based information that can guide consumer choices and inform regulatory policies (Ogbonnia et al., 2008).

Therefore, this study aims to determine the proximate and mineral compositions of selected Nigerian poly-herbal formulations. By analyzing their nutritional and elemental profiles, the research seeks to provide a scientific basis for assessing their health benefits and safety. The findings are expected to contribute to the standardization and quality assurance of herbal products, promote their safe consumption, and support their integration into modern healthcare systems.

METHODOLOGY

Materials

Sample Collection

This study utilised several Nigerian herbal formulations that were purchased from Cynflac Pharmacy on Imiringi road in Yenagoa, Bayelsa State. These formulations included Dr. Iguedo Goko Cleanser®, Yoyo Cleanser Bitters, Ruzu herbal Bitters, and Jalin herbal mannex. The products were then sent to the laboratory for phytochemical screening and analysis.

Methods

Determination of Proximate Composition

Proximate analysis is used to determine the percentages of protein, moisture, crude fibre, ash, fat, and oil in Ruzu herbal bitters, following recognised analytical protocols.

Crude Protein Determination: The microkjeldahl method, as published by AOAC (2000), was used to determine the crude protein concentration. The sample (RHB) weighted two grams (2 g) was transferred to the Kjeldahl flask. The next step was to incorporate 5 grams of anhydrous sodium sulphate and 10 millilitres of concentrated H2SO4. The fume chamber was used to heat the solution until it became clear. After bringing the mixture to a temperature between 20 and 25 degrees Celsius, it was poured into a 200 millilitre volumetric flask and filled to the top with distilled water. After the apparatus was set up, the distillation unit was cleaned. Before the condenser was set up, a 100 ml conical flask—the receiving flask—was filled with 10 ml of 4% boric acid and 4 drops of screened methyl red indicator. After flushing with distilled water, 5 millilitres (5 ml) of 40% NaOH solution was added to the device, and 5 ml of the digest was pipetted in through the tiny funnel. After collecting the distillate in the receiving flask, it was titrated with 0.1 N H2SO4 until it turned pink. On the blank, using filter paper, the identical process was repeated: The formula for protein concentration is % Protein = Titre -Blank x 0.00014 x dilution factor x 6.25 < 100.Sample weight.

Moisture Content Determination: Following the AOAC procedure, we were able to ascertain the sample's moisture content (2000). After being cleaned and dried in an oven set to 100°C, the crucible was placed in desiccators to cool down. The crucible was filled with two grams of sample and then dried in an oven at 100°C until the weight remained constant. The expression was used to compute the percentage of moisture: % Humidity equals W2 minus W3 raised to the power of 100W2 minus W1. The initial weight of the empty crucible is denoted as W1. Total mass (W2) = crucible mass plus mass (W) of sample (before drying) Total mass (W3) equals crucible mass plus sample mass (W3) upon drying.

Determination of Ash Content: In order to find the ash content, the AOAC (2000) method was used. To make white or light grey ash, two grams of the sample were placed in a crucible and burnt in a prepared furnace at 550 0C. We weighed it after it had cooled in a desiccator. Here is how the ash content percentage was determined: Amount of Ash=W2 -W3 x 100W2 -W1 The weight of the empty crucible is denoted as W1. W2 is the crucible weight plus the sample weight before ashing, and W3 is the crucible weight plus ash.

Crude Fat Content Determination: The AOAC-described Soxhlet extraction technique was used to determine the crude fat content (2000). Loading an ashless filter paper with ten grams (10 g) of sample into an extraction thimble was done precisely. Inside the Soxhlet extractor, the thimble was inserted. Three hundred millilitres of petroleum ether were added to the extraction flask before it was linked to the Soxhlet apparatus and, finally, the condenser. Once the heater was turned on and left to run for 6 hours, the ether could be retrieved and the thimble could be removed. The oil that had accumulated in the flask was then dried in an oven set at 105 °C. Here is how the amount of fat was determined after weighing the produced oil: *Fat=Weight of fat divided by 100Weight of Sample.

Crude Fibre Content Determination: The guidelines provided by AOAC (2000) were adhered to. At 60°C, petroleum ether was used to defat the 2 gramme sample. Two hundred millilitres of 1.25% H2SO4

were added after the mixture was heated for thirty minutes. To strain the mixture, muslin cloth was set atop a fluted funnel. Hot water was used to rinse it in order to get rid of any residual acid. The remaining ingredients were simmered for half an hour in 200 millilitres of 1.25% sodium hydroxide. After several washes with hot distilled water and 1% HCl, any trace of NaOH was removed. It was baked in a porcelain crucible until it achieved a constant weight after the last piece of residue was drained. It was taken out of the oven once it cooled. After being cooled in a desiccator, the contents of the crucible were reweighed after being lit for 30 minutes at 600°C in a muffle furnace. The weight loss was caused by the percentage of crude fibre. The mass of the sample following ignition is proportional to one hundred times the proportion of crude fibre.

Determination of Carbohydrate Content: Using a difference (AOAC, 2000) analysis, the samples' carbohydrate content was calculated. Amount of carbohydrates = 100% - (Ash + % protein + % moisture + % fat + % fibre).

Determination of Mineral Contents: To determine the mineral content of the RHB, we followed the revised method described by AOAC (2000). One gram (1 g) of the sample was digested using a 100 ml solution of concentrated hydrochloric acid (HCl) and a 20 ml solution of concentrated nitric acid (HNO3) (Aqua-regia). The digest was passed from a boiling pot set at 70°C for 20 minutes to a 50 ml volumetric flask after cooling to room temperature. The flask was filled to the mark with distilled water. Because it does not generate ash, Whatman No. 1 filter paper was used to filter the digest. In order to analyse the minerals present in the filtrate, atomic absorption spectrophotometers were used for heavy metals and flame photometry for sodium and potassium, magnesium, manganese, nickel, lead, cadmium, iron, zinc, and Cr. The actual values were extrapolated using their standard curves. Each ion's extractability in Aqua-regia was taken into consideration when adjusting the obtained values.

RESULTS

Proximate and mineral content of some selected Nigerian Poly-herbal Formulations

The proximate results show that moisture (14.4±0.02), ash (3.47±0.01), protein (13.6±0.02) and moisture (18.8±0.02) were highest in Ruzu, Yoyo, Jalin and Goko herbal bitters respectively while lipid (0.64±0.02), fiber (0.01±0.01), lipid (3.9±0.01) and fiber (0.50±0.02) were lowest in Ruzu, Yoyo, Goko and Jalin herbal bitters respectively. Mineral results show that Mg (34.9±0.02), Na (55.7±0.02), Ca (14.6±0.02) and Mg (236.7±0.02) were highest in Ruzu, Goko, Jalin and Yoyo herbal bitters respectively, while Zn (0.50±0.02), Cu (0.40±0.02), Mn (0.68±0.02) and Cu (0.48±0.02) were lowest in Ruzu, Goko, Yoyo and Jalin herbal bitters respectively as shown in Tables 1 and 2.

Table 1: Proximate Compositions of some selected Nigerian Poly-herbal Formulations

Sample	Proximate composition (%)						
	Moist	Ash	Protein	Lipid	Fiber	DM	NFE
Ruzu	14.4±0.02	4.7±0.02	4.8±0.01	0.64±0.02	10.7±0.01	85.6±0.02	79.1±0.04
Goko	18.8±0.02	6.7±0.02	7.8±0.02	3.9±0.01	4.21±0.01	81.2±0.02	77.4±0.02
Yoyo	3.26±0.02	3.47±0.01	0.76±0.02	0.56±0.02	0.01±0.01	96.8±0.01	95.2±0.03
Jalin	7.06±0.02	3.62±0.02	13.6±0.02	1.42±0.02	0.50±0.02	92.94±0.02	80.9±0.04

***Note**: Values are Mean±SD of triplicate determination*

Table 2: Mineral contents of some selected Nigerian Poly-herbal Formulations

Sample	Mineral Content (mg/g)								
	Ca	Mg	Na	K	Fe	Mn	Cu	Zn	PO_4
Ruzu	14.18±0.02	34.9±0.02	25.4±0.02	2.85±0.02	5.1±0.02	0.74±0.02	0.60±0.02	0.50±0.02	0.85±o.02
Goko	43.6±0.02	24.6±0.02	55.7±0.02	38.9±0.02	4.38±0.02	0.54±0.01	0.40±0.02	0.43±0.01	0.74±0.01
Yoyo	18.96±0.02	236.7±0.02	6.45±0.03	146.7±0.02	6.5±0.02	0.68±0.02	1.86±0.02	2.84±0.01	29.5±0.02

Jalin	14.6±0.02	8.28±0.02	5.45±0.02	6.38±0.02	4.86±0.01	0.86±0.02	0.48±0.02	1.78±0.02	0.80±0.02

***Note**: Values are Mean±SD of triplicate determination*

DISCUSSION

The results presented in Tables 1 and 2 reveal significant variations in the proximate and mineral compositions of the selected Nigerian poly-herbal formulations (Ruzu, Goko, Yoyo, and Jalin), indicating differences in their nutritional quality and potential health benefits. These variations are expected because poly-herbal formulations are derived from different plant combinations and processing methods, which influence their biochemical composition (Sofowora, 2008; Kunle et al., 2012). The findings highlight the importance of scientific evaluation to support their traditional use and ensure consistency in quality. The moisture content ranged from 3.26% in Yoyo to 18.8% in Goko. High moisture content, as observed in Goko and Ruzu, suggests a higher susceptibility to microbial spoilage and reduced shelf life, whereas low moisture content, as seen in Yoyo, enhances storage stability (AOAC, 2016). This implies that Yoyo may have better preservation qualities compared to the other formulations. Moisture content is a critical factor in determining the longevity and safety of herbal products during storage.

Ash content, which reflects the total mineral content of the samples, was highest in Goko (6.7%) and lowest in Yoyo (3.47%). This suggests that Goko may contain a higher concentration of inorganic elements, supporting its potential as a mineral-rich formulation (Edeoga et al., 2005). Higher ash values are often associated with greater nutritional and therapeutic potential due to the presence of essential minerals. Protein content varied significantly, with Jalin showing the highest value (13.6%) and Yoyo the lowest (0.76%). This indicates that Jalin may contribute more to body-building and tissue repair functions, as proteins are essential for growth and maintenance of body tissues (Okwu & Josiah, 2006). The relatively low protein content in Yoyo suggests it may have limited nutritional contribution in this regard.

Lipid content was generally low across all samples, ranging from 0.56% to 3.9%, indicating that these formulations are not significant sources of fats. Low lipid levels are beneficial in reducing the risk of cardiovascular diseases associated with high fat intake (Soetan et al., 2010). Fiber content was highest in Ruzu (10.7%), suggesting its potential role in promoting digestive health and preventing constipation, while Yoyo contained negligible fiber. The nitrogen-free extract (NFE), which represents carbohydrate content, was highest in Yoyo (95.2%), indicating that it is a rich source of readily available energy. High carbohydrate content is essential for energy supply, particularly in populations with limited access to balanced diets (AOAC, 2016). Similarly, the high dry matter (DM) content in Yoyo (96.8%) further supports its high nutrient density.

The mineral analysis showed notable differences among the samples. Goko had the highest calcium (43.6 mg/g) and sodium (55.7 mg/g) levels, which are important for bone health and fluid balance, respectively. Yoyo exhibited exceptionally high magnesium (236.7 mg/g) and potassium (146.7 mg/g) levels, both of which are essential for enzyme function, muscle contraction, and nerve transmission (Soetan et al., 2010). These findings suggest that Yoyo may be particularly beneficial for maintaining electrolyte balance and metabolic functions.

Furthermore, Yoyo also showed the highest levels of trace elements such as zinc (2.84 mg/g) and copper (1.86 mg/g), which are crucial for immune function and enzymatic activities. Iron content was relatively moderate across all samples, with Yoyo having the highest value (6.5 mg/g), indicating its potential role in preventing anemia. However, the presence of these minerals must be carefully monitored, as excessive intake can lead to toxicity (WHO, 2007). Overall, the variations in mineral composition highlight the diverse nutritional and therapeutic potentials of these formulations. This results demonstrate that the selected poly-herbal formulations possess varying levels of nutritional and mineral components, which may influence their therapeutic efficacy and safety. Yoyo appears to be rich in carbohydrates and essential minerals, Jalin in protein, Goko in ash and calcium, and Ruzu in fiber. These findings support the need for standardization and proper quality control of herbal products to maximize their health benefits while minimizing potential risks.

CONCLUSION

The analysis of the proximate composition of the selected poly-herbal formulations demonstrates that they possess varying nutritional qualities that may contribute differently to human health. Yoyo was notably high in carbohydrates and dry matter, indicating its potential as a good energy source, while Jalin showed a comparatively high protein content, suggesting its relevance in tissue repair and body-building functions. Ruzu, with its high fiber content, may support digestive health, whereas Goko exhibited relatively higher ash content, reflecting a richer mineral composition. The generally low lipid content across all samples further suggests that these formulations may be suitable for individuals seeking low-fat dietary supplements. Overall, the differences observed highlight the influence of plant composition and preparation methods on the nutritional profiles of poly-herbal products. Similarly, the mineral analysis revealed that the formulations contain essential macro- and micro-elements necessary for physiological functions. Yoyo stood out with high levels of magnesium, potassium, zinc, and copper, indicating strong potential for supporting metabolic processes and immune function, while Goko was particularly rich in calcium and sodium, which are important for bone health and electrolyte balance. The presence of iron across all samples suggests a possible role in preventing anemia. However, the variability in mineral content emphasizes the need for standardization and proper regulation to ensure safety and consistent therapeutic benefits. Collectively, these findings underscore the importance of scientific evaluation of herbal formulations to validate their nutritional and medicinal claims and to promote their safe integration into healthcare practices.

REFERENCES

AOAC. (2016). *Official methods of analysis* (20th ed.). Association of Official Analytical Chemists.

Edeoga, H. O., Okwu, D. E., & Mbaebie, B. O. (2005). Phytochemical constituents of some Nigerian medicinal plants. *African Journal of Biotechnology*, 4(7), 685–688.

Kunle, O. F., Egharevba, H. O., & Ahmadu, P. O. (2012). Standardization of herbal medicines—A review. *International Journal of Biodiversity and Conservation*, 4(3), 101–112.

Ogbonnia, S. O., Adekunle, A. A., Bosa, M. K., & Enwuru, V. N. (2008). Evaluation of acute and subacute toxicity of herbal formulations. *African Journal of Biotechnology*, 7(6), 701–705.

Okwu, D. E., & Josiah, C. (2006). Evaluation of the chemical composition of two Nigerian medicinal plants. *African Journal of Biotechnology*, 5(4), 357–361.

Soetan, K. O., Olaiya, C. O., & Oyewole, O. E. (2010). The importance of mineral elements for humans, domestic animals and plants. *African Journal of Food Science*, 4(5), 200–222.

Sofowora, A. (2008). *Medicinal plants and traditional medicine in Africa* (3rd ed.). Spectrum Books Limited.

Williamson, E. M. (2001). Synergy and other interactions in phytomedicines. *Phytomedicine*, 8(5), 401–409.

World Health Organization (WHO). (2007). *Guidelines for assessing quality of herbal medicines with reference to contaminants and residues*. WHO Press.

FROM GENES TO NEURONS: ADVANCED GENETIC ENGINEERING IN NEUROLOGICAL MEDICINE

Ravana GULIYEVA
Baku State University, Chemistry Faculty, Baku, Azerbaijan

Narmin MAMMADOVA
Khazar University, Faculty of Life Sciences and Engineering, Baku, Azerbaijan

Milana AKIFLI
Khazar University, Faculty of Life Sciences and Engineering, Baku, Azerbaijan

Zaur AHMADOV
Khazar University, Faculty of Life Sciences and Engineering, Baku, Azerbaijan

Fatime QULUYEVA
Ganja State University, Chemistry and Biology Faculty, Ganja, Azerbaijan

ABSTRACT
Neurological disorders such as Alzheimer's disease, Parkinson's disease, amyotrophic lateral sclerosis (ALS), Huntington's disease, schizophrenia, and epilepsy represent a significant global health burden, arising from complex genetic architectures that encompass monogenic mutations, polygenic interactions, and mitochondrial dysfunctions. These conditions are driven by diverse pathological mechanisms, including synaptopathies, impaired GABAergic metabolism, disrupted axonal transport, and chronic neuroinflammatory cascades, all of which contribute to progressive neuronal degeneration. A thorough understanding of these genetic underpinnings is essential for transitioning from symptomatic management to causally targeted therapeutic strategies. Recent advances in genetic engineering have fundamentally transformed approaches to studying and treating these disorders. Tools such as CRISPR/Cas9, zinc-finger nucleases (ZFNs), transcription activator-like effector nucleases (TALENs), viral vectors, and stem-cell engineering now enable precise modification of disease-associated genes and elucidation of underlying molecular mechanisms. Gene therapy has progressed from experimental models to clinical application, with AAV-based therapies and antisense oligonucleotides already approved for spinal muscular atrophy (SMA) and Duchenne muscular dystrophy, while CRISPR and siRNA-based approaches continue to advance through clinical trials. Nevertheless, significant challenges persist, particularly regarding delivery across the blood-brain barrier, immune responses, long-term efficacy, and equitable patient access. Non-viral nanoparticle delivery systems are emerging as safer and more versatile alternatives to viral vectors. Furthermore, the integration of biomarkers, epigenetic profiling, and artificial intelligence is enabling more personalized, precision-based treatment strategies. This review synthesizes current knowledge on the genetic basis of neurological diseases and evaluates the transformative potential of molecular and gene-editing technologies in shaping the future of neuroscience and regenerative medicine.
Keywords: neurological disorders, gene therapy, CRISPR/Cas9, genetic engineering, blood-brain barrier, AAV vectors, precision medicine

INTRODUCTION
Neurological disorders constitute one of the most devastating categories of human disease, collectively affecting hundreds of millions of individuals worldwide and imposing an immense burden on healthcare systems, families, and economies. Conditions such as Alzheimer's disease (AD), Parkinson's disease (PD), amyotrophic lateral sclerosis (ALS), Huntington's disease (HD), schizophrenia, and epilepsy are not only prevalent but are frequently progressive, irreversible, and poorly managed by currently available therapeutic options (Gitler et al., 2017). The global prevalence of dementia alone is projected to reach 139 million by 2050, with neurological diseases collectively accounting for a substantial proportion of disability-adjusted life years lost globally (GBD 2016 Neurology Collaborators, 2019).

This epidemiological crisis underscores the urgent need for transformative therapeutic approaches that target the root causes of these disorders rather than merely alleviating their symptoms.

The pathophysiology of neurological diseases is deeply intertwined with genetic determinants. Monogenic mutations — single-gene defects that reliably cause disease — are well characterized in conditions such as Huntington's disease, which arises from a trinucleotide CAG repeat expansion in the HTT gene, and certain familial forms of ALS caused by mutations in SOD1, FUS, and TDP-43 (Taylor et al., 2016). In contrast, the more prevalent neurodegenerative and neuropsychiatric diseases, such as sporadic Alzheimer's disease and schizophrenia, emerge from complex polygenic architectures in which hundreds or thousands of common genetic variants interact with one another and with environmental exposures to confer disease risk (Lambert et al., 2013). Mitochondrial dysfunction, driven by mutations in both nuclear and mitochondrial DNA, further contributes to the neuronal energy deficits that characterize many of these conditions (Lin & Beal, 2006).

At the molecular level, the pathological mechanisms underlying neurological diseases are remarkably diverse and interconnected. Synaptopathies — dysfunctions of synaptic transmission and plasticity — are implicated in conditions ranging from autism spectrum disorders to schizophrenia and AD (Grant, 2012). Impaired GABAergic signaling disrupts the balance between excitation and inhibition in the brain, contributing to seizure disorders and psychotic episodes (Marin, 2012). Disrupted axonal transport, often caused by mutations in motor proteins or microtubule-associated proteins, leads to the accumulation of toxic protein aggregates characteristic of PD and ALS (Millecamps & Julien, 2013). Chronic neuroinflammation, mediated by activated microglia and reactive astrocytes, perpetuates neuronal damage in virtually all major neurodegenerative conditions (Ransohoff, 2016).

The recognition that genetic factors lie at the heart of neurological disease has catalyzed a revolution in research and drug development. The emergence of precise genome-editing tools — most notably the CRISPR/Cas9 system and its many derivatives — has fundamentally transformed the ability of scientists and clinicians to interrogate, correct, and modulate disease-related genes with unprecedented accuracy and efficiency (Doudna & Charpentier, 2012). When combined with advances in viral and non-viral delivery, stem cell engineering, antisense oligonucleotide chemistry, and RNA interference, these technologies collectively define a new paradigm in neurological medicine: one in which causative genetic lesions can be targeted, silenced, or repaired rather than merely managed symptomatically.

This review provides a comprehensive synthesis of the current state of knowledge regarding the genetic underpinnings of major neurological diseases and the rapidly evolving toolkit of genetic engineering technologies being developed to address them. It evaluates recent clinical advances, emerging challenges in delivery and safety, and the integration of artificial intelligence and epigenomics into precision neuromedicine. The overarching aim is to chart a coherent path from fundamental gene-level insights to transformative neurological therapies.

RESEARCH AND FINDINGS

Genetic Architecture of Major Neurological Disorders

A precise understanding of the genetic architecture of neurological disease is a prerequisite for developing causally targeted therapies. Huntington's disease serves as the paradigmatic monogenic neurological disorder: an autosomal dominant condition caused by a CAG trinucleotide repeat expansion exceeding 35 repeats in exon 1 of the HTT gene, resulting in a pathologically elongated polyglutamine tract in huntingtin protein that undergoes toxic aggregation, mitochondrial dysfunction, and progressive striatal neurodegeneration (Ross & Tabrizi, 2011). Similarly, familial ALS, which accounts for approximately 10% of all ALS cases, is caused by mutations in genes including SOD1, C9orf72, FUS, and TARDBP, each disrupting distinct aspects of RNA metabolism and proteostasis (Taylor et al., 2016).

Alzheimer's disease presents a more genetically heterogeneous landscape. Early-onset familial AD, representing fewer than 5% of cases, is caused by autosomal dominant mutations in APP, PSEN1, and PSEN2, which dysregulate the processing of amyloid precursor protein and promote the accumulation of amyloid-beta plaques. In contrast, the far more common late-onset sporadic AD involves dozens of risk loci identified through genome-wide association studies (GWAS), with the APOE epsilon 4 allele conferring the greatest individual risk and the CLU, BIN1, CR1, and PICALM loci exerting more modest but additive effects (Lambert et al., 2013). Parkinson's disease shows a similar duality: rare

familial forms caused by mutations in SNCA, LRRK2, PINK1, Parkin, and DJ-1 have informed understanding of pathways involving alpha-synuclein aggregation and mitochondrial quality control, while sporadic PD is influenced by numerous GWAS-identified variants of small individual effect (Singleton et al., 2013).

Schizophrenia and other neuropsychiatric disorders are among the most genetically complex conditions known. Large-scale genomic studies have identified over 100 common variant loci and numerous rare copy number variants associated with schizophrenia risk, with affected genes enriched in synaptic, calcium signaling, and FMRP-regulated pathways (Ripke et al., 2014). Epilepsy also exhibits significant genetic heterogeneity, with ion channel gene mutations — including SCN1A, SCN2A, and KCNQ2 — underlying many monogenic epilepsy syndromes, while complex polygenic inheritance governs common focal and generalized epilepsy forms (Berkovic, 2015).

Genome Editing Technologies: Mechanisms and Applications

The advent of programmable nucleases has revolutionized the ability to modify specific DNA sequences within living cells. Zinc-finger nucleases (ZFNs), developed in the late 1990s, were among the first site-specific genome editing tools. ZFNs consist of engineered zinc-finger DNA-binding domains fused to the FokI endonuclease, enabling targeted double-strand breaks (DSBs) at defined genomic loci. While effective, the design and validation of ZFNs is technically demanding and costly, limiting their widespread application (Urnov et al., 2010). Transcription activator-like effector nucleases (TALENs) subsequently offered improved ease of design and specificity, utilizing arrays of TALE repeat domains to recognize specific DNA sequences, again coupled to FokI for cleavage (Joung & Sander, 2013).

The discovery and development of the CRISPR/Cas9 system represented a paradigm shift in genome editing. Derived from the bacterial adaptive immune system, CRISPR/Cas9 employs a single guide RNA (sgRNA) — a 20-nucleotide sequence complementary to the genomic target — to direct the Cas9 endonuclease to specific loci, where it introduces a DSB. The subsequent repair of this break by non-homologous end joining (NHEJ) or homology-directed repair (HDR) allows for gene disruption, correction, or insertion with remarkable efficiency (Doudna & Charpentier, 2012). Numerous CRISPR variants have since been developed, including base editors capable of introducing precise single-nucleotide changes without inducing DSBs, and prime editors capable of introducing any type of substitution, small insertion, or deletion via reverse transcription (Anzalone et al., 2019). CRISPRi and CRISPRa systems use catalytically dead Cas9 (dCas9) fused to transcriptional repressors or activators to modulate gene expression without altering the DNA sequence, enabling fine-tuned regulation of neurological disease genes (Qi et al., 2013).

In the context of neurological disease, CRISPR-based strategies have been applied to a broad range of targets. Correction of the HTT CAG expansion has been demonstrated in patient-derived induced pluripotent stem cells (iPSCs) and mouse models of Huntington's disease, with allele-specific sgRNAs capable of selectively disrupting the mutant expanded allele while preserving the normal allele (Monteys et al., 2017). In ALS models, CRISPR-mediated disruption of the SOD1 gene has significantly delayed disease onset and improved motor function in transgenic mice. For Alzheimer's disease, base editors have been used to convert the APOE epsilon 4 allele to the neutral APOE epsilon 3 form in human astrocytes, opening a potential avenue for risk reduction (Huang et al., 2019). The application of CRISPR technologies in neuropsychiatric disease research has also accelerated, enabling the generation of isogenic iPSC-derived neuronal models that allow researchers to dissect the causal contributions of individual risk variants to neuronal dysfunction.

Gene Therapy: Clinical Progress and Approved Applications

The clinical translation of gene therapy for neurological conditions has accelerated dramatically over the past decade. Adeno-associated viral (AAV) vectors have emerged as the delivery platform of choice for the central nervous system due to their capacity for long-term transgene expression, broad tropism for neural cell types, and favorable safety profile relative to older retroviral vectors. In 2019, onasemnogene abeparvovec (Zolgensma), an AAV9-based vector delivering a functional copy of the SMN1 gene, received regulatory approval for spinal muscular atrophy (SMA) — a monogenic neurodegenerative disorder caused by loss-of-function mutations in the SMN1 gene — representing a

landmark achievement in neurological gene therapy (Al-Zaidy & Mendell, 2019). Treated infants showed remarkable improvements in motor milestone acquisition, with many achieving independent sitting and walking — outcomes previously unheard of in severe SMA.

Antisense oligonucleotides (ASOs) represent a complementary gene therapy modality that has also achieved clinical success. ASOs are short, synthetic single-stranded nucleic acid sequences that hybridize to target RNA molecules, modulating their processing, stability, or translation. Nusinersen (Spinraza), an ASO that promotes exon inclusion in the SMN2 pre-mRNA to increase full-length SMN protein production, is approved for SMA and has demonstrated significant clinical benefit across multiple SMA subtypes (Finkel et al., 2017). Eteplirsen and other exon-skipping ASOs have been approved for subsets of Duchenne muscular dystrophy patients, while tofersen, an ASO targeting SOD1 mRNA, has received approval for SOD1-ALS and is associated with reductions in CSF neurofilament light chain levels, a biomarker of axonal injury. Multiple ASOs targeting LRRK2, SNCA, and tau are currently in clinical trials for Parkinson's disease and AD.

RNA interference (RNAi) approaches, utilizing small interfering RNAs (siRNAs) or short hairpin RNAs (shRNAs), offer another mechanism for silencing disease-causing genes. siRNA-based approaches targeting mutant HTT have demonstrated robust mRNA and protein knockdown in rodent and nonhuman primate models of Huntington's disease, with several clinical trials evaluating intrathecally delivered siRNA and ASO constructs for this indication (Tabrizi et al., 2019). The therapeutic challenge for allele-specific silencing — targeting the mutant expanded allele while preserving the wild-type copy — has been addressed through SNP-targeted approaches exploiting single-nucleotide polymorphisms in tight linkage disequilibrium with the mutation.

Delivery Strategies: Overcoming the Blood-Brain Barrier

Perhaps the greatest obstacle to gene therapy for neurological diseases is the efficient and safe delivery of therapeutic agents across the blood-brain barrier (BBB), a highly selective endothelial barrier that prevents most macromolecules from entering the central nervous system. AAV vectors can be administered intrathecally, intracerebroventricularly, or via intraparenchymal injection to circumvent the BBB, but these routes are invasive and may not achieve uniform brain-wide distribution. Intravenous delivery of AAV9 and the engineered capsid variant AAVrh10 has shown promising CNS transduction in neonates, but efficiency declines with age due to progressive closure of the BBB (Foust et al., 2009). Significant advances have been made in engineering novel AAV capsids with enhanced CNS tropism following systemic administration: the AAV-PHP.B and AAV-PHP.eB capsids, selected through directed evolution, achieve remarkably broad and efficient CNS transduction in mice following intravenous injection (Deverman et al., 2016), though translational limitations have been identified in larger animal models and human studies.

Non-viral delivery systems are emerging as important and potentially safer alternatives to viral vectors, particularly in the context of CRISPR and nucleic acid delivery. Lipid nanoparticles (LNPs), which have achieved clinical validation through the success of mRNA COVID-19 vaccines, are being engineered with CNS-targeting ligands to improve brain delivery of CRISPR ribonucleoprotein complexes, ASOs, and mRNA payloads. Polymeric nanoparticles, dendrimers, and exosome-based vesicles are under active investigation as platforms that can be decorated with transferrin receptor antibodies, apolipoprotein E peptides, or other BBB-crossing ligands to enable receptor-mediated transcytosis (Pardridge, 2012). Focused ultrasound in combination with microbubbles offers a non-invasive, spatially precise method of transiently disrupting the BBB to facilitate drug and gene delivery to targeted brain regions, and has advanced to early clinical testing (Lipsman et al., 2018).

Stem cell-based delivery represents yet another strategy in which genetically engineered neural stem cells or mesenchymal stem cells serve as living vehicles for therapeutic gene products. Such cells can be engineered ex vivo to express neurotrophic factors, disease-modifying enzymes, or gene-editing machinery, and then implanted into the brain parenchyma where they integrate and provide sustained local delivery. This approach is particularly attractive for lysosomal storage disorders with CNS involvement, such as metachromatic leukodystrophy, where Strimvelis-related hematopoietic stem cell gene therapy has demonstrated transformative results (Biffi et al., 2013).

Stem Cell Engineering and Disease Modeling

The combination of induced pluripotent stem cell (iPSC) technology with genome editing has created powerful tools for modeling neurological disease in human cells. Patient-derived iPSCs carry the complete genetic background of the affected individual and can be differentiated into disease-relevant neuronal and glial subtypes — including cortical neurons, dopaminergic neurons, motor neurons, astrocytes, and microglia — enabling the study of human disease mechanisms in vitro with unprecedented fidelity (Takahashi & Yamanaka, 2006). The introduction of isogenic controls — iPSC lines in which a specific disease mutation has been corrected by CRISPR without altering the rest of the genome — allows researchers to attribute observed phenotypes unambiguously to the mutation of interest, controlling for the confounding effects of genetic background variability.

Three-dimensional cerebral organoid technology, in which iPSCs are induced to self-organize into structures recapitulating aspects of human brain development, has further extended the utility of iPSC-based modeling (Lancaster et al., 2013). Alzheimer's organoids derived from patients with PSEN1 mutations develop amyloid plaques and tau pathology in culture, providing a platform for studying disease initiation and testing candidate therapeutics. Huntington's disease organoids exhibit characteristic neuronal hyperexcitability and progressive cell death, while ALS organoids model neuromuscular junction dysfunction. Assembloids — fused organoid systems combining distinct brain regions — allow investigation of circuitry-level pathologies relevant to conditions such as schizophrenia and autism spectrum disorders.

Epigenomics, Biomarkers, and Artificial Intelligence Integration

The future of neurological gene therapy is increasingly inseparable from precision medicine frameworks that integrate multi-omic data to stratify patients, select optimal therapeutic modalities, and monitor treatment responses. Epigenetic profiling — encompassing DNA methylation patterns, histone modification states, and chromatin accessibility — has revealed that many neurological disease risk variants exert their effects through regulatory elements rather than coding sequences, modulating the expression of distant target genes in a cell-type-specific and developmental-stage-specific manner (Kundaje et al., 2015). This understanding has identified new therapeutic targets and strategies: for example, HDAC inhibitors are being explored as epigenetic adjuncts to gene therapy in Huntington's disease models, while DNA methylation editing using dCas9 fused to DNMT3A or TET1 domains enables locus-specific epigenetic reprogramming.

Biomarker discovery is accelerating the clinical development of gene therapies by enabling objective measurement of target engagement, patient stratification, and disease progression. Neurofilament light chain (NfL) in cerebrospinal fluid and blood has emerged as a robust and sensitive biomarker of axonal injury across multiple neurological conditions, with decreasing NfL levels serving as a pharmacodynamic marker of successful therapeutic intervention in SMA, ALS, and HD clinical trials (Khalil et al., 2018). Amyloid-PET imaging and CSF phospho-tau measurements have transformed clinical trial design in Alzheimer's disease by enabling enrichment of trial populations with confirmed amyloid pathology. Single-cell RNA sequencing of post-mortem brain tissue and CSF has revealed disease-specific cellular vulnerabilities and gene expression signatures that are guiding the selection of cell-type-specific gene therapy targets.

Artificial intelligence and machine learning are being integrated into virtually every stage of neurological gene therapy development. Deep learning models trained on large genomic and clinical datasets are being used to predict sgRNA efficiency and off-target editing activity for CRISPR, accelerating the identification of optimal editing strategies for any given target (Listgarten et al., 2018). AI-driven drug discovery platforms are identifying novel neurological disease targets by mining GWAS data, protein interaction networks, and gene expression databases. Predictive models of disease progression, trained on longitudinal clinical, imaging, and biomarker data, are enabling more accurate patient stratification and more efficient trial design. The convergence of genetic engineering and artificial intelligence thus holds the potential to dramatically accelerate the pace at which fundamental genetic insights are translated into effective neurological treatments.

Challenges, Safety Considerations, and Ethical Dimensions

Despite remarkable progress, numerous challenges must be addressed before genetic engineering approaches can be widely deployed in neurological medicine. Off-target editing — the unintended modification of genomic sequences other than the intended target — remains a significant safety concern for CRISPR-based therapies, particularly in the context of lifelong gene modification in non-dividing neurons. While next-generation sequencing-based methods for detecting off-target edits have become highly sensitive, the long-term consequences of low-level off-target events in the human brain remain incompletely characterized. Base editors and prime editors have substantially reduced the frequency of off-target indels relative to nuclease-active Cas9, but their unique profiles of off-target effects — including RNA editing for some base editors — require careful evaluation (Komor et al., 2016).

Immune responses to gene therapy vectors and cargo represent another major safety concern. Circulating antibodies against common AAV serotypes are prevalent in the human population due to prior natural exposure, and pre-existing immunity can neutralize delivered vectors, preclude re-dosing, and — as illustrated by several serious adverse events in clinical trials — trigger severe systemic inflammatory responses (Mingozzi & High, 2013). The immune response to CRISPR components, including pre-existing T-cell immunity to Staphylococcus aureus and Streptococcus pyogenes Cas9 proteins, has been documented in human subjects. Strategies to mitigate immunogenicity include the use of novel AAV capsids from non-human primate origins, plasmapheresis or immunosuppressive preconditioning, encapsulation of editing components in immunoprotective nanoparticles, and the development of human-derived or minimally immunogenic Cas9 orthologs.

The equitable access dimension of neurological gene therapy is a critical ethical and health policy challenge. Current gene therapy products carry extraordinarily high price tags — onasemnogene abeparvovec is priced at over two million US dollars per dose — that place them beyond the reach of patients in low- and middle-income countries and challenge the sustainability of healthcare systems even in high-income nations. The development of more scalable and affordable manufacturing processes, alternative payment models tied to long-term outcomes, and international frameworks for technology transfer are essential to ensure that the benefits of genetic neurological medicine are equitably distributed. Additionally, germline gene editing — the modification of genes in embryos that would be heritable by future generations — remains deeply controversial and is subject to international moratoriums, with the scientific community broadly in agreement that germline editing for neurological disease prevention should not proceed until safety, efficacy, and societal consensus are firmly established.

CONCLUSION

The past decade has witnessed a profound transformation in the understanding of neurological disease genetics and the development of technologies capable of precisely manipulating the genetic determinants of these conditions. The convergence of CRISPR/Cas9 genome editing, AAV-mediated gene delivery, antisense oligonucleotides, RNA interference, and iPSC-based disease modeling has created an integrated toolkit of unprecedented power for studying and treating neurological disorders from their molecular roots. The clinical approval of AAV gene therapies for SMA and ASO therapies for SMA and ALS represents proof of principle that genetically targeted intervention can produce transformative outcomes in patients previously consigned to progressive disability and early death.

Looking forward, the trajectory of neurological gene therapy points toward increasingly precise, personalized, and broadly accessible interventions. The development of base editors, prime editors, and epigenome editors provides new options for correcting pathogenic mutations with minimal collateral genomic disruption. Engineered non-viral nanoparticle delivery systems promise to broaden the therapeutic window and enable repeated dosing without immunological constraints. The integration of single-cell genomics, biomarker panels, and artificial intelligence is enabling the stratification of genetically and clinically heterogeneous patient populations into biologically coherent subgroups amenable to targeted intervention.

Nevertheless, the field must navigate substantial challenges in off-target safety, immune tolerance, CNS delivery efficiency, and equitable access before the full promise of neurological gene therapy can be realized at a population level.

International scientific cooperation, robust regulatory frameworks, and proactive engagement with ethical and societal dimensions of genetic medicine are indispensable accompaniments to the technical advances underway. The pathway from genes to neurons — from the molecular lesions that initiate disease to their correction through precisely engineered genetic interventions — is increasingly well illuminated, and the prospects for fundamentally disease-modifying neurological therapies have never been brighter.

REFERENCES

Al-Zaidy, S. A., & Mendell, J. R. (2019). From clinical trials to clinical practice: Practical considerations for gene replacement therapy in SMA type 1. Pediatric Neurology, 100, 3-11. https://doi.org/10.1016/j.pediatrneurol.2019.06.007

Anzalone, A. V., Randolph, P. B., Davis, J. R., Sousa, A. A., Koblan, L. W., Levy, J. M., Chen, P. J., Wilson, C., Newby, G. A., Raguram, A., & Liu, D. R. (2019). Search-and-replace genome editing without double-strand breaks or donor DNA. Nature, 576(7785), 149-157. https://doi.org/10.1038/s41586-019-1711-4

Berkovic, S. F. (2015). Genetics of epilepsy in clinical practice. Epilepsy Currents, 15(4), 192-196. https://doi.org/10.5698/1535-7597-15.4.192

Biffi, A., Montini, E., Lorioli, L., Cesani, M., Fumagalli, F., Plati, T., Baldoli, C., Martino, S., Calabria, A., Canale, S., Benedicenti, F., Vallanti, G., Biasco, L., Leo, S., Kabbara, N., Zanetti, G., Rizzo, W. B., Mehta, N. A., Cicalese, M. P., ... Naldini, L. (2013). Lentiviral hematopoietic stem cell gene therapy benefits metachromatic leukodystrophy. Science, 341(6148), 1233158. https://doi.org/10.1126/science.1233158

Deverman, B. E., Pravdo, P. L., Simpson, B. P., Kumar, S. R., Chan, K. Y., Banerjee, A., Wu, W. L., Yang, B., Huber, N., Pasca, S. P., & Bhatt, D. L. (2016). Cre-dependent selection yields AAV variants for widespread gene transfer to the adult brain. Nature Biotechnology, 34(2), 204-209. https://doi.org/10.1038/nbt.3440

Doudna, J. A., & Charpentier, E. (2012). The new frontier of genome engineering with CRISPR-Cas9. Science, 346(6213), 1258096. https://doi.org/10.1126/science.1258096

Finkel, R. S., Mercuri, E., Darras, B. T., Connolly, A. M., Kuntz, N. L., Kirschner, J., Chiriboga, C. A., Saito, K., Servais, L., Tizzano, E., Topaloglu, H., Tulinius, M., Montes, J., Glanzman, A. M., Bishop, K., Huang, Z. J., Tauscher-Wisniewski, S., Andrews, J. L., Mason, S., ... De Vivo, D. C. (2017). Nusinersen versus sham control in infantile-onset spinal muscular atrophy. New England Journal of Medicine, 377(18), 1723-1732. https://doi.org/10.1056/NEJMoa1702752

Foust, K. D., Nurre, E., Montgomery, C. L., Hernandez, A., Chan, C. M., & Kaspar, B. K. (2009). Intravascular AAV9 preferentially targets neonatal neurons and adult astrocytes. Nature Biotechnology, 27(1), 59-65. https://doi.org/10.1038/nbt.1515

GBD 2016 Neurology Collaborators. (2019). Global, regional, and national burden of neurological disorders, 1990-2016: A systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2016. Lancet Neurology, 18(5), 459-480. https://doi.org/10.1016/S1474-4422(18)30499-X

Gitler, A. D., Dhaliwal, P., & Shorter, J. (2017). Neurodegenerative disease: Models, mechanisms, and a new hope. Disease Models & Mechanisms, 10(5), 499-502. https://doi.org/10.1242/dmm.030205

Grant, S. G. (2012). Synaptopathies: Diseases of the synaptome. Current Opinion in Neurobiology, 22(3), 522-529. https://doi.org/10.1016/j.conb.2012.02.002

Huang, Y. A., Zhou, B., Wernig, M., & Sudhof, T. C. (2019). ApoE2, ApoE3, and ApoE4 differentially stimulate APP transcription and Abeta secretion. Cell, 168(3), 427-441. https://doi.org/10.1016/j.cell.2016.12.044

Joung, J. K., & Sander, J. D. (2013). TALENs: A widely applicable technology for targeted genome editing. Nature Reviews Molecular Cell Biology, 14(1), 49-55. https://doi.org/10.1038/nrm3486

Khalil, M., Teunissen, C. E., Otto, M., Piehl, F., Sormani, M. P., Gattringer, T., Barro, C., Kappos, L., Comabella, M., Fazekas, F., Petzold, A., Blennow, K., Zetterberg, H., & Kuhle, J. (2018). Neurofilaments as biomarkers in neurological disorders. Nature Reviews Neurology, 14(10), 577-589. https://doi.org/10.1038/s41582-018-0058-z

Komor, A. C., Kim, Y. B., Packer, M. S., Zuris, J. A., & Liu, D. R. (2016). Programmable editing of a target base in genomic DNA without double-stranded DNA cleavage. Nature, 533(7603), 420-424. https://doi.org/10.1038/nature17946

Kundaje, A., Meuleman, W., Ernst, J., Bilenky, M., Yen, A., Heravi-Moussavi, A., Kheradpour, P., Zhang, Z., Wang, J., Ziller, M. J., Amin, V., Whitaker, J. W., Schultz, M. D., Ward, L. D., Sarkar, A., Quon, G., Sandstrom, R. S., Eaton, M. L., Wu, Y. C., ... Kellis, M. (2015). Integrative analysis of 111 reference human epigenomes. Nature, 518(7539), 317-330. https://doi.org/10.1038/nature14248

Lambert, J. C., Ibrahim-Verbaas, C. A., Harold, D., Naj, A. C., Sims, R., Bellenguez, C., DeStafano, A. L., Bis, J. C., Beecham, G. W., Grenier-Boley, B., Russo, G., Thorton-Wells, T. A., Jones, N., Smith, A. V., Chouraki, V., Thomas, C., Ikram, M. A., Zelenika, D., Vardarajan, B. N., ... Amouyel, P. (2013). Meta-analysis of 74,046 individuals identifies 11 new susceptibility loci for Alzheimer's disease. Nature Genetics, 45(12), 1452-1458. https://doi.org/10.1038/ng.2802

Lancaster, M. A., Renner, M., Martin, C. A., Wenzel, D., Bicknell, L. S., Hurles, M. E., Homfray, T., Penninger, J. M., Jackson, A. P., & Knoblich, J. A. (2013). Cerebral organoids model human brain development and microcephaly. Nature, 501(7467), 373-379. https://doi.org/10.1038/nature12517

Lin, M. T., & Beal, M. F. (2006). Mitochondrial dysfunction and oxidative stress in neurodegenerative diseases. Nature, 443(7113), 787-795. https://doi.org/10.1038/nature05292

Lipsman, N., Meng, Y., Bethune, A. J., Huang, Y., Lam, B., Masellis, M., Herrmann, N., Heyn, C., Aubert, I., Boutet, A., Smith, G. S., Hynynen, K., & Black, S. E. (2018). Blood-brain barrier opening in Alzheimer's disease using MR-guided focused ultrasound. Nature Communications, 9(1), 2336. https://doi.org/10.1038/s41467-018-04529-6

Listgarten, J., Weinstein, M., Kleinstiver, B. P., Sousa, A. A., Joung, J. K., Crawford, J., Gao, K., Hoang, L., Elibol, M., Doench, J. G., & Fusi, N. (2018). Prediction of off-target activities for the end-to-end design of CRISPR guide RNAs. Nature Biomedical Engineering, 2(1), 38-47. https://doi.org/10.1038/s41551-017-0178-6

Marin, O. (2012). Interneuron dysfunction in psychiatric disorders. Nature Reviews Neuroscience, 13(2), 107-120. https://doi.org/10.1038/nrn3155

Millecamps, S., & Julien, J. P. (2013). Axonal transport deficits and neurodegenerative diseases. Nature Reviews Neuroscience, 14(3), 161-176. https://doi.org/10.1038/nrn3380

Mingozzi, F., & High, K. A. (2013). Immune responses to AAV vectors: Overcoming barriers to successful gene therapy. Blood, 122(1), 23-36. https://doi.org/10.1182/blood-2013-01-306647

Monteys, A. M., Ebanks, S. A., Keiser, M. S., & Davidson, B. L. (2017). CRISPR/Cas9 editing of the mutant Huntingtin allele in vitro and in vivo. Molecular Therapy, 25(1), 12-23. https://doi.org/10.1016/j.ymthe.2016.11.010

Pardridge, W. M. (2012). Drug transport across the blood-brain barrier. Journal of Cerebral Blood Flow and Metabolism, 32(11), 1959-1972. https://doi.org/10.1038/jcbfm.2012.126

Qi, L. S., Larson, M. H., Gilbert, L. A., Doudna, J. A., Weissman, J. S., Arkin, A. P., & Lim, W. A. (2013). Repurposing CRISPR as an RNA-guided platform for sequence-specific control of gene expression. Cell, 152(5), 1173-1183. https://doi.org/10.1016/j.cell.2013.02.022

Ransohoff, R. M. (2016). How neuroinflammation contributes to neurodegeneration. Science, 353(6301), 777-783. https://doi.org/10.1126/science.aag2590

Ripke, S., Neale, B. M., Corvin, A., Walters, J. T., Farh, K. H., Holmans, P. A., Lee, P., Bulik-Sullivan, B., Collier, D. A., Huang, H., Pers, T. H., Agartz, I., Agerbo, E., Albus, M., Alexander, M., Amin, F., Bacanu, S. A., Begemann, M., Belliveau, R. A., ... O'Donovan, M. C. (2014). Biological insights from 108 schizophrenia-associated genetic loci. Nature, 511(7510), 421-427. https://doi.org/10.1038/nature13595

Ross, C. A., & Tabrizi, S. J. (2011). Huntington's disease: From molecular pathogenesis to clinical treatment. Lancet Neurology, 10(1), 83-98. https://doi.org/10.1016/S1474-4422(10)70245-3

Singleton, A. B., Farrer, M. J., & Bonifati, V. (2013). The genetics of Parkinson's disease: Progress and therapeutic implications. Movement Disorders, 28(1), 14-23. https://doi.org/10.1002/mds.25249

Tabrizi, S. J., Leavitt, B. R., Landwehrmeyer, G. B., Wild, E. J., Saft, C., Barker, R. A., Blair, N. F., Craufurd, D., Priller, J., Rickards, H., Rosser, A., Kordasiewicz, H. B., Czech, C., Swayze, E. E.,

Norris, D. A., Baumann, T., Gerlach, I., Schobel, S. A., Paz, E., ... Lane, R. M. (2019). Targeting Huntingtin expression in patients with Huntington's disease. New England Journal of Medicine, 380(24), 2307-2316. https://doi.org/10.1056/NEJMoa1900907

Takahashi, K., & Yamanaka, S. (2006). Induction of pluripotent stem cells from mouse embryonic and adult fibroblast cultures by defined factors. Cell, 126(4), 663-676. https://doi.org/10.1016/j.cell.2006.07.024

Taylor, J. P., Brown, R. H., & Cleveland, D. W. (2016). Decoding ALS: From genes to mechanism. Nature, 539(7628), 197-206. https://doi.org/10.1038/nature20413

Urnov, F. D., Rebar, E. J., Holmes, M. C., Zhang, H. S., & Gregory, P. D. (2010). Genome editing with engineered zinc finger nucleases. Nature Reviews Genetics, 11(9), 636-646. https://doi.org/10.1038/nrg2842

THE BIOLOGICAL ROLE OF CHEMICAL REACTIONS IN LIVING ORGANISMS: A BIOCHEMICAL PERSPECTIVE

Ravana GULIYEVA
Baku State University, Chemistry Faculty, Baku, Azerbaijan

Nigar ALIYEVA
Baku State University, Department of Botany and Plant Physiology, Baku, Azerbaijan
ORCID: 0009-0003-6116-6223

Aytac ISMAYILOVA
Baku State University, Chemistry Faculty, Baku, Azerbaijan

Fatime QULUYEVA
Ganja State University, Chemistry and Biology Faculty, Ganja, Azerbaijan

ABSTRACT
Living organisms rely entirely on chemical reactions to sustain every aspect of life. From the contraction of a single muscle fiber to the replication of an entire genome, biochemical transformations underpin all physiological processes. These reactions — collectively termed metabolism — are divided into two principal categories: catabolism, in which complex molecules are broken down to release energy, and anabolism, in which simpler precursors are assembled into larger structures at the cost of energy. Central to biological chemistry is the role of enzymes, which function as biological catalysts that lower activation energy, confer substrate specificity, and respond to allosteric regulation. This study examines four fundamental reaction types encountered in living systems: oxidation-reduction (redox) reactions, hydrolysis reactions, phosphorylation reactions, and condensation reactions. The metabolic pathways of glycolysis, the Krebs (citric acid) cycle, and oxidative phosphorylation are analyzed as integrated networks that extract energy from nutrients while generating biosynthetic intermediates. The findings underscore that chemical reactions in living organisms serve simultaneously as energy-generating, regulatory, structural, and signaling mechanisms, with profound implications for medicine, pharmacology, and biotechnology.
Keywords: biochemistry, metabolism, enzymes, redox reactions, ATP, glycolysis, Krebs cycle, oxidative phosphorylation

INTRODUCTION
The chemistry of life constitutes one of the most intricate and elegant systems known to science. Every physiological event — from the propagation of a nerve impulse to the synthesis of a structural protein — is the result of precisely orchestrated chemical reactions occurring within and between cells. These reactions do not proceed in isolation; rather, they are embedded within dynamic metabolic networks that are exquisitely sensitive to cellular conditions, environmental signals, and developmental cues. Understanding the biological role of chemical reactions is therefore not merely an academic exercise but a prerequisite for advances in medicine, pharmacology, and biotechnology (Berg et al., 2019).
Historically, the study of biochemistry emerged from the intersection of chemistry, physiology, and medicine in the nineteenth century. The landmark experiments of Eduard Buchner in 1897, demonstrating that cell-free yeast extracts could ferment sugars, established that chemical reactions responsible for life processes could be studied independently of living cells (Fruton, 1999). Since then, the discipline has expanded enormously, encompassing detailed mechanistic understanding of enzymatic catalysis, metabolic regulation, signal transduction, and molecular genetics.
At the most fundamental level, the chemistry of living organisms is governed by the same physical and chemical laws that apply to any chemical system. However, biological systems differ from ordinary chemical reactions in several crucial respects. First, biological reactions occur under mild conditions — near-neutral pH, moderate temperature, and aqueous medium — yet proceed at rates that would otherwise require extreme conditions (Voet & Voet, 2011). This remarkable efficiency is achieved through enzyme catalysis. Second, biological reactions are spatially organized within cellular

compartments, ensuring that incompatible reactions are separated and that reaction sequences can be regulated independently. Third, metabolic pathways are subject to multiple layers of regulation, allowing the cell to respond rapidly and precisely to changing demands.

This paper examines the principal categories of chemical reactions that sustain life, with particular emphasis on redox reactions, hydrolysis, phosphorylation, and condensation reactions. It then analyzes how these reaction types are integrated into the central metabolic pathways of glycolysis, the citric acid cycle, and oxidative phosphorylation. Finally, it considers the broader implications of metabolic biochemistry for understanding disease and developing therapeutic interventions. The analysis draws on contemporary biochemical literature to present a synthesis of current understanding in this field.

RESEARCH AND FINDINGS

Enzymes as Biological Catalysts: The Foundation of Biochemical Reactions

A defining feature of biological chemistry is the central role of enzymes. Enzymes are proteins — and in some cases ribonucleic acids (ribozymes) — that catalyze specific chemical reactions within the cell. By providing an alternative reaction pathway with a lower activation energy, enzymes accelerate reaction rates by factors of 10^6 to 10^{11} compared with uncatalyzed reactions, without themselves being consumed in the process (Lehninger et al., 2017). This rate enhancement is critical because, without enzymatic catalysis, the vast majority of biochemical reactions would proceed far too slowly to sustain life at physiological temperatures.

The specificity of enzyme catalysis is equally important. Each enzyme possesses an active site — a three-dimensional cleft or pocket formed by specific amino acid residues — that is complementary in shape, charge, and polarity to its substrate. The induced-fit model proposed by Koshland (1958) describes how the active site undergoes conformational changes upon substrate binding, optimizing the geometry for catalysis. This specificity ensures that metabolic pathways proceed in an orderly fashion, with each enzyme acting on its designated substrate and producing a defined product.

Enzymatic activity is subject to allosteric regulation, a mechanism by which effector molecules bind to sites distinct from the active site and modulate enzyme conformation and activity. This regulatory mechanism allows cells to exert fine control over metabolic flux in response to fluctuating concentrations of substrates, products, and signaling molecules (Monod et al., 1965). Feedback inhibition — in which the end product of a metabolic pathway inhibits an early enzyme in that pathway — is a particularly important form of allosteric regulation that prevents the overproduction of metabolic intermediates and conserves cellular resources.

In addition to allosteric regulation, covalent modification — particularly phosphorylation and dephosphorylation catalyzed by protein kinases and phosphatases — constitutes a major mechanism for rapidly and reversibly altering enzyme activity. The interplay between these regulatory mechanisms generates the sophisticated control systems that underlie cellular homeostasis (Cohen, 2002).

Oxidation-Reduction Reactions: Energy Currency of the Cell

Oxidation-reduction (redox) reactions are among the most fundamental and energetically significant chemical transformations in living organisms. In a redox reaction, electrons are transferred from a donor molecule (which is oxidized) to an acceptor molecule (which is reduced). The flow of electrons from compounds of higher reducing potential to those of lower reducing potential is thermodynamically favorable and releases free energy that can be harnessed to drive biological work (Nelson & Cox, 2021).

Cellular respiration is the principal biological process by which redox reactions are exploited for energy generation. During glycolysis and the citric acid cycle, fuel molecules such as glucose are systematically oxidized, with the liberated electrons transferred to the electron carriers nicotinamide adenine dinucleotide (NAD^+) and flavin adenine dinucleotide (FAD), reducing them to NADH and $FADH_2$, respectively. These reduced carriers subsequently donate their electrons to the mitochondrial electron transport chain, where a series of protein complexes — NADH dehydrogenase (Complex I), succinate dehydrogenase (Complex II), cytochrome bc_1 complex (Complex III), and cytochrome c oxidase (Complex IV) — pass electrons stepwise to molecular oxygen, the terminal electron acceptor (Hinkle, 2005).

The electron transport chain is coupled to oxidative phosphorylation through the chemiosmotic mechanism first proposed by Mitchell (1961), who was awarded the Nobel Prize in Chemistry in 1978 for this contribution. As electrons traverse the chain, protons are pumped from the mitochondrial matrix across the inner mitochondrial membrane into the intermembrane space, generating an electrochemical proton gradient — the proton-motive force. This gradient drives the synthesis of adenosine triphosphate (ATP) by the enzyme ATP synthase (Complex V), which harnesses the energy released as protons flow back down their electrochemical gradient into the matrix. The net yield from the complete oxidation of one molecule of glucose is approximately 30 to 32 molecules of ATP, representing a thermodynamic efficiency of approximately 40% (Rich, 2003).

Redox reactions are also central to photosynthesis, the process by which photosynthetic organisms convert light energy into chemical energy. In the light-dependent reactions occurring in the thylakoid membranes, the absorption of photons by chlorophyll drives the oxidation of water, releasing electrons that pass through a photosynthetic electron transport chain and ultimately reduce $NADP^+$ to NADPH. The resulting NADPH, together with ATP generated by photophosphorylation, provides the reducing power and energy required for the light-independent Calvin cycle, in which carbon dioxide is fixed into organic molecules (Blankenship, 2021).

Hydrolysis Reactions: Macromolecular Digestion and Energy Release

Hydrolysis — the cleavage of chemical bonds by the addition of water — is a thermodynamically favorable reaction that plays indispensable roles in both the digestion of macromolecules and the release of chemical energy. In the digestive system, hydrolytic enzymes — collectively termed hydrolases — catalyze the breakdown of dietary proteins, polysaccharides, lipids, and nucleic acids into their constituent monomers, which can then be absorbed and utilized by cells. Proteases cleave peptide bonds, glycosidases cleave glycosidic bonds in polysaccharides, lipases hydrolyze ester bonds in triglycerides, and nucleases cleave phosphodiester bonds in nucleic acids (Alberts et al., 2022).

Of particular metabolic significance is the hydrolysis of ATP, the universal energy currency of the cell. The hydrolysis of the terminal phosphoanhydride bond of ATP to yield adenosine diphosphate (ADP) and inorganic phosphate (P_i) releases a substantial amount of free energy ($\Delta G°' \approx -30.5$ kJ/mol) under standard conditions, and considerably more under physiological conditions where the concentrations of ATP, ADP, and P_i are maintained far from equilibrium (Lehninger et al., 2017). This energy is coupled to endergonic (energy-requiring) processes — including biosynthetic reactions, active membrane transport, and mechanical work — enabling them to proceed. The coupling is achieved either through the direct transfer of a phosphoryl group to a substrate or through conformational changes in motor proteins induced by ATP binding and hydrolysis.

Hydrolysis also features prominently in lysosomal degradation pathways, where a battery of acid hydrolases degrades macromolecules delivered by autophagy or endocytosis, recycling their constituent monomers for biosynthetic use. Dysregulation of lysosomal hydrolases underlies several inherited metabolic diseases, collectively known as lysosomal storage disorders, in which undegraded substrates accumulate to toxic concentrations within lysosomes (Platt et al., 2018).

Phosphorylation Reactions: Regulation and Energy Capture

Phosphorylation reactions — involving the transfer of a phosphoryl group (PO_3^{3-}) from a donor to an acceptor — are central to both energy metabolism and cellular signaling. In the context of energy metabolism, substrate-level phosphorylation refers to the direct transfer of a phosphoryl group from a high-energy phosphorylated intermediate to ADP, generating ATP. This process occurs at specific steps in glycolysis — notably the reactions catalyzed by phosphoglycerate kinase and pyruvate kinase — and in the citric acid cycle at the step catalyzed by succinyl-CoA synthetase (Nelson & Cox, 2021).

In the context of cellular signaling, protein phosphorylation by protein kinases constitutes the predominant post-translational modification regulating protein function in eukaryotic cells. Protein kinases transfer the γ-phosphoryl group of ATP to specific serine, threonine, or tyrosine residues on target proteins, inducing conformational changes that alter their enzymatic activity, subcellular localization, or interactions with other proteins. The human genome encodes approximately 500 protein kinases — collectively termed the kinome — reflecting the extraordinary importance of this regulatory mechanism (Manning et al., 2002).

Signal transduction cascades frequently involve sequential phosphorylation events, amplifying initial signals and generating coordinated cellular responses. The MAP kinase pathway, for example, transmits extracellular growth factor signals through a cascade of three kinases — MAP kinase kinase kinase (MKKK), MAP kinase kinase (MKK), and MAP kinase (MAPK) — ultimately regulating gene expression, cell proliferation, and differentiation (Pearson et al., 2001). Dysregulation of kinase signaling, frequently caused by gain-of-function mutations, is a major driver of cancer and other diseases, making protein kinases attractive targets for pharmacological intervention.

Condensation Reactions: Building the Molecules of Life

Condensation reactions — in which two molecules are joined with the concomitant release of a small molecule, typically water — are the fundamental mechanism by which biological macromolecules are synthesized. The polymerization of amino acids into proteins proceeds through the formation of peptide bonds between the amino group of one amino acid and the carboxyl group of another, with the elimination of water. This reaction is catalyzed by the ribosome, a large ribonucleoprotein complex whose peptidyl transferase activity resides in its RNA component — a striking example of ribozyme catalysis (Steitz, 2008).

Similarly, the synthesis of polysaccharides involves the formation of glycosidic bonds between monosaccharide units, driven by the hydrolysis of nucleoside diphosphate sugars such as UDP-glucose. Nucleic acid synthesis proceeds through the formation of phosphodiester bonds between nucleoside monophosphates, catalyzed by DNA and RNA polymerases, with the release of pyrophosphate — the subsequent hydrolysis of which by pyrophosphatase drives the polymerization reaction forward. Lipid synthesis involves the condensation of acetyl-CoA units in fatty acid synthase complexes, generating the long-chain fatty acids that are esterified into membrane phospholipids and storage triglycerides (Voet & Voet, 2011).

These condensation reactions are all thermodynamically unfavorable under standard conditions and must be coupled to the hydrolysis of energy-rich compounds — typically ATP or its equivalent — to proceed. The coupling of biosynthesis to energy metabolism illustrates the fundamental principle of metabolic integration: the energy released by catabolic reactions is captured in the form of ATP and reducing equivalents (NADH, NADPH), which are then used to drive anabolic reactions. This principle of metabolic coupling ensures that biosynthesis occurs only when the cell is energetically replete, thereby preventing futile cycling and conserving cellular resources (Stryer et al., 2019).

Integrated Metabolic Pathways: Glycolysis, the Krebs Cycle, and Oxidative Phosphorylation

The central metabolic pathways — glycolysis, the citric acid cycle, and oxidative phosphorylation — exemplify the integration of multiple reaction types into coherent, highly regulated networks. Glycolysis, occurring in the cytoplasm, is a ten-step pathway that converts one molecule of glucose (a six-carbon sugar) into two molecules of pyruvate (a three-carbon compound), with a net yield of two molecules of ATP (by substrate-level phosphorylation) and two molecules of NADH. The pathway encompasses phosphorylation reactions (hexokinase, phosphofructokinase), isomerization reactions, and a key redox reaction catalyzed by glyceraldehyde-3-phosphate dehydrogenase, which couples the oxidation of the substrate to the reduction of NAD^+ (Berg et al., 2019).

Under aerobic conditions, pyruvate is transported into the mitochondrial matrix and oxidatively decarboxylated by the pyruvate dehydrogenase complex to yield acetyl-CoA, NADH, and CO_2. Acetyl-CoA then enters the citric acid cycle — an eight-step cyclic pathway — where it is completely oxidized to CO_2 through a series of condensation, hydration, oxidation, and decarboxylation reactions. Per turn of the cycle, three molecules of NADH, one molecule of $FADH_2$, and one molecule of GTP are generated. Since each glucose molecule yields two molecules of acetyl-CoA, the complete oxidation of glucose by the combined pathways of glycolysis and the citric acid cycle generates ten molecules of NADH, two molecules of $FADH_2$, and four molecules of ATP/GTP (Nelson & Cox, 2021).

The NADH and $FADH_2$ generated by these pathways are reoxidized in the mitochondrial electron transport chain, with the concomitant generation of a proton-motive force that drives ATP synthesis by ATP synthase. The three-dimensional structure of ATP synthase, determined by Walker and colleagues (1994) — work recognized by the Nobel Prize in Chemistry in 1997 — revealed the remarkable rotary mechanism by which this enzyme converts the free energy of the proton gradient into the mechanical

energy of rotation and ultimately into the chemical energy of the phosphoanhydride bond of ATP. This elegant molecular machine exemplifies the principle that biological energy transduction involves the coupling of chemical reactions to physical processes at the molecular level.

The regulation of these pathways is achieved through multiple mechanisms operating at different timescales. Allosteric regulation by AMP, ADP, ATP, and citrate provides rapid, moment-to-moment adjustments to metabolic flux. Covalent modification by phosphorylation — for example, of pyruvate dehydrogenase — integrates hormonal signals with mitochondrial metabolism. Transcriptional regulation of enzyme-encoding genes allows longer-term adaptation to changes in nutritional status and energy demand (Hardie, 2011). The key regulatory enzyme of glycolysis, phosphofructokinase-1 (PFK-1), is allosterically inhibited by ATP and citrate (signaling energetic sufficiency) and activated by AMP and fructose-2,6-bisphosphate (signaling energy deficit), representing a paradigm of metabolic regulation.

Biochemical Reactions in Disease and Therapeutic Applications

A deep understanding of biochemical reactions and metabolic pathways has profound implications for medicine and pharmacology. Many diseases arise from defects in specific enzymes or transporters that disrupt metabolic homeostasis. Phenylketonuria results from a deficiency of phenylalanine hydroxylase, causing the accumulation of phenylalanine and its neurotoxic metabolites. Diabetes mellitus arises from impaired insulin signaling or insulin secretion, disrupting glucose metabolism and leading to chronic hyperglycemia with multi-organ consequences. Inborn errors of metabolism — including disorders of amino acid catabolism, fatty acid oxidation, and the urea cycle — collectively affect approximately 1 in 2,500 newborns and represent a major burden of disease in the pediatric population (Blau et al., 2014).

Cancer metabolism represents a particularly active area of research. The Warburg effect — the observation that tumor cells preferentially utilize aerobic glycolysis rather than oxidative phosphorylation for energy generation, even in the presence of sufficient oxygen — has been recognized since the 1920s (Warburg, 1956) and has been revisited with modern molecular tools. Contemporary research has demonstrated that the metabolic reprogramming of cancer cells is not merely a passive consequence of mitochondrial dysfunction but an active adaptation that supports rapid proliferation by providing biosynthetic precursors for nucleotide, lipid, and amino acid synthesis (Vander Heiden et al., 2009). Targeting cancer-specific metabolic vulnerabilities — for example, by inhibiting isocitrate dehydrogenase (IDH) mutations found in gliomas and acute myeloid leukemia — has led to the development of novel targeted therapies.

The pharmaceutical exploitation of enzyme biochemistry is vast. Metformin, the most widely prescribed antidiabetic drug, acts in part by inhibiting Complex I of the mitochondrial electron transport chain, thereby reducing hepatic gluconeogenesis. Statins, used to treat hypercholesterolemia, competitively inhibit HMG-CoA reductase, the rate-limiting enzyme of cholesterol biosynthesis. Antibiotics such as the fluoroquinolones target bacterial DNA gyrase, an enzyme essential for DNA replication, exploiting differences between bacterial and eukaryotic enzymology to achieve selective toxicity (Rang et al., 2020). These examples illustrate how a mechanistic understanding of biochemical reactions provides the rational basis for drug discovery and development.

CONCLUSION

This study has examined the biological roles of the principal categories of chemical reactions in living organisms — redox reactions, hydrolysis, phosphorylation, and condensation — and has analyzed their integration within the central metabolic pathways of glycolysis, the citric acid cycle, and oxidative phosphorylation. Several overarching conclusions emerge from this analysis.

First, chemical reactions in living organisms are not merely energy-generating events. They serve simultaneously as regulatory mechanisms (through allosteric modulation and covalent modification), structural mechanisms (through the condensation reactions that build macromolecules), and signaling mechanisms (through phosphorylation cascades). This multifunctionality reflects the economy and elegance of biological systems, in which individual chemical transformations are embedded within broader networks that serve multiple physiological purposes.

Second, enzymatic catalysis is the indispensable foundation of biological chemistry. The ability of enzymes to accelerate reaction rates by many orders of magnitude, while maintaining exquisite substrate specificity and responding to regulatory signals, is what distinguishes the chemistry of living organisms from chemistry in a flask. Any disruption of enzymatic function — whether through genetic mutation, environmental toxins, or pharmacological inhibition — has profound consequences for cellular physiology and organism health.

Third, metabolic pathways are highly integrated networks in which the products and regulatory signals of one pathway influence the activities of others. This integration ensures that energy generation, biosynthesis, and catabolism are coordinated to meet the changing needs of the cell and the organism. Understanding this integration is essential for comprehending the pathophysiology of metabolic diseases and for identifying therapeutic targets.

Fourth, advances in our understanding of biochemical reactions continue to drive progress in medicine, pharmacology, and biotechnology. From the development of enzyme inhibitors as drugs to the engineering of metabolic pathways in microorganisms for the production of biofuels and pharmaceuticals, the practical applications of biochemistry are far-reaching. Emerging technologies — including structural proteomics, metabolomics, and systems biology — promise to deepen our understanding of metabolic networks at an unprecedented level of detail, opening new avenues for the diagnosis and treatment of disease.

In conclusion, chemical reactions in living organisms represent the mechanistic foundation of life itself. A comprehensive understanding of these reactions — their chemistry, their regulation, and their integration into metabolic networks — is not merely a scientific achievement but a prerequisite for addressing the most pressing challenges in human health and disease. Future research should continue to explore the dynamic interplay between metabolic reactions and cellular signaling, the metabolic adaptations associated with aging and chronic disease, and the potential of metabolic engineering for biotechnological applications.

REFERENCES

Alberts, B., Heald, R., Johnson, A., Morgan, D., Raff, M., Roberts, K., & Walter, P. (2022). *Molecular biology of the cell* (7th ed.). W. W. Norton & Company.

Berg, J. M., Tymoczko, J. L., Gatto, G. J., & Stryer, L. (2019). *Biochemistry* (9th ed.). W. H. Freeman and Company.

Blankenship, R. E. (2021). *Molecular mechanisms of photosynthesis* (3rd ed.). Wiley-Blackwell.

Blau, N., Duran, M., Gibson, K. M., & Dionisi-Vici, C. (Eds.). (2014). *Physician's guide to the diagnosis, treatment, and follow-up of inherited metabolic diseases.* Springer.

Cohen, P. (2002). The origins of protein phosphorylation. *Nature Cell Biology, 4*(5), E127–E130. https://doi.org/10.1038/ncb0502-e127

Fruton, J. S. (1999). *Proteins, enzymes, genes: The interplay of chemistry and biology.* Yale University Press.

Hardie, D. G. (2011). AMP-activated protein kinase: A cellular energy sensor with a key role in metabolic disorders and in cancer. *Biochemical Society Transactions, 39*(1), 1–13. https://doi.org/10.1042/BST0390001

Hinkle, P. C. (2005). P/O ratios of mitochondrial oxidative phosphorylation. *Biochimica et Biophysica Acta — Bioenergetics, 1706*(1–2), 1–11. https://doi.org/10.1016/j.bbabio.2004.09.004

Koshland, D. E. (1958). Application of a theory of enzyme specificity to protein synthesis. *Proceedings of the National Academy of Sciences, 44*(2), 98–104. https://doi.org/10.1073/pnas.44.2.98

Lehninger, A. L., Nelson, D. L., & Cox, M. M. (2017). *Lehninger principles of biochemistry* (7th ed.). W. H. Freeman and Company.

Manning, G., Whyte, D. B., Martinez, R., Hunter, T., & Sudarsanam, S. (2002). The protein kinase complement of the human genome. *Science, 298*(5600), 1912–1934. https://doi.org/10.1126/science.1075762

Mitchell, P. (1961). Coupling of phosphorylation to electron and hydrogen transfer by a chemi-osmotic type of mechanism. *Nature, 191*(4784), 144–148. https://doi.org/10.1038/191144a0

Monod, J., Wyman, J., & Changeux, J.-P. (1965). On the nature of allosteric transitions: A plausible model. *Journal of Molecular Biology, 12*(1), 88–118. https://doi.org/10.1016/S0022-2836(65)80285-6

Nelson, D. L., & Cox, M. M. (2021). *Lehninger principles of biochemistry* (8th ed.). W. H. Freeman and Company.

Pearson, G., Robinson, F., Beers Gibson, T., Xu, B.-E., Karandikar, M., Berman, K., & Cobb, M. H. (2001). Mitogen-activated protein (MAP) kinase pathways: Regulation and physiological functions. *Endocrine Reviews, 22*(2), 153–183. https://doi.org/10.1210/edrv.22.2.0428

Platt, F. M., d'Azzo, A., Davidson, B. L., Neufeld, E. F., & Tifft, C. J. (2018). Lysosomal storage diseases. *Nature Reviews Disease Primers, 4*(1), 27. https://doi.org/10.1038/s41572-018-0025-4

Rang, H. P., Ritter, J. M., Flower, R. J., & Henderson, G. (2020). *Rang and Dale's pharmacology* (9th ed.). Elsevier.

Rich, P. R. (2003). The molecular machinery of Keilin's respiratory chain. *Biochemical Society Transactions, 31*(6), 1095–1105. https://doi.org/10.1042/bst0311095

Steitz, T. A. (2008). A structural understanding of the dynamic ribosome machine. *Nature Reviews Molecular Cell Biology, 9*(3), 242–253. https://doi.org/10.1038/nrm2352

Stryer, L., Berg, J. M., & Tymoczko, J. L. (2019). *Biochemistry* (9th ed.). W. H. Freeman and Company.

Vander Heiden, M. G., Cantley, L. C., & Thompson, C. B. (2009). Understanding the Warburg effect: The metabolic requirements of cell proliferation. *Science, 324*(5930), 1029–1033. https://doi.org/10.1126/science.1160809

Voet, D., & Voet, J. G. (2011). *Biochemistry* (4th ed.). John Wiley & Sons.

Walker, J. E., Saraste, M., & Gay, N. J. (1994). E. coli F1-ATPase interacts with a membrane protein component of a proton channel. *Nature, 369*(6476), 146–151. https://doi.org/10.1038/369146a0

Warburg, O. (1956). On the origin of cancer cells. *Science, 123*(3191), 309–314. https://doi.org/10.1126/science.123.3191.309

LABORATORY DIAGNOSIS AND ANTIBIOTIC RESISTANCE PROFILING OF BACTERIAL PATHOGENS ISOLATED FROM DIFFERENT CLINICAL SAMPLES AT RAJSHAHI MEDICAL COLLEGE HOSPITAL, RAJSHAHI, BANGLADESH

Md. Selim Ali
University of Rajshahi, Faculty of Agriculture, Department of Microbiology, Bangladesh,
ORCID: 0009-0000-3560-8938

ABSTRACT
This internship report presents the practical experience and professional skills gained during my training in the Bacteriology Laboratory of the Department of Microbiology at Rajshahi Medical College. The internship was designed to provide hands-on exposure to routine clinical bacteriological investigations and to develop practical competency in diagnostic microbiology under real laboratory conditions. During the internship period, I actively participated in various laboratory activities, including proper specimen collection and processing, preparation of culture media, inoculation and incubation techniques, microscopic examination using different staining procedures, biochemical identification of bacterial isolates, and antibiotic susceptibility testing using standard laboratory protocols. These activities enabled me to strengthen my practical understanding of pathogen identification, infection diagnosis, and biosafety practices followed in clinical microbiology laboratories. The training also provided valuable experience in working with automated diagnostic systems such as VITEK-2 and Bact-Alert, which are widely used for rapid microbial identification and blood culture detection in modern clinical laboratories. Exposure to these automated technologies enhanced my knowledge of advanced diagnostic methods and laboratory workflow management. Furthermore, analysis of antimicrobial susceptibility patterns obtained from different patient samples allowed me to understand the prevalence of antibiotic resistance, trends of antimicrobial resistance (AMR), and the importance of continuous AMR surveillance in clinical settings. This experience significantly improved my awareness of the global challenge of antimicrobial resistance and the critical role of microbiology laboratories in guiding effective antibiotic therapy.
Keywords: Clinical Microbiology, Bacteriology, Biochemical characterization, Antibiotic susceptibility testing, AMR surveillance.

CHROMATOGRAPHIC ASSESSMENT OF LIPOPHILICITY AND PHARMACOKINETIC PROPERTIES OF THIOCARBOHYDRAZONES

MSc Dragana MEKIĆ
University of Novi Sad, Faculty of Sciences, Department of Chemistry, Biochemistry and Environmental Protection, Novi Sad, Serbia
ORCID ID: 0009-0006-4937-438X

Full prof. Gyöngyi VASTAG
University of Novi Sad, Faculty of Sciences, Department of Chemistry, Biochemistry and Environmental Protection, Novi Sad, Serbia
ORCID ID: 0000-0001-7672-5380

Full prof. Borko MATIJEVIĆ
University of Novi Sad, Faculty of Sciences, Department of Chemistry, Biochemistry and Environmental Protection, Novi Sad, Serbia
ORCID ID: 0000-0003-1054-3909

Dr Gorana MRĐAN
University of Novi Sad, Faculty of Sciences, Department of Chemistry, Biochemistry and Environmental Protection, Novi Sad, Serbia
ORCID ID: 0000-0001-8724-9201

Assoc. prof. Suzana APOSTOLOV
University of Novi Sad, Faculty of Sciences, Department of Chemistry, Biochemistry and Environmental Protection, Novi Sad, Serbia
ORCID ID: 0000-0002-1215-669X

Abstract
Interest in thiocarbohydrazone derivatives has increased significantly due to their structural diversity and promising biological potential. A crucial aspect in the evaluation of such compounds is the establishment of relationships between molecular structure, physicochemical properties, and biological activity. This is commonly achieved using molecular descriptors, among which lipophilicity is one of the most important. By influencing solubility, membrane permeability, and distribution, lipophilicity plays a central role in absorption, distribution, metabolism, and excretion (ADME) processes and overall pharmacokinetic properties. This study investigates the lipophilicity of newly synthesized thiocarbohydrazone derivatives using both experimental and computational approaches. Experimental determination was carried out by reversed-phase thin-layer chromatography (RP-TLC), yielding chromatographic descriptors R_M^0 and m. In parallel, partition coefficients were calculated using several in silico models in order to complement and validate the experimental findings. The obtained data were analyzed using linear regression to evaluate correlations between chromatographic parameters, calculated lipophilicity values, and selected pharmacokinetic predictors. In addition, the BOILED-Egg model was applied to predict passive gastrointestinal absorption and blood–brain barrier permeability. The results demonstrated good agreement between experimental and computational lipophilicity data, confirming the reliability of chromatographic descriptors for lipophilicity estimation. Furthermore, significant correlations between lipophilicity and pharmacokinetic parameters were observed, indicating that these descriptors can be effectively used in early-stage drug design and ADME prediction.
Key words: thiocarbohydrazones; TLC; ADMET; lipophilicity; pharmacokinetics

GLOBAL METAL CONTAMINATION: ENVIRONMENTAL PATHWAYS, HUMAN HEALTH RISKS, AND SUSTAINABLE REMEDIATION

Prof. Gabrijel ONDRASEK
University of Zagreb Faculty of Agriculture, Svetosimunska c. 25, 10000 Zagreb/Croatia/EU
ORCİD: ID/0000-0001-8398-0099,

Asst. Prof. Jelena HORVATINEC ISAKOVIĆ
University of Zagreb Faculty of Agriculture, Svetosimunska c. 25, 10000 Zagreb/Croatia/EU
ORCİD: ID/0000-0003-1819-0888,

Abstract
Metal contamination is an escalating global environmental and public health issue driven by rapid industrialization, urbanization, intensive agriculture, mining, and wastewater discharge. Toxic metals and metalloids such as cadmium (Cd), lead (Pb), arsenic (As), mercury (Hg), chromium (Cr), zinc (Zn), and nickel (Ni) accumulate in soils, water, and air, entering the human food chain through contaminated crops, drinking water, and inhalation pathways. Their persistence, mobility, and bioavailability contribute to oxidative stress, cellular dysfunction, carcinogenesis, and ecosystem degradation. This review summarizes major natural and anthropogenic sources of metal contamination, including agrochemicals, biosolids, wastewater irrigation, mining activities, and airborne particulate emissions. Particular emphasis is placed on the mechanisms governing metal mobility, plant uptake, and redistribution within agroecosystems. Contemporary remediation strategies are critically discussed, focusing on sustainable and bio-based approaches such as phytoremediation, biochar and bioash amendments, and chemical stabilization. Metallophyte plants demonstrate considerable potential for phytoextraction and detoxification of contaminated soils, while engineered biochars and alkaline bioashes improve metal immobilization and reduce bioavailability. In addition, recent advances in artificial intelligence and machine learning provide innovative tools for predicting metal dynamics, optimizing remediation efficiency, and supporting environmental risk assessment. Integrating AI-driven modelling with advanced sensing technologies and field-scale remediation practices offers promising opportunities for more precise, cost-effective, and sustainable management of contaminated environments. A multidisciplinary framework combining environmental science, agriculture, toxicology, and computational technologies is essential for mitigating future risks associated with metal contamination and safeguarding human and ecosystem health.
Keywords: Heavy metals; Environmental pollution; Phytoremediation; Soil remediation; Public health; Agroecosystems

PATHOPHYSIOLOGICAL EFFECTS OF *DABOIA MAURITANICA* VENOM: INSIGHTS INTO MOROCCAN VIPER ENVENOMATION

Nihal MESMOUDI
Laboratory of Odontological Biomaterials and Nanotechnology, Faculty of Dental Medicine, Mohammed V University in Rabat, Rabat, Morocco, Laboratory of Venoms and Toxins, Pasteur Institute of Morocco, 1 Place Louis Pasteur, Morocco
ORCID: 0009-0004-7623-7204

Khawla AMMOUCH
Laboratory of Odontological Biomaterials and Nanotechnology, Faculty of Dental Medicine, Mohammed V University in Rabat, Rabat, Morocco, Laboratory of Venoms and Toxins, Pasteur Institute of Morocco, 1 Place Louis Pasteur, Casablanca 20250, Morocco

Dr. Siham MESMOUDI
Laboratory of Pathological Anatomy, University Hospital Center Ibn Sina, Rabat, Morocco

Prof. Abdellah MOUSTAGHFIR
Laboratory of Odontological Biomaterials and Nanotechnology, Faculty of Dental Medicine, Mohammed V University in Rabat, Rabat, Morocco

Dr. Naoual OUKKACHE
Laboratory of Venoms and Toxins, Pasteur Institute of Morocco, 1 Place Louis Pasteur, Casablanca 20250, Morocco

Abstract
Snakebite envenomation remains a neglected tropical disease associated with significant morbidity and mortality worldwide, particularly in North African countries where viperid snakes represent a major medical concern. In Morocco, *Daboia mauritanica* is one of the principal species responsible for severe envenomation cases. Its venom is a complex mixture of enzymatic and non-enzymatic toxins capable of inducing local tissue damage, hemorrhage, and coagulation disturbances.
The present study investigated the toxic, hemorrhagic, and hemostatic effects induced by Daboia mauritanica venom using a murine experimental model. Venom lethality was evaluated through intraperitoneal LD_{50} assays, whereas hemorrhagic activity was assessed following intradermal injection and determination of the minimum hemorrhagic dose (MHD). Hemostatic alterations were analyzed after administration of sublethal venom doses by measuring prothrombin time (PT), activated partial thromboplastin time (aPTT), fibrinogen concentration, and platelet counts. Histopathological examination of skin and organ tissues was also performed to characterize venom-induced lesions.
The venom induced marked systemic toxicity, hemorrhagic lesions, and significant disturbances in coagulation parameters. Histological analyses revealed vascular damage, erythrocyte extravasation, edema, and inflammatory infiltration in affected tissues. These effects are likely associated with the action of snake venom metalloproteases and serine proteases, which are abundant components of viper venoms and play a central role in hemorrhagic and coagulopathic manifestations.
This study provides experimental insights into the pathophysiology of *Daboia mauritanica* envenomation and contributes to a better understanding of venom-induced hemorrhagic and hemostatic alterations, which may support improved clinical management and antivenom development strategies.
Keywords: *Daboia mauritanica*, snakebite envenomation, hemorrhagic activity, hemostatic alterations, coagulation disorders, LD_{50}, minimum hemorrhagic dose.

ADVANCED MIXED METAL OXIDE NANOCOMPOSITE FOR ASYMMETRIC SUPERCAPACITORS

Shahzaib KHAN
Government College University Faisalabad, Department of Chemistry, Faisalabad, 38000, Pakistan,

Professor Muhammad USMAN
Government College University Faisalabad, Department of Chemistry, Faisalabad, 38000, Pakistan,
ORCİD: https://orcid.org/0000-0001-9324-6947

Abstract
Increasing energy consumption necessitates the development of effective energy storage technologies that utilise nanoscale composite materials to enhance electrochemical performance. In this study, an iron manganese oxide-cobalt oxide ($FeMn_2O_4/Co_3O_4$) nanocomposite was synthesised using an ultrasonication process, and its supercapacitor performance was assessed through various electrochemical tests. The specific capacitance of the material approached 1240 F g^{-1} at a low current rate (1 A g^{-1}), indicating favourable energy-storage performance of the nanocomposite. Additionally, the assembled asymmetric supercapacitor configuration ($FeMn_2O_4/Co_3O_4$//AC) confirmed an energy density of 49 Wh kg^{-1} with a significant power density of 665 W kg^{-1} under the optimal potential difference of 1.45 V. However, the capacitance was retained at ~94 % over 5,000 cycles, suggesting enhanced cycle stability. The improved performance is attributed to the increased nanocomposite conductivity, which facilitates ion flow to the electrode active sites. Consequently, the superior performance of these $FeMn_2O_4/Co_3O_4$ nanocomposite-based supercapacitors makes them a promising option for sustainable energy storage solutions.
Keywords: Asymmetric supercapacitors, $FeMn_2O_4/Co_3O_4$, Spinel oxide, Sonication method, Specific capacitance

USING COMPUTER-BASED METHODS TO IDENTIFY PLANT-DERIVED COMPOUNDS AGAINST OVARIAN CANCER: A STUDY TARGETING ALDH1A1

IN SILICO ANALIZ ILE YUMURTALIK KANSERİ TEDAVİSİ İÇİN BİTKİSEL BİLEŞİKLERİN ARAŞTIRILMASI: ALDH1A1 HEDEFLİ MOLEKÜLER DOKING, ADMET PROFİLLEME VE MOLEKÜLER DİNAMİK SİMÜLASYONU

Rushail Nazish
University of Management and Technology, Faculty of Life Sciences, Department of Biotechnology, Lahore, Pakistan

Abstract
Ovarian Cancer is one of the most severe female cancers in the world and current treatments are not always effective because of drug resistance and high relapse rates. In this study, computational approaches were used to investigate the possibility of using naturally occurring plant compounds as potential new treatments. ALDH1A1, which is a protein strongly associated with cancer cell survival and resistance to chemotherapy, was chosen for study based on its experimentally determined 3D structure (PDB ID: 7UM9). Through molecular docking (AutoDock Vina) 12 phytochemicals were screened for maximum binding affinity to ALDH1A1. The most promising candidates were then analyzed by the tools SwissADME and pkCSM for their drug-like characteristics such as absorption, distribution and tolerability. The three compounds that appeared to be the best leads were 7β-Hydroxydehydroabietic Acid, Boeravinone B, and Medicarpin 3-O-Glucoside. Boeravinone B was identified as the most promising compound and a 100-ns molecular dynamics simulation was conducted to further demonstrate its ability to remain stable in terms of interactions with the target protein. This information underscores the potential of plants as a source of therapeutic agents for safer and more effective ovarian cancer treatment, especially Boeravinone B. These computational results are recommended to be confirmed by future laboratory investigations.
Keywords: Ovarian cancer, ALDH1A1, phytochemicals, molecular docking, ADMET profiling, molecular dynamics, computational drug discovery

Özet
Yumurtalık kanseri, dünya genelinde kadınları etkileyen en ciddi kanser türlerinden biridir; mevcut tedaviler ise ilaç direnci ve yüksek nüks oranları nedeniyle yetersiz kalmaktadır. Bu çalışmada, doğal bitki kökenli bileşikler potansiyel yeni tedavi adayları olarak bilgisayar tabanlı yöntemlerle araştırılmıştır. Hedef protein olarak, kanser hücrelerinin yaşamı ve kemoterapiye direnç ile güçlü biçimde ilişkili olan ALDH1A1 proteini seçilmiş; bu proteinin deneysel olarak çözümlenmiş 3 boyutlu yapısı (PDB ID: 7UM9) kullanılmıştır. On iki fitokimyasal bileşik, ALDH1A1'e en etkili şekilde bağlanan bileşikleri belirlemek amacıyla moleküler doking (AutoDock Vina) yöntemiyle taranmıştır. En iyi adaylar daha sonra SwissADME ve pkCSM araçları kullanılarak emilim, dağılım ve tolerabilite gibi ilaç benzeri özellikleri açısından değerlendirilmiştir. En umut verici üç bileşik olarak 7β-Hidroksidehidroabietik Asit, Boeravinon B ve Medikarpin 3-O-Glukozid öne çıkmıştır. En güçlü aday olan Boeravinon B için 100 nanosanityelik moleküler dinamik simülasyonu gerçekleştirilmiş ve bileşiğin hedef proteinle zaman içinde kararlı etkileşimini koruduğu doğrulanmıştır. Bu sonuçlar, özellikle Boeravinon B olmak üzere bitki kökenli bileşiklerin daha güvenli ve etkili yumurtalık kanseri tedavilerinin geliştirilmesinde başlangıç noktası olarak değerlendirilme potansiyelini ortaya koymaktadır. Bilgisayar tabanlı bulguların doğrulanması için ileride laboratuvar çalışmaları önerilmektedir.
Anahtar kelimeler: Yumurtalık kanseri, ALDH1A1, fitokimyasallar, moleküler doking, ADMET profilleme, moleküler dinamik, hesaplamalı ilaç keşfi

A NEW PERSPECTIVE ON STATISTICAL SUMMABILITY IN NEUTROSOPHIC NON-ARCHIMEDEAN SEQUENCES

Research Scholar Sumaiya Parveen
Department of Mathematics,Aligarh Muslim University, Aligarh–202002, India
ORCID: ID/0009-0003-9495-9019

Prof. Vakeel A Khan
Department of Mathematics, Aligarh Muslim University, Aligarh–202002, India
ORCİD: ID/0000-0002-4132-0954,

Abstract
This paper proposes a modified approach to statistical summability for sequences defined in non-Archimedean neutrosophic settings. By incorporating matrix-based techniques, we extend traditional summability concepts to accommodate uncertainty and non-classical norm structures.
The study develops a generalized convergence scheme that captures delayed averaging effects and examines its fundamental properties. Relationships between the proposed method and existing statistical convergence frameworks are discussed, highlighting both similarities and distinguishing features. In addition, conditions for convergence and Cauchy-type behavior are analyzed within this setting.
Examples are included to demonstrate the applicability of the approach and to illustrate how it differs from classical models. The results indicate that the suggested formulation provides a flexible tool for studying sequence behavior in environments characterized by indeterminacy and non-Archimedean metrics, contributing to ongoing research in generalized analysis and its applications.
Keywords: Non-Archimedean Neutrosophic Sequence, Statistical Summability, Matrix Transformation, Convergence, Cauchy Sequence

References
[1] Khan, V. A. and Arshad, M. On Some Properties of Nörlund Ideal Convergence of Sequence in Neutrosophic Normed Spaces, *Italian Journal of Pure and Applied Mathematics*, 50 (2023), 352–373.
[2] Khan, V. A. and Arshad, M. On Neutrosophic Normed Spaces of I-Convergence Difference Sequences Defined by Modulus Function, *Neutrosophic Sets and Systems*, 73 (2024), 178–190.
[3] Kucukaslan, M. and Yilmazturk, M. On Deferred Statistical Convergence of Sequences, *Kyungpook Mathematical Journal*, 56(2) (2016), 357–366.
[4] Khan, V. A. and Rahman, Z. Riesz I-Convergent Sequence Spaces, *Proyecciones Journal of Mathematics*, 42(2) (2023), 1–13.

IN-PLANTA TARGETING AND CLEAVAGE OF VIRAL DNA/RNA GENOMES USING CRISPR/CAS SYSTEMS

Dr. K. VIGNESH
Assistant Professor, Palar Agricultural College, Vellore, Tamil Nadu, India
ORCID: 0000-0003-4484-3862

ABSTRACT

Abstract
Plant viral diseases pose a catastrophic threat to global food security, accounting for billions of dollars in annual crop losses. Traditional management strategies, including chemical vector control and conventional breeding for resistance, often fail against rapidly evolving viral strains. Recently, the adaptation of CRISPR/Cas systems has emerged as a revolutionary paradigm for engineering direct, non-transgenic antiviral immunity in plants. This study explores the development and optimization of an *in-planta* CRISPR/Cas-mediated platform designed to target and cleave both DNA and RNA viral genomes. Utilizing a dual-strategy approach, we deployed a highly specific *Streptococcus pyogenes* Cas9 (SpCas9) variant multiplexed with guide RNAs (gRNAs) targeting essential replication genes of the Tomato Yellow Leaf Curl Virus (TYLCV, a single-stranded DNA geminivirus), alongside a *Leptotrichia shahii* Cas13a (LshCas13a) system directed against the coat protein gene of the Potato Virus Y (PVY, a single-stranded RNA potyvirus).
Transgenic and transient expression assays in *Nicotiana benthamiana* and agricultural crop models demonstrated a significant reduction in viral accumulation—up to an 85% decrease in viral titers—accompanied by a marked attenuation of systemic symptoms. Notably, multiplexed gRNA designs targeting multiple conserved regions simultaneously suppressed the emergence of viral escape mutants, a common pitfall of single-target strategies. High-throughput sequencing confirmed high-fidelity cleavage with negligible off-target mutations in the host plant genome, highlighting the precision of the system. Furthermore, we investigated the durability of this CRISPR-mediated resistance across subsequent plant generations and under elevated temperature regimes associated with climate change. Our findings demonstrate that *in-planta* CRISPR/Cas targeting provides a highly adaptable, multiplexable, and robust molecular shield against diverse plant viruses, offering a scalable blueprint for safeguarding critical food crops from mutating phytopathogens.
Keywords: CRISPR/Cas9, Cas13a, Antiviral Immunity, Viral Escape, Multiplex Genome Editing, Plant Pathology, Food Security.

3',5,7-TRİHİDROKSİ-4'-METOKSİFLAVANON SİKLODEKSTRİN-İLAÇ SİSTEMLERİNİN MODELLENMESİ İÇİN HESAPLAMALI YÖNTEMLER

3',5,7-TRIHYDROXY-4'-METHOXYFLAVANONE COMPUTATIONAL METHODS FOR MODELING CYCLODEXTRIN-DRUG SYSTEMS

Asst. Prof. Hanane MESSIAD
Laboratory of Applied Chemistry (LCA), University of 8 Mai 1945 Guelma, 24000, Algeria
Laboratory of Medicine and Sustainable Development (ReMeDD), Department of Environmental Engineering, Faculty of process Engineering, University of Salah Boubnider Constantine3, Constantine,25000, Algeria
ORCİD: ID/0009-0002-5378-3777

Asst. Prof. Tarek YOUSFI
National Center for Biotechnology Research -CRBt,UV 03, BP E73,New city Ali Mendjli,Constantine,25000, Algeria,
ORCİD: ID/ 0000-0002-2693-2282

Abstract
In this work, we studied the complexation of molecules 3',5,7-Trihydroxy-4'-methoxyflavanone with β-cyclodextrin with the stoichiometry of 1:1. We simulated the inclusion of HES in the β-CD using the semi-empirical method PM6, DFT and ONIOM2 and NBO methods. The energies of complexation and interaction for both orientations considered are reported.
We found that the orientation (2) is more stable, statistical thermodynamics calculations at 1 atm and 298.15K have shown that in a vacuum, the process complexation is exothermic and enthalpically favorable. The calculated negative complexation energy suggests that inclusion complexes are stable. HOMO and LUMO orbital investigations confirm the better stability of orientation (2).Finally, natural bond orbital (NBO) was performed based on optimized complex ONIOM2 quantify the interactions between donor acceptor HES and β-CD.
the aim of this study was to investigate the stability of the inclusion complex HES@β-CD through the energies, geometric structures, and chemical reactivity and IGM analyses were determined to understand the nature and type of intermolecular interactions stabilizing our system.
The computational analysis indicates that both PM6 and DFT methodologies forecast a stable HES@β-CD inclusion complex. The modeling results indicate that cyclodextrin complexation is a viable approach to enhance the physicochemical and pharmacokinetic characteristics of HES.
Keywords: β-cyclodextrin-Complex-inclusion-DFT-doking.

Özet
Bu çalışmada, 3',5,7-Trihidroksi-4'-metoksiflavanon molekülünün β-siklodekstrin ile 1:1 tokiyometrisindeki kompleksleşmesi incelenmiştir. HES'in β-CD içine dahil olma süreci, yarı ampirik PM6 yöntemi, DFT, ONIOM2 ve NBO yöntemleri kullanılarak simüle edilmiştir. Her iki dikkate alınan yönelim için kompleksleşme ve etkileşim enerjileri rapor edilmiştir.
Elde edilen sonuçlar, yönelim (2)'nin daha kararlı olduğunu göstermiştir. 1 atm ve 298.15 K'de gerçekleştirilen istatistiksel termodinamik hesaplamalar, vakum ortamında kompleksleşme sürecinin ekzotermik ve entalpi açısından elverişli olduğunu ortaya koymuştur. Hesaplanan negatif kompleksleşme enerjisi, inklüzyon komplekslerinin kararlı olduğunu göstermektedir. HOMO ve LUMO orbital incelemeleri de yönelim (2)'nin daha yüksek kararlılığa sahip olduğunu doğrulamaktadır.
Son olarak, optimize edilmiş ONIOM2 kompleksine dayalı olarak doğal bağ orbitali (NBO) analizi gerçekleştirilmiş ve HES ile β-CD arasındaki verici-alıcı etkileşimleri nicel olarak değerlendirilmiştir. Bu çalışmanın amacı, HES@β-CD inklüzyon kompleksinin kararlılığını enerji, geometrik yapı ve kimyasal reaktivite açısından araştırmak olup, ayrıca sistemimizi stabilize eden moleküller arası etkileşimlerin doğasını ve türünü anlamak için IGM analizleri yapılmıştır.
Hesaplamalı analizler, hem PM6 hem de DFT yöntemlerinin kararlı bir HES@β-CD inklüzyon kompleksi öngördüğünü göstermektedir.

Modellemeden elde edilen sonuçlar, siklodekstrin kompleksleşmesinin HES'in fizikokimyasal ve farmakokinetik özelliklerini geliştirmek için uygulanabilir bir yaklaşım olduğunu ortaya koymaktadır.

Anahtar kelimeler: β-siklodekstrin inklüzyon kompleksi: DFT ve moleküler docking çalışması.

ETHNOPHARMACOLOGICAL POTENTIAL AND INDIGENOUS KNOWLEDGE OF POISONOUS SPONTANEOUS FLORA IN SOUTHEASTERN ALGERIA

Dr. Nacima DIAB
Scientific and Technical Research Center on Arid Regions, CRSTRA , PoBox 1682 Rp, Biskra, Algeria.
ORCID: 0000-0003-4544-2083

Dr. Asma BOUCIF
Biological Sciences Department, Biskra University, PoBox 145 Rp Bisktra, Algeria.

Abstract
The study examined the significance use of poisonous spontaneous plants as sources of traditional medicinal plants in arid conditions Northern Africa South Algeria. The study highlights the great ecological diversity of spontaneous toxic plants in the Biskra region, with species adapted to different environments. Using a questionnaire survey containing 300 items was developed and distributed in the region. The obtained results indicated a significant use of poisonous spontaneous plants in preparing bio drugs. The survey on the use of toxic plants in traditional medicine shows that the majority of respondents (65%) are between 30 and 60 years old, with women (59%) being more involved than men (41%). Most live in the outskirts of Biskra (62%), and university graduates (36%) are the most knowledgeable about medicinal plants. The main sources of information are family (49%) and herbalists (20%). *Citrullus colocynthis*, *Ruta chalepensis*, and *Thapsia garganica* were among the most commonly used plants in the region used to treat digestive (20%) and dermatological (20%) disorders. The leaves are the most commonly used parts (38%) administered orally (54%) with common preparations decoctions (33%) and powders (29%). Measured by handful (55%) by spoonful (25%) and by a pinch (20%). In terms of toxicity, digestive effects are the most frequent (30%), followed by dermatological, neurological, and renal toxicities (15%). Although widely used in both traditional and modern medicine, medicinal plants may simultaneously contain beneficial bioactive compounds and potentially toxic substances . This chemical duality makes their use especially in the form of extracts or preparations both promising and risky. It is therefore essential to identify, characterize, and quantify these plants in order to ensure the safety and efficacy of plant-based products.
Keywords: toxic plants, inventory, ethnobotanical, traditional medicine, safe use.

ANALYSIS OF SWISSADME RESULTS FOR (E)-1-(1-(4-(TERT-BUTYL)PHENYL)-2,2-DICHLOROVINYL)-2-(M-TOLYL)DIAZENE COMPOUND

PhD Gulnar Atakishiyeva
Department of Organic Chemistry, Baku State University, Baku, Azerbaijan
Orchid ID: 0000-0002-9659-5218

PhD Sevinc Mukhtarova
Department of special techniques and technologies, Azerbaijan Technical University, Baku, Azerbaijan,
Orcid ID: 0000-0002-1388-2319

Ayten Qajar
Department of Organic Chemistry, Baku State University, Baku, Azerbaijan
Orcid ID: 0009-0002-8219-9668

PhD Nigar Ahmedova
Department of Organic Chemistry, Baku State University, Baku, Azerbaijan
Orchid ID: 0009-0009-6245-4837

Irada Shikhaliyeva
Department of Petroleum Chemistry, Baku State University, Baku, Azerbaijan
Orcid ID: 0009-0006-1518-4609

Associate professor Gulnara Babayeva
Department of Analytical and Organic Chemistry, Azerbaijan State Pedagogical University, Baku, Azerbaijan,

ABSTRACT

In this study, the pharmacokinetic and drug-likeness properties of the compound (E)-1-(1-(4-(tert-butyl)phenyl)-2,2-dichlorovinyl)-2-(m-tolyl)diazene were evaluated using the SwissADME platform. The results demonstrated that the molecule possesses a lipophilic character, which positively influences its ability to penetrate biological membranes. According to the physicochemical parameters, the compound has a moderate molecular weight (~347 g/mol) and a low topological polar surface area (~24.7 Å²). These properties indicate its potential for effective interaction with cellular membranes. However, the high logP value (~6.15) increases the hydrophobicity of the molecule, resulting in poor water solubility.

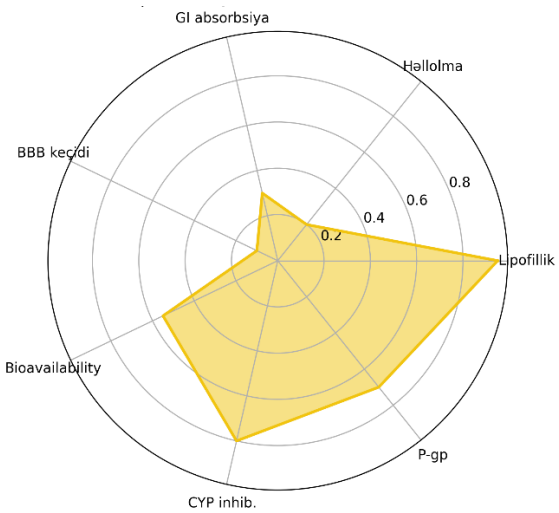
Pharmacokinetic analyses revealed that the compound:

- Exhibits low gastrointestinal (GI) absorption
- Does not cross the blood–brain barrier (BBB), which may be advantageous in terms of reducing central nervous system side effects
- Acts as a P-glycoprotein (P-gp) substrate, which may accelerate its cellular efflux
- Inhibits the CYP2C9 enzyme, increasing the risk of metabolic drug–drug interactions

From a drug-likeness perspective, the molecule generally falls within acceptable ranges; however, certain rule violations are observed due to its high lipophilicity. The bioavailability score (~0.55) suggests a moderate potential for biological activity. In terms of chemical safety, the presence of azo and diazo functional groups raises specific structural alerts, indicating the need for additional experimental investigations.

Although (E)-1-(1-(4-(tert-butyl)phenyl)-2,2-dichlorovinyl)-2-(m-tolyl)diazene appears to be a promising bioactive molecule, optimization of its pharmacokinetic properties—particularly through improving solubility and reducing lipophilicity—is considered essential.

.



Keywords: SwissADME, pharmacokinetics, drug-likeness, dichlorodiazadiene, lipophilicity, in silico analysis, azo compounds

EVALUATION OF THE ANTIBACTERIAL POTENTIAL OF COMBINED ETHANOLIC EXTRACTS OF *CHENOPODIUM ALBUM*, *MUSA SPP.*, AND *CALOTROPIS GIGANTEA*

Shianta Jahan
Department of Microbiology, Faculty of Agriculture,University of Rajshahi, Rajshahi, Bangladesh
ORCID: 0009-0009-1515-8461

ABSTRACT

The relentless emergence of multidrug-resistant (MDR) bacterial strains has posed a critical challenge to public health, thereby intensifying the global quest for alternative and effective antibacterial agents. In this context, the present study was undertaken to evaluate the antibacterial potential of a combined ethanolic extract derived from *Chenopodium album* (bathua), *Musa spp.* (banana inflorescence) and *Calotropis gigantea* (akand leaf)—three medicinal plants traditionally recognized for their therapeutic properties.

Unlike conventional approaches that rely on single-plant extracts, this research adopted a novel combinatorial strategy, wherein the plant samples were selected based on prior ethnomedicinal significance and an unified ethanolic extraction process was applied. The research adopted a polyherbal formulation strategy, capitalizing on the synergistic potential of multiple phytochemical constituents. Ethanolic extracts were prepared individually and then combined in equal ratios. The resultant formulation was tested against five clinically significant bacterial strains—Escherichia coli, Staphylococcus aureus, Klebsiella pneumoniae, Shigella sonnei and Acinetobacter calcoaceticus—using agar well diffusion, Minimum Inhibitory Concentration (MIC) and Minimum Bactericidal Concentration (MBC) methods.The bioactive chemical compounds (phytochemicals) were identified by Gas Chromatography Mass Spectrometry (GC-MS) analysis. The results demonstrated strong inhibitory effects, particularly against S. aureus and E. coli, with low MIC and MBC values confirming both bacteriostatic and bactericidal potential.

This intentional synergy was designed to enhance the antibacterial efficacy through potential phytochemical interactions, aiming for a more potent and broad-spectrum therapeutic effect and the study's unique methodological approach with its encouraging results indicate that combining plant extracts may offer a powerful strategy to combat resistant bacterial infections.

The study revealed that the combination of the three plant extracts produced greater antibacterial efficacy than any individual component alone, suggesting a synergistic interaction among flavonoids, alkaloids, terpenoids and phenolics. This reinforces the hypothesis that polyherbal formulations may serve as a promising alternative to synthetic antibiotics, especially in low-resource settings. Although the findings are promising, further studies involving in vivo testing, compound isolation, toxicity profiling, and formulation development are essential for future clinical application. This research not only validates traditional knowledge but also offers a scientific basis for the development of plant-based antibacterial therapeutics aimed at reflecting the potential of such combinations in designing future plant-based formulations with enhanced efficacy. Importantly, this research lays a promising foundation for advanced investigations, including in-vivo studies and compound isolation and may contribute significantly to the development of natural, cost-effective antibacterial therapeutics in the face of the growing antimicrobial resistance crisis.

Keywords: Polyherbal formulation, Antibacterial activity, Chenopodium album, Musa spp., Calotropis gigantea, Multidrug-resistant bacteria, Ethanolic extract, GC-MS analysis, Agar well diffusion, Minimum Inhibitory Concentration (MIC), Synergistic effect.

COMPARATIVE MOLECULAR DOCKING ANALYSIS OF FURAN DERIVATIVE AS DNA GYRASE B INHIBITORS

PhD Gulnar Atakishiyeva
Department of Organic Chemistry, Baku State University, Baku, Azerbaijan
ORCID ID: 0000-0002-9659-5218

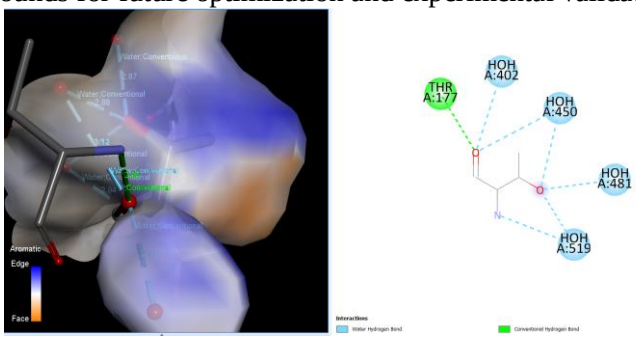
PhD Sevinç Muhtarova
Department of special techniques and technologies, Azerbaijan Technical University, Baku, Azerbaijan,
ORCID ID: 0000-0002-1388-2319

Shafiga İbrahimova
Department of Organic Chemistry, Baku State University, Baku, Azerbaijan
ORCID ID: 0009-0008-7739-2598

Ayten Qajar
Department of Organic Chemistry, Baku State University, Baku, Azerbaijan
ORCID ID: 0009-0002-8219-9668

Teymur Sadıxlı
Department of Organic Chemistry, Baku State University, Baku, Azerbaijan
ORCID ID: 0009-0004-7286-5764

ABSTRACT
The emergence of multidrug-resistant bacterial strains has increased the demand for novel antibacterial compounds targeting essential bacterial enzymes. In this study, furan derivative was comparatively investigated against DNA gyrase B (PDB ID: 4KFG) using molecular docking analysis. Docking simulation was performed using AutoDock Vina to evaluate ligand–protein interactions and binding affinitiesIn contrast, compound (E)-N'-((5-nitrofuran-2-yl)methylene)methanesulfonohydrazide demonstrates a distinct binding mechanism characterized predominantly by hydrogen bonding and water-mediated interactions. Molecular docking analysis revealed the presence of a classical hydrogen bond with THR A:177 at an approximate distance of 2.8–3.0 Å, accompanied by several water-bridge interactions involving HOH molecules. These findings suggest that (E)-N'-((5-nitrofuran-2-yl)methylene)methanesulfonohydrazide is preferentially localized within a more hydrophilic region of the binding pocket. However, the limited contribution of hydrophobic and aromatic interactions appears to reduce its overall binding affinity compared to the leading compounds. Although (E)-N'-((5-nitrofuran-2-yl)methylene)methanesulfonohydrazide exhibits favorable interaction behavior in polar microenvironments, its total binding strength remains relatively lower, indicating that further structural optimization may be required to enhance its biological activity. The obtained results indicate that furan derivative possesses considerable potential as DNA gyrase B inhibitors and may serve as promising antibacterial lead compounds for future optimization and experimental validation studies.



Keywords: DNA gyrase B, triazole derivatives, hydrazone derivatives, molecular docking, antibacterial activity, heterocyclic compounds

SİNERJİLERİ NEUROARCHITECTURE, ÖZEL EĞİTİM VE SANAT DAHİL ETME METODOLOJİSİ ARASINDA

SYNERGIES BETWEEN NEUROARCHITECTURE, SPECIAL EDUCATION, AND ART INCLUSION METHODOLOGY

Prof. Gianluca Pasquale TODISCO
University of Salerno, Department of Human, Philosophical and Education Sciences, Salerno, Italy,
ORCID: ID/0009-0007-5333-7618,

Abstract
This paper explores the deep-seated psychological and somatic distress generated by traditional, authoritarian educational models, tracing their epistemological roots back to rigid, performance-driven pedagogical systems and archaic, panoptic architectural layouts. By examining the plight of introverted individuals, highly gifted students, and neurodivergent learners, the study illustrates how persistent evaluation anxiety and historical legacies of systemic coercion trigger chronic stress, hyperactivate the amygdala, and result in profound learning blocks and retrophobic avoidance behaviors. To counteract this systemic stagnation, the investigation proposes a multi-layered, interdisciplinary framework that synthesizes Rudolf Arnheim's Gestalt principles of visual perception with modern expressive therapies, including art therapy, music therapy, and chromotherapy. These practices dismantle the classical "computational paradox" described by Howard Gardner and the humbling ironies of artificial intelligence outlined by Tomaso Poggio, proving that human cognition is an embodied, holistic, and inherently qualitative phenomenon rather than an immaculate mathematical calculation. The shift in paradigm discussed in this paper is applicable to the educational system as viewed through the lenses of neuroarchitecture and outdoor education. The conventional school design utilizes fluorescent lighting and is a concrete/blockish type of building, typically referred to as barracks with many classrooms. Using natural and biophilic elements in their design, the new type of school design would regulate the levels of cortisol, which are produced during stress, reduce sensory overload for children, and create environments that are healthy and supportive. A spatial and pedagogical revolution will take place; rather than being confined to an oppressive structure for past failure, schools can become nurturing analogues for fostering the development of future diverse minds and become purposeful places where children can learn to learn.
Keywords: Neuroarchitecture, Special Education, Art Inclusion Methodology, Brain Plasticity, Neuroaesthetics, Sensory Inclusion.

Özet
Bu çalışma, geleneksel ve otoriter eğitim modellerinin yarattığı derin psikolojik ve somatik sıkıntıları incelemekte, bunların epistemolojik köklerini katı, başarı odaklı pedagojik sistemlere ve arkaik, panoptik mimari düzenlere dayandırmaktadır. İçe dönük bireylerin, üstün yetenekli öğrencilerin ve nöroçeşitli öğrenicilerin durumlarını inceleyen araştırma; kalıcı değerlendirme kaygısının ve sistemsel baskının tarihsel miraslarının kronik stresi nasıl tetiklediğini, amigdalayı nasıl aşırı aktif hale getirdiğini ve nasıl derin öğrenme blokajları ile retrofobik kaçınma davranışlarına yol açtığını ortaya koymaktadır. Bu sistemsel durgunluğa karşı koymak için çalışma; Rudolf Arnheim'ın görsel algıya yönelik Gestalt ilkelerini sanat terapisi, müzik terapisi ve kromoterapi dahil olmak üzere modern dışavurumcu terapilerle sentezleyen çok katmanlı, disiplinler arası bir çerçeve önermektedir. Bu uygulamalar, Howard Gardner tarafından tanımlanan klasik "hesaplama paradoksunu" ve Tomaso Poggio tarafından ana hatları çizilen yapay zekanın düşündürücü ironilerini ortadan kaldırarak, insan bilişinin kusursuz bir matematiksel hesaplamadan ziyade somutlaşmış, bütünsel ve doğası gereği niteliksel bir fenomen olduğunu kanıtlamaktadır. Bu makalede ele alınan paradigma değişimi, nöromimari (nöromimarlık) ve açık hava eğitimi merceklerinden bakıldığında eğitim sistemine uygulanabilir niteliktedir. Geleneksel okul tasarımı floresan aydınlatma kullanmakta olup, genellikle çok sayıda dersliği olan kışlalara benzetilen betonarme/blok tipi yapılardan oluşmaktadır. Tasarımlarında doğal ve biyofilik unsurlar barındıran yeni okul tasarımı türü ise, stres sırasında üretilen kortizol seviyelerini düzenleyecek, çocuklar için duyusal aşırı yüklenmeyi azaltacak, sağlıklı ve destekleyici ortamlar yaratacaktır.

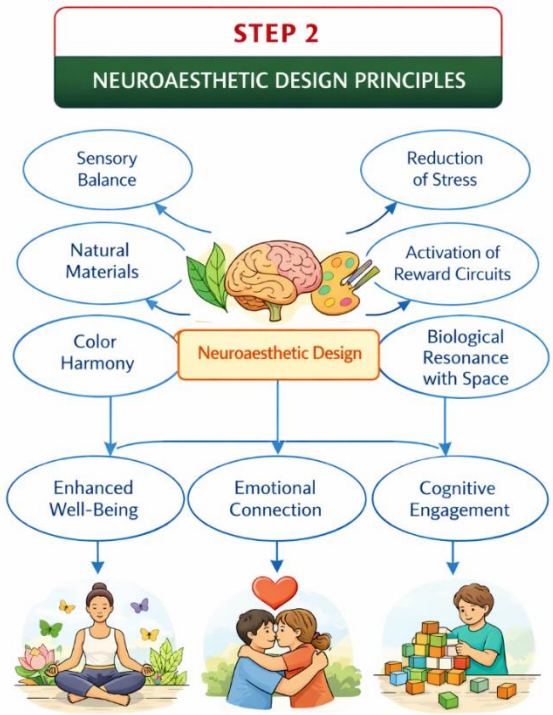
Mekânsal ve pedagojik bir devrim gerçekleşecek; okullar geçmişteki başarısızlıklar için baskıcı bir yapıya hapsedilmek yerine, gelecekteki çeşitli zihinlerin gelişimini besleyen birer analoğa dönüşecek ve çocukların öğrenmeyi öğrendiği amaçlı alanlar haline gelecektir.
Anahtar kelimeler: Nöromimari, Özel Eğitim, Sanat Dahil Etme Metodolojisi, Beyin Plastisitesi, Nöroestetik, Duyusal Kapsayıcılık.

INTRODUCTION: SPACE AS A PEDAGOGICAL DEVICE

Schools have too often adopted a standardized approach that penalizes those who do not conform to the canons of neurotypicality, transforming a natural variation into an obstacle to learning (Canevaro, 2013). School architecture has historically followed a logic of standardization, resulting in rigid layouts and aseptic corridors that reflect a transmissive pedagogy. However, today's evolution of special education requires a shift in perspective: space is not a neutral entity, but communicates, prompts behaviors, and influences students' emotional states. Following Loris Malaguzzi's vision, the environment must be considered the "third educator" (Malaguzzi, 2010). Therefore, architecture is not merely an aesthetic issue, but a civic commitment. In this context, designing spaces for neurodiversity becomes a political act, as Deleuze argues. As Moscati emphasizes, art and creation are tools of opposition to standardization: "The act of resistance has two faces. It is human and it is also the act of art. Only the act of resistance resists death, whether in the form of a work of art or in the form of a struggle between men" (Deleuze, 1987, as cited in Moscati, 2005, p. 53). In the school context, "death" is represented by the aseptic nature of corridors and the rigidity of layouts, while the act of resistance is the creation of a space that embraces life in its plurality. In the case of disability, this function is amplified: architecture must evolve from a simple casing to an enabling device. The current educational landscape requires a radical paradigm shift, shifting the focus from clinical diagnosis to the valorization of individual potential (Pavone, 2010). The Art Inclusion Methodology (AIM) fits into this context, redefining neurodiversity as a manifestation of the plurality of intelligences and proposing art not as a simple pastime, but as a universal and pre-verbal language essential for profound communication. This approach aims to systematically correct the school environment, so that every mind is welcomed in its uniqueness and divergent thinking is celebrated as a creative richness rather than a mistake to be corrected (Todisco, 2026).

NEUROARCHITECTURE: THE BIOLOGICAL BASIS OF INCLUSION

Neuroarchitecture explores how the built environment can influence brain processes. For special education, this discipline provides fundamental evidence for designing spaces that reduce stress and promote concentration (Eberhard, 2008). Interaction with beauty and space is not a magical act, but a biological process. As neuroscientist Luca Ticini emphasizes, "art is the language of the brain" (Ticini, 2013). We see not only with our eyes, but with our brain; the eyes are simple sensors, while the brain actively interprets and constructs our reality. The artist, whether a sculptor, painter, or architect, acts as a "naive neuroscientist," capable of activating cognitive mechanisms through brushes and paints, long before science explained how they function (Zeki, 1999). This biological bond between the observer and the artwork implies overcoming the distance between the observer and what is observed. In the neuroarchitectural vision, the school building must be closer to the student's body, eliminating the formal barrier that often isolates students with disabilities. Today, we are witnessing a paradigm shift in which the work (or the built space) seems to have "lost all 'natural distance' and become increasingly closer to what (...) we could now simply call the body of its creator" (Moscati, 2005, p. 56). Inclusive spaces must therefore resonate in harmony with the neurodivergent body, becoming a sensorial extension of the student. In the Sagrada Família, Gaudí employed biomorphic structures that recall trees and bones. The visual system recognizes these natural patterns, reducing cognitive effort and conveying a profound sense of security and well-being (Kellert et al., 2008). The integration of neuroarchitecture and the Art Inclusion Methodology (AIM) allows us to view school space as a true biological regulator, capable of directly influencing student well-being. Thanks to a well-studied multisensory design, the environment is no longer just a backdrop, but becomes an active ally: the use of natural materials such as wood and fabrics, along with a low-saturation color palette for work areas, helps significantly reduce stress at the amygdala level (Appleton, 1975/1996). This approach promotes a state of neurological calm, essential for learning, especially in neurodiverse contexts. Simultaneously, the methodology addresses spatial orientation through the concept of intuitive wayfinding. For students with cognitive disabilities or difficulties navigating spaces, neuroarchitecture, in synergy with AIM, suggests the integration of visually valuable artistic reference points. These elements not only beautify the environment but also serve as cognitive anchors that assist the hippocampus in spatial mapping (Passini, 1984). In this way, architecture contributes to reducing anxiety related to disorientation, transforming the school into a more legible, reassuring, and deeply inclusive space.

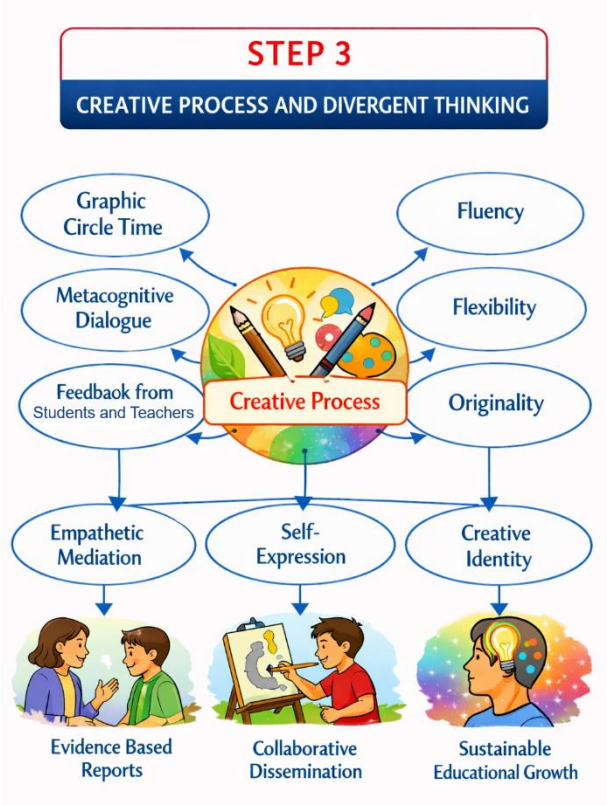


The Mirror System and Spatial Empathy

The discovery of mirror neurons helps us understand that humans "live" internally the space through motor and emotional simulation processes (Rizzolatti & Sinigaglia, 2006). When an environment is designed following the principles of beauty and harmony, which are fundamental in the Art Inclusion Methodology, the brain activates circuits linked to reward. This helps reduce the activation of the amygdala, the area responsible for fear responses, which is particularly sensitive in students with autism spectrum disorders or sensory hypersensitivity. Neuroscientific evidence shows that environments with excessive acoustic reverberation or intense artificial lighting can increase cortisol levels (Cho et al., 2015). Therefore, inclusive design should aim to create a "sensory symphony": using sound-absorbing materials, natural light, and a calibrated color palette to stabilize the students' parasympathetic nervous system. The ultimate goal is to create an experience of immanence, where the student does not feel like a guest in an alien environment, but an integral part of a vital ecosystem. In this context, well-being emerges when the school environment is no longer perceived as a collection of separate objects. As Moscati (2005) suggests, "life is what emerges from the decline of the objective world of things and works and from the decline of the universe of knowledge and perception of subjectivity" (p. 63). Thus, the school becomes a space of "singular life," where neurodiversity is no longer seen as a clinical category,but as a manifestation of pure existence.

THE METHODOLOGY

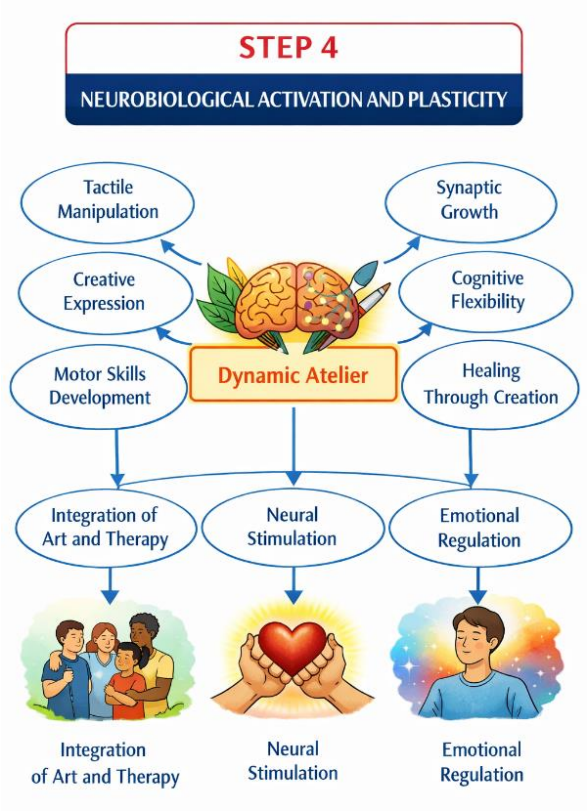
The Art Inclusion Methodology (AIM) fits into an ongoing scientific debate, placing art at the center of the inclusion process. As highlighted by Zeki's research (1999) and Professor Luca Ticini's work (2013), art represents the primary language of the brain. While traditional schools tend to favor convergent thinking, AIM promotes divergent thinking (Guilford, 1967), i.e., the ability to generate original responses to a problem. This approach values fluency, flexibility, and originality, characteristics typical of neurodivergent minds. The operational model of GCT transforms the classroom into a barrier-free laboratory. Through scaffolding (Wood et al., 1976) and the Zone of Proximal Development (Vygotskij, 1978), the teacher acts as a mediator, supporting the student without imposing arbitrary standards. Empathetic listening is of fundamental importance. The question "Tell me about your drawing" is not just curiosity, but a pedagogical act that stimulates metacognition. Shifting attention from the final product to the creative process means liberating the student from the logics of mass education. In a system that often rewards conformity, the AIM proposes the creative act as a necessary "interruption." In fact, "in a world where mass-produced products were growing, the network of information and media control (...) the work could only resist as an interruption, absoluteness, inaudible" (Moscati, 2005, p. 55). The Graphic Circle Time embodies this "inaudible," offering the neurodivergent mind a safe refuge from the pressure of control and judgment. The question "Tell me about your drawing" thus becomes the central pedagogical act that stimulates metacognition, allowing the student to reflect on their choices and build their identity as a conscious author (Flavell, 1979). Ultimately, the integration of perception laws (Wertheimer, 1923) with neuroscientific discoveries in education demonstrates that more authentic learning occurs within meaningful relationships that hold value (Immordino-Yang & Damasio, 2007). Artistic inclusion elevates inclusive schooling to a completely new level, transforming the creative act into a training ground, a practical laboratory for cognitive flexibility and for addressing ambiguity (Spiro et al., 1988). Thus, promoting beauty in schools and cities is not merely an aesthetic matter, but a strategic investment in mental health and social well-being, ensuring every individual the right to express themselves through the most powerful language the brain possesses to communicate their humanity.



The Atelier as a Center for Cerebral Plasticity

According to the principle of brain plasticity, the brain continuously adapts to the stimuli it receives (Doidge, 2007). AIM suggests transforming the classroom into a dynamic atelier. This environment not only improves motor skills, but also promotes the creation of new synaptic connections through tactile manipulation and creative expression, functioning as a true occupational therapy integrated into teaching. The human brain is able to process complex architectural designs with a constant power of about 20 watts, demonstrating extraordinary biological efficiency, as it uses only glucose and oxygen (Drubach, 2000). In contrast, artificial intelligence needs massive infrastructure within data centers that consumes thousands of kilowatts to power the servers and cooling systems needed for computation (Strubell et al., 2019). This makes it a very energy-intensive technology; this aspect has drawn strong criticism of AI, which, from an environmental point of view, is not sustainable at all. This technological gap highlights how AI requires millions of times more electrical energy than humans to generate similar creative or technical outputs. While the human mind synthesizes spaces and proportions naturally, the machine must process billions of statistical parameters, which has a significant environmental impact that research is trying to reduce through the development of neuromorphic chips inspired by the functioning of biological neurons (Mead, 1990). Nature continues to surprise us. Several studies confirm that there are sentient beings in nature, even without a real brain, as in the case of jellyfish. Intelligence is not reserved for those with large brains, but can emerge from widespread biological networks. Research conducted by the Universities of Padua (Agrillo & Pecunioso, 2023) and Trieste (Chiandetti, 2025) on jellyfish of the Aurelia genus demonstrates that even organisms without a control unit can display memory and curiosity. These animals, with only neurons scattered throughout their tentacles, can distinguish objects and make active decisions, disproving the idea that they are only "at the mercy of currents." This extraordinary ability to optimize goes far beyond the animal kingdom. At the University of Trento, research on mealworm larvae has revealed a surprising skill in cost-benefit analysis. But what is even more surprising is the case of Physarum polycephalum, a unicellular mold that has been studied by Japanese researchers (Tero et al., 2010): despite not having a single neuron, this mold managed to replicate the complexity of the Tokyo subway to reach food, demonstrating a network logic that surpasses our most sophisticated algorithms.

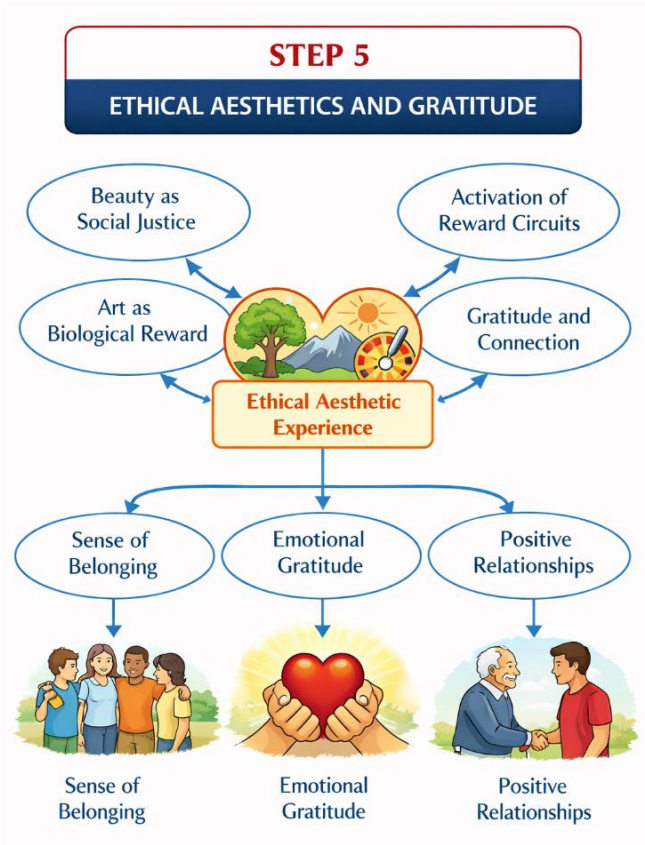
Added to these discoveries are the research of Professor Stefano Mancuso (2017) of the University of Florence, which confirms how even the plant world possesses complex environmental awareness, despite not having a nervous system. The real breaking point in the comparison with modern technology comes from the reflections of Michael Levin (2021) of Tufts University. Levin emphasizes that every living cell uses electric fields to communicate, creating a universal "proto nervous system." Here emerges the most incisive criticism of Artificial Intelligence: while our robots require enormous energy infrastructure and have an unsustainable ecological impact, nature manages to perform actions of extraordinary complexity, such as the flight of a gnat, with almost zero energy consumption. Understanding how these primitive biological networks can process information so "cleanly" and cost-effectively represents the new frontier for addressing AI challenges. The goal is to learn from the ecology of natural intelligence to build automata that are efficient and integrated into the ecosystem, just like a jellyfish or a plant.



The Reward System and Art

Art has a surprising power: it can lower cortisol levels and improve our mental health (Fancourt & Finn, 2019). Teaching beauty in schools is not just a whim, but a fundamental investment in alleviating stress and promoting the inclusion of those in disadvantaged situations, both economically and linguistically. Neuroaesthetics tells us that when we are faced with a work of art or a harmonious space, such as Gaudí's marvelous biomorphic architecture, our medial orbitofrontal cortex releases dopamine (Ishizu & Zeki, 2011). In a certain sense, art "pays" us and "rewards" us biologically for the simple act of observing it. Furthermore, thanks to mirror neurons, the aesthetic experience becomes profound: our motor system begins to internally imitate the artist's gesture, as when we observe Fontana's famous cut, thus creating an empathic bond between our body and the work (Freedberg & Gallese, 2007). Integrating art into schools means offering students with SEN (Special Educational Needs) a continuous source of biological gratification, increasing their motivation and reducing feelings of exclusion. The value of art in schools is based on the concept of "Ethical Aesthetics." Creating a beautiful space is not a luxury, but an act of social justice. A well-designed, functional space rich in artistic stimuli, based on neuroscientific evidence, restores dignity to those who experience it. Beauty thus becomes a bridge that facilitates relationships between teachers, students, and the classroom.

Artistic activity acts as a psychological catalyst, transforming isolation into a profound connection. Initially, the individual experiences a state of isolation, often driven by fear of judgment or the difficulty of communicating their uniqueness. However, as creative expression takes shape, that forced silence transforms into a dialogue with the work and the outside world. This transition is crucial because it replaces the sense of loneliness with the discovery of one's own value. "Gratitude" emerges precisely here: it is the psychological relief of someone who no longer feels like a subject to be corrected, but rather an individual capable of generating meaning. Gratitude thus becomes the final bridge that allows one to escape isolation, as it celebrates the encounter between one's inner vision and the acceptance of others, transforming the perception of limitations into a grateful self-awareness. Psychologist and psychotherapist Tramontano (2017) claims that "The simple 'thank you,' when it corresponds to a genuine feeling of gratitude and awareness of having received something, activates several brain areas associated with pleasure, motivation, and connection with others" (Tramontano, 2017, p. 10). Neuroscientifically, the act of gratitude activates regions of the reward circuit, the nucleus accumbens and the ventral striatum, as well as the prefrontal cortex, which is involved in emotional regulation. Furthermore, Tramontano (2017) continues, the limbic system also comes into play: "The amygdala and hippocampus are activated when we feel gratitude, and this improves our overall emotional tone. Stress and depressive symptoms are reduced, sleep quality improves, and we feel connected to others in a pleasant sense of belonging" (Tramontano, 2017, p. 11). Some people, Tramontano (2017) explains, "avoid difficult feelings, believing them to be too painful to face, displaying a superficial positivity. Over time, this fuels a dissociation from our deepest states" (Tramontano, 2017, p. 14). Yet, the real difference between a healthy attitude and so-called toxic positivity lies precisely in the relationship with one's own feelings: "If emotions seem difficult, they must be navigated, without ever denying or underestimating them" (Tramontano, 2017, p. 15). Furthermore, she maintains that “A regulated person is better at communicating and building solid relationships, uses flexibility in their adaptation to life, and seizes opportunities that anxiety or avoidance might otherwise obscure” (Tramontano, 2017). Ultimately “It's not positivity that changes reality, but positive personal growth work that can help one navigate the extreme complexity of real life”.



THE GENTILE REFORM AND THE ROOTS OF THE STANDARDIZED SCHOOL

The profound unease experienced by many generations of students in Italy has historical and epistemological roots in the Gentile Reform of 1923. This school model, characterized by marked selectivity and centralization, gave the institution a strongly authoritarian imprint (Charnitzky, 1996). The reform was not intended to promote inclusion or valorize individual differences; on the contrary, it aimed to rigidly select the future ruling class through a "funnel" process that required obedience, conformity, and rigidly standardized performance (Gentile, 1923/1954). In such a context, the pedagogy of duty and punishment transformed grades and evaluations into veritable instruments of moral correction and punishment, systematically excluding empathetic listening. The myth of uniformity dramatically penalized the shy, the fragile, and all those who processed information differently, confusing introversion with a lack of character or preparation and undermining the self-esteem of those who did not conform to the standard behavior required by the institution (Rogers, 1969). Unacceptable incidents occurred in which the teaching staff went too far, delving into the field of child neuropsychiatry and providing parents with unlikely "diagnoses" of their students' intellectual functioning. These transgressions generated severe anxiety in families, who were forced to seek medical specialist consultations who consistently contradicted the teachers' incorrect diagnoses, revealing what we would now call a deficit in relational and pedagogical skills in managing neurodiversity (Ianes, 2005).

The Misalignment of the Gifted Mind, Neurodivergence, and Divergent Thinking

This relational and evaluative short-circuit intensely affects individuals with high cognitive potential (Giftedness) and neurodivergent students, such as those with Attention Deficit Hyperactivity Disorder (ADHD), individuals on the autism spectrum, or specific learning disabilities (SLD). Their atypical minds are structurally less inclined to adapt to so-called "normality" at school and often display their complexity behind a facade of profound shyness and introversion (Armstrong, 2012). As neuropsychiatrist Kazimierz Dąbrowski (1964) suggested with the concept of overexcitability, both giftedness and many forms of neurodivergence are not simple variations in performance, but represent a different neurobiological configuration that amplifies emotions, sensory stimuli, and moral reflections. These children tend to primarily utilize divergent thinking (Guilford, 1967) and nonlinear information processing, cognitive modalities that create new connections and challenge preconceived ideas. This inevitably leads them to clash with the convergent thinking required by traditional schools, where every question must have a single, predetermined answer. When these profound minds, often characterized by a shy temperament that observes and gathers information before exposing themselves, or by a cognitive functioning that struggles to tolerate chaotic stimuli, find themselves confronted with a rigid and dogmatic system that demands blind obedience, they experience a state of asynchronous development (Silverman, 2002) and prolonged boredom or frustration. This situation can dampen their interest or lead to behaviors of total social isolation and school refusal.

The Timing of Cognition: Slow Thinking and the Cost of Stress

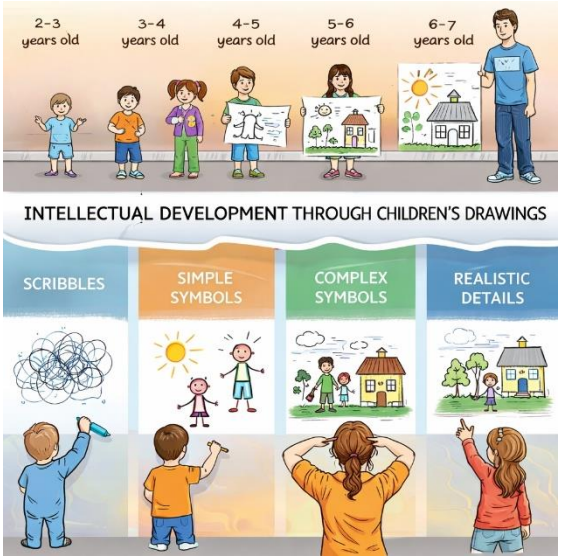
The suffering resulting from a school system lacking empathic listening affects a large segment of the student population, including creatives, neurodivergents, and slower thinkers, who pay the highest price in a culture that evaluates intelligence solely through the clock of standardized performance. Psychologist Daniel Kahneman, a 2011 Nobel Prize winner, demonstrated that our brain operates on two modes of thought: System 1, which is intuitive and fast, and System 2, which is logical, effortful, and deliberate. In traditional schools, the immediate reactivity of the first system is almost always rewarded, penalizing the deeper intelligence of the second and the cognitive style of neurodivergent children, who require different time and alternative channels to analyze variables and avoid cognitive biases. Extraordinary minds like those of Albert Einstein, Charles Darwin, and Giacomo Leopardi were initially seen as lazy, slow, or excessively shy and isolated, precisely because they required that unconscious incubation phase or atypical translation of stimuli, which is biologically essential to the creative process. Neuroscience confirms that when the brain feels constantly threatened by judgment, haste, or sensory overload, chronic stress activates the amygdala and "shuts down" the prefrontal cortex, preventing authentic learning and forcing students to wear a mask of exhausting conformity in order to survive.

Punishments and the Genesis of Retrophobic Trauma

In a context of constant threat, the systematic use of physical punishment and public humiliation has for generations represented the culmination of a coercive and obscure education (Miller, 1980/1987). This approach was particularly harsh against those who, due to their shyness, superior abilities, or neurodivergence, were unable to conform. Punishments such as slaps on the hands, being forced to kneel on chickpeas, slaps, or forced isolation were sadly used to punish the inattention of a child with ADHD or the communication difficulties of an autistic student, confusing neurobiological traits with laziness or rebellion. It is precisely in this submissive violence that retrophobia, understood in the clinical sense, is rooted: the profound terror of reliving one's school past. The child's body internalizes physical trauma, associating the mistake with shame; consequently, the mind develops cognitive blocks and a school phobia that can persist into adulthood (Levine, 2010). Neuroscience demonstrates that fear is, in fact, a prediction error of the brain (Feldman Barrett, 2017). It doesn't stem from the current situation, but from what your brain predicts that situation will mean for your identity. The brain quickly activates thought chains: "If I fail, I will lose status." When you experience fear, the entire sequence has already been accepted as real. However, avoidance protects this prediction: the brain is never corrected and continues to send the same threat signal. There is, however, a way to deal with this situation: memory reconsolidation and deliberate exposure (Nader et al., 2000). By imagining the worst-case scenario and letting go of resistance, the brain "updates" the prediction. By accepting the outcome without hesitation, the brain executes the scenario and realizes that the actual emotional impact is much lower than expected, allowing the traumatic block to be overcome.

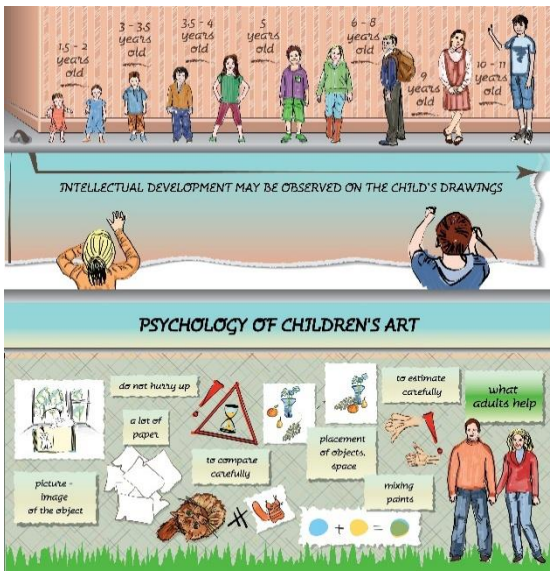
RUDOLF ARNHEIM AND THE RULES OF VISUAL PERCEPTION AS EDUCATIONAL FOUNDATIONS

The liberation from this coercive system rests on solid theoretical and empirical foundations, as demonstrated by Rudolf Arnheim's (1969/1974) studies on visual perception and the psychology of art. Changeux (1983/1994) suggests a neural connection between perception and thought, while Poggio (1984) states that "vision is much more than a simple sense: it is intelligence" and asks: "Why, then, have we refused to define vision as intelligent?" Penrose (1989) speaks of intuitive thinking and emphasizes the importance of seeing for mathematical truth. Arnheim outlines three areas that inform education and enable the integration of arts, sciences, and technology, along with ethical principles and rules of conduct: philosophy, visual education, and language education (Arnheim, 1989/1994). Although these three areas draw on different disciplines, there is no direct connection between them; the former primarily define the tools for achieving objectives, while the latter identify fields of action that have developed historically. In reflecting on the principles of art education, Arnheim highlights the coexistence of different perspectives: on the one hand, artists, driven by their art to require the teaching of specific techniques; on the other, teachers, who view artistic work in the context of the child's overall development. As a psychologist, Arnheim sought to demonstrate how works of art exert their "magical impulse" by combining theory and direct experience. Experiments on visual perception reveal precise rules regarding the organization of form and the relationship between figure and ground (Arnheim, 1954/2002). Using simple materials like paper, wire, and paint, students can empirically test these principles, discovering, for example, the reversibility of edges. However, Arnheim warns against using artworks in a fragmented manner: the artist conceives the work as a whole (Gestalt). Just as in biology, an animal's body functions through the collaboration of all its organs, the visual whole of the composition amounts to a statement about the nature of human experience.



Visual composition as a symbolic image of the world and mental evolution

The study of composition shows that it is not simply a matter of organizing structure from the outside; each individual element carries a meaning that only becomes intelligible within the overall context, which, in turn, emerges from the formal relationships among its parts. The organization of the pattern as a whole is not merely a more or less pleasing ornament but represents a symbolic image of how the artist perceives the world (Arnheim, 1954/2002). This context creates a connection between works across time and space, making each creation a link in a coherent sequence within the artist's oeuvre. This development manifests itself most clearly when observing children's drawings, paintings, and sculptures, an almost biological growth that progresses from the simplest initial configuration to highly complex patterns, revealing the child's mental evolution through a history rich in psychological and social factors that unite the child with the adult artist (Arnheim, 1969/1974). Furthermore, a deeper analysis of these observations reveals that a particular medium discloses its true character only when compared with other media. This insight guided Arnheim in creating courses in the comparative psychology of the arts, bringing together students of art, architecture, music, dance, poetry, philosophy, and psychology for interdisciplinary discussions based on fundamental historical and theoretical readings (Arnheim, 1989/1994). These courses can inspire architects to discuss dance, musicians to explore pictorial expression, and philosophers to transcend the comfort of abstract assertions, thereby achieving the integration of theory and practice essential for an authentic education in beauty.



Art, Drawing, and Expressive Therapies as Channels of Healing and Attunement

In a school environment long clouded by fear of judgment and punishment, Arnheim's art, drawings, and insights stand out as a refreshing contrast to institutional rigidity. They create safe spaces for expression where both body and mind can thrive without the threat of physical or moral repercussions. This liberating potential is further explored and scientifically validated through essential disciplines such as art therapy, music therapy, and color therapy. These fields prioritize individuality and emotional resonance over conformity (Malchiodi, 2020). For those who are shy, whether vulnerable, neurodivergent, or cognitively high, art therapy workshops offer a blank canvas that serves as a nonjudgmental voice, restoring a sense of control and safety in one's own space. This allows them to express themselves without the anxiety of verbal exposure, breaking down traditional language barriers (Case & Dalley, 2014). At the same time, drawing and the therapeutic use of color, as structured by chromotherapy, utilize different wavelengths of the visual spectrum to promote relaxation or activate the nervous system. They act as cognitive regulators capable of calming hyperactivity and sensory hypersensitivity (Azeemi & Raza, 2005). This balance is complemented by the effectiveness of music therapy, which uses sound and biological rhythm to bypass rational defenses and verbal blocks caused by trauma (Bruscia, 2014). This creates a safe haven for overwhelmed minds, where the state of flow encourages the rehabilitation of mistakes, transforming them from something to be punished into a creative resource and a natural phase of psychophysical development (Csikszentmihalyi, 1990).

Correcting the Psychological Absurdity: The Cognitive Value of Expression

The Misunderstanding of Emotion and Visual Cognition. The value attributed to artistic activity, however, requires a profound correction of a deep-rooted terminological misunderstanding that has often led to a social and educational devaluation of art. It is commonly said that art arises from feelings and emotions; however, in everyday use, these terms tend to evoke irrational impulses, arousing suspicion of institutions based on productive logic. Addressing this "psychological absurdity," Arnheim (1969/1974) demonstrates that what we usually call emotion is actually a mix of three distinct components: a cognitive act, a motivational effort driven by cognition, and an arousal generated by both. For example, if one encounters a poisonous snake, cognitive recognition leads to a motivational drive to flee, and only the intensity of the event represents the true emotional component.

Consequently, painting a picture is no more or less emotional than solving a mathematical problem (Arnheim, 1969/1974). Qualities such as the upright position of a human figure or the upward thrust of a tree respond to the biological utility of sensory perception. This allows young minds to engage with the incredible abundance of experiences that surround them, discovering the properties of things through the formation of visual concepts (Arnheim, 1954/2002).

ANALOGUE ANTIDOTES TO CONTEMPORARY HYPERTECHNOLOGY

The need to integrate these paths becomes even more urgent in our times, when students are faced with a new and pervasive form of pressure: hypertechnology and constant digital hyperconnectivity. If the old Gentile school oppressed students through physical authoritarianism, contemporary digital society risks alienating them through virtual overstimulation that saturates attention, fragments deep thought, and amplifies social anxiety and fear of the future (Carr, 2010).

And yet, paradoxes seem to be essential to the conception of thought as computation, exposing the intrinsic limits of an education that blindly pursues the logical-mathematical digitalization of the individual. Howard Gardner (1985/1988) speaks of a true "computational paradox" in this regard, explaining how, given the vigorous tradition of reflection on human thought as the embodiment of mathematical principles, beginning in Greek antiquity, it is hardly surprising that the first generation of cognitivists embraced a highly rationalistic conception of thought.

However, as Gardner himself (1985/1988) argues, the reality of the mind is quite different: human thought ultimately emerges as confused, intuitive, subject to subjective representations, far from pure and immaculate calculation. Echoing him on the technological front is scientist Tomaso Poggio (1984), who identifies a paradoxical direction and a form of "humiliating irony" that can be gleaned from the last twenty years of artificial intelligence: the aspects of intelligence that seem easiest and most immediate to us (such as sensory perception) are historically the most difficult to program, while aspects considered complex (such as logical calculation) are already automated. The prototypical case is precisely that of vision, a cornerstone of perceptual and pictorial experience: not only is vision intrinsically intelligent, but it is also proving to be a fundamental analogical bulwark. Students, guided by the direct experience of the art theorized by Arnheim (1969/1974) through life drawing, sculpture, or watercolor, can re-appropriate the biological functions of perception without losing direct contact with lived experience. Alongside these, outdoor school activities and outdoor education restore children's bodies to contact with the real substance of nature, motor coordination, and visual stimulation unmediated by a screen (Louv, 2005). This immersion in the real environment deactivates the hyper-reactivity of the amygdala caused by the bombardment of notifications and algorithms, reestablishing natural circadian rhythms, lowering cortisol, and allowing slow thinkers, the shy, and the gifted to rediscover their rooted identity and cognitive complexity in the real world (Feldman Barrett, 2017).

Overcoming Retrophobia Through School Neuroarchitecture

This complex interaction between psychology and biology, which seeks to balance physical recovery and phobia management, is deeply rooted in the physical structure of educational spaces. Unfortunately, we often find ourselves faced with an outdated, retrophobic, and panoptic vision that completely ignores the diverse cognitive needs. Classrooms that resemble gray barracks, the lack of greenery, and the rigid arrangement of desks only evoke the image of a punitive and aseptic school (Bentham, 1791/Foucault, 1975), increasing the anxiety of the most sensitive students and accentuating their sense of digital isolation. On the other hand, modern neuroarchitecture presents itself as a concrete translation of the principles of art therapy and color therapy, rethinking schools through the creation of fluid environments, the therapeutic use of color on the walls, modular desks, and decompression spaces for those who need to retreat during moments of sensory stress (Eberhard, 2008). Demonstrating that natural light, the presence of plants, and organic materials like wood are fundamental elements for fostering learning and well-being (Kellert et al., 2008), contemporary architecture combines nature and expressive therapies. In this way, the school is transformed from a cold courtroom of the past to a welcoming, analogical workshop vital for the future, where appropriate acoustic design and natural lighting help stabilize the nervous system, dramatically reducing cortisol levels (Appleton, 1975).

Conclusions

Contemporary pedagogy faces the challenge of embracing neurodiversity, overcoming the traditional "pathological model" that views conditions like dyslexia or ADHD as diseases to be cured (Armstrong, 2012). The Art Inclusion Methodology (Todisco, 2026) proposes a systemic approach, redefining creativity and neurodiversity as valuable cognitive resources and alternative ways of thinking. From this perspective, art becomes the primary language for expressing humanity, especially when verbal language can be fragile. The synergy between neuroscience, architecture, and the Art Inclusion Methodology opens up new possibilities for special education. The school of the future should be designed as a living, inclusive, and sustainable organism, capable of "feeling" the needs of its inhabitants (Kellert et al., 2008). Only by integrating human biology with the expressive power of art can we achieve a virtuous inclusion that is truly universal and transformative, transforming the concept of "special needs" into a celebration of pure existence and collective richness.

REFERENCES

Agrillo, C., & Pecunioso, A. (2023). *Cognitive abilities in jellyfish: Memory and decision-making in Aurelia aurita*. University of Padua Press.

Agrillo, C., Pecunioso, A., Motta, G., Avian, M., & Chiandetti, C. (2025). Challenging the central brain dogma: new experimental insights from the moon jellyfish (*Aurelia* spp.). *Behavioral and Brain Sciences*, *48*, Article e78. https://doi.org/10.1017/S0140525X25100691

Al-Azzami, M. (2015). *Gratitude and its impact on mental health and emotional well-being.* Academic Press.

American Psychological Association. (2020). Publication manual of the American Psychological Association (7th ed.). https://doi.org/10.1037/0000165-000

Appleton, J. (1996). *The experience of landscape* (Rev. ed.). Wiley. (Original work published 1975).

Armstrong, T. (2012). *Neurodiversity in the classroom: Strength-based strategies to help students with special needs succeed in school and life*. ASCD.

Arnheim, R. (1974). *Art and visual perception: A psychology of the creative eye* (Rev. ed.). University of California Press. (Original work published 1954).Arnheim, R. (1994). *Thoughts on art education*. Getty Center for Education in the Arts. (Original work published 1989).

Arnheim, R. (2007). *Thoughts on art education.* Aesthetics.

Auerbach, E. (1953). Mimesis: *The representation of reality in western literature* (W. R. Trask, Trans.). Princeton University Press. (Original work published 1946).

Azeemi, S. T. Y., & Raza, S. M. (2005). A critical analysis of chromotherapy and its scientific evolution. *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine*, *2*(4), 481–488.

Bachelard, G. (1994). *The poetics of space* (M. Jolas, Trans.). Beacon Press. (Original work published 1957).

Bandura, A. (1997). *Self-efficacy: The exercise of control*. W.H. Freeman.

Canevaro, A. (2006). The strategies of solitary inclusion. Guidelines for school integration. Erickson.

Carr, N. (2010). *The shallows: What the Internet is doing to our brains*. W. W. Norton & Company.

Case, C., & Dalley, T. (2014). *The handbook of art therapy*. Routledge.

Cho, Y., Chang, S. J., Jeon, J., & Kim, S. (2015). *The effects of indoor lighting on cortisol and self-reported stress.* International Journal of Environmental Research and Public Health, 12(3), 2573–2588. https://doi.org/10.3390/ijerph120302573

Csikszentmihalyi, M. (1990). *Flow: The psychology of optimal experience*. Harper & Row.

Damasio, A. (2003). In search of Spinoza. *Emotions, feelings and brain.* Adelphi.

Dąbrowski, K. (1967). *Personality-shaping through positive disintegration*. Little, Brown & Co.

Doidge, N. (2007). *The brain that changes itself: Stories of personal triumph from the frontiers of brain science*. Viking.

Drubach, D. (2000). *The brain explained*. Prentice-Hall.

Eberhard, J. P. (2008). *Brain landscape: The coexistence of neuroscience and architecture*. Oxford University Press.

Emmons, R. A., & Stern, R. (2013). *Gratitude as a psychotherapeutic intervention.* Journal of Clinical Psychology, 69(8), 846–855.

Fancourt, D., & Finn, S. (2019). *What is the evidence on the role of the arts in improving health and well-being? A scoping review.* World Health Organization.
Feldman Barrett, L. (2017). *How emotions are made: The secret life of the brain*. Houghton Mifflin Harcourt.
Flavell, J. H. (1979). *Metacognition and cognitive monitoring: A new area of cognitive–developmental inquiry.* American Psychologist, 34(10), 906–911. https://doi.org/10.1037/0003-066X.34.10.906
Foucault, M. (1993). *Sorvegliare e punire: Nascita della prigione* (G. Pasquino, Trad.). Einaudi. (Opera originale pubblicata nel 1975).
Freedberg, D., & Gallese, V. (2007). Motion, emotion and empathy in aesthetic experience. *Trends in Cognitive Sciences, 11*(5), 197–203.
Freud, S. (1959). *Creative writers and day-dreaming.* In J. Strachey (Ed. & Trans.), The standard edition of the complete psychological works of Sigmund Freud (Vol. 9, pp. 141–153). Hogarth Press. (Original work published 1908).
Fry, R. (1924). *The artist and psychoanalysis.* Hogarth Press.
Gardner, H. (1988). *The mind's new science: A history of the cognitive revolution*. Basic Books. (Original work published 1985).
Gentile, G. (1954). *La riforma dell'educazione* [The reform of education]. Sansoni. (Original work published 1923).
Goleman, D. (1995). *Emotional intelligence*. Rizzoli.
Guilford, J. P. (1967). The nature of human intelligence. McGraw-Hill.
Hanslick, E. (1986). *On the musically beautiful* (G. Payzant, Trans.). Hackett Publishing. (Original work published 1854).
Ianes, D. (2005). *Special teaching for integration.* Erickson.
Ianes, D., & Cramerotti, S. (2013). Pupils with BES - *Special Educational Needs.* Erickson.
Immordino-Yang, M. H. (2016). *Emotions, learning, and the brain*. W.W. Norton & Company.
Ishizu, T., & Zeki, S. (2011). Toward a brain-based theory of beauty. *PLoS ONE, 6*(7), Article e21852.Kahneman, D. (2011). Thinking, fast and slow. Farrar, Straus and Giroux.
Kahneman, D. (2011). *Thinking, fast and slow.* Farrar, Straus and Giroux.
Kellert, S. R., Heerwagen, J., & Mador, M. (2008). *Biophilic design: The theory, science and practice of bringing buildings to life*. John Wiley & Sons.
Langer, S. K. (1957). *Philosophy in a new key: A study in the symbolism of reason, rite, and art* (3rd ed.). Harvard University Press. (Original work published 1942).
Levin, M. (2021). Bioelectric networks: The software of somatic mind. *Frontiers in Psychology, 12*, Article 706495.
Louv, R. (2005). *Last child in the woods: Saving our children from nature-deficit disorder*. Algonquin Books of Chapel Hill.
Magliaro, C. (2023). NAP: *A new generation of cellular models of the human brain to sleep and wake on command* (European Commission Pathfinder Project No. 101114000). University of Pisa; Research Center "E. Piaggio".
Malaguzzi, L. (1993). *The Hundred Languages of Children*. Junior.
Mancuso, S. (2017). *Plant revolution: Le piante hanno già inventato il nostro futuro*. Giunti Editore.
Mead, C. (1990). Neuromorphic electronic systems. *Proceedings of the IEEE, 78*(10), 1629-1636.
Moscati, A. (2024). *The Two Faces of the Act of Resistance.* In G. Deleuze, *What Is the Act of Creation?* (pp. 53–64). Cronopio.
Pallasmaa, J. (2005). *The Eyes of the Skin: Architecture and the Senses*. John Wiley & Sons.
Pavone, M. (2010). *From Exclusion to Inclusion: A Historical-Critical Perspective on Community Relations with People with Disabilities.* Mondadori Università.
Pavone, M. (2014). *Educational Inclusion: Pedagogical Guidelines for Disabilities*. Mondadori Università.
Poggio, T. (1984). Vision by man and machine. *Scientific American, 250*(4).
Rizzolatti, G., & Sinigaglia, C. (2006). *I Know What You're Doing. The acting brain and mirror neurons.* Raffaello Cortina Editore.
Seligman, M. E. P. (2011). *Flourish: A visionary new understanding of happiness and well-being*. Free Press.

Spiro, R. J., Coulson, R. L., Feltovich, P. J., & Anderson, D. K. (1988). *Cognitive flexibility theory: Advanced knowledge acquisition in ill-structured domains*. University of Illinois at Urbana-Champaign.

Strubell, E., Ganesh, A., & McCallum, A. (2019). Energy and policy considerations for deep learning in NLP. *arXiv preprint arXiv:1906.02243*.

Strubell, M. (2001). *The* psychosocial and cultural aspects of language and identity. In J. Fishman (Ed.), Can threatened languages be saved?. Multilingual Matters.

Tero, A., Takagi, S., Saigusa, T., Ito, K., Bebber, D. P., Fricker, M. D., Yumiki, K., Kobayashi, R., & Nakagaki, T. (2010). Rules for biologically inspired adaptive network design. *Science, 327*(5964), 439–442.

Ticini, L. F. (2013). Neuroaesthetics: Art between neuroscience and psychology. Journal of Neuroscience, 33(4), 1–10.

Todisco, G. P. (2026). *Art as a resource for neurodiversity in inclusive teaching*. In G. Perfetto (Ed.), Education and Society: Multidisciplinary Perspectives (pp. 80–94). Delta 3 Editions.

Tramontano, F. (2017). *Felicità: Conoscerla, cercarla, trovarla* [Happiness: Knowing it, seeking it, finding it]. FT Studium. https://ftstudium.it/wp-content/uploads/2017/04/Fulvia_Tramontano_Psicologa_Felicita%CC%80-Conoscerla.pdf

Vygotsky, L. S. (1978). *Mind in society: The development of higher psychological processes.* Harvard University Press.

Wertheimer, M. (1923). Untersuchungen zur Lehre von der Gestalt II. *Psychologische Forschung*, 4, 301–350.

Wood, D., Bruner, J. S., & Ross, G. (1976). The role of tutoring in problem solving. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, 17(2), 89–100. https://doi.org/10.1111/j.1469-7610.1976.tb00381.x

Zaffi, L. (2014). *Lo spazio della scuola. Architettura e pedagogia*. Firenze University Press.

Zeki, S. (1999). *Inner vision: An exploration of art and the brain*. Oxford University Press.

ENTREPRENEURSHIP IN ADULT EDUCATION: CHALLENGES, RESISTANCE AND THE ROLE OF LEADERSHIP

PhD Candidate KARATZIA FANI
Univercity Of Cordoba, Social And Legal Sciences, Adult Education, Cordoba, Spain

SONIA GARCIA SEGURA
Department of Education, Faculty of Education Sciences and Psychology, University of Córdoba (Spain)

ABSTRACT

The present study examines in depth the integration of entrepreneurship into adult education, focusing on its challenges, implementation possibilities, forms of resistance that emerge during the change process, as well as the decisive role of leadership and, in particular, the role of the director of an educational organization. The study highlights that entrepreneurship is not limited solely to business creation or economic activity, but is associated with the development of a broader set of skills and life attitudes, such as innovation, creativity, initiative-taking, critical thinking, problem-solving, and the ability to adapt to constantly changing social and professional conditions.

Within this framework, the study analyzes how European policies and strategies promote entrepreneurial education as a key pillar of lifelong learning and of strengthening citizens' employability. Special emphasis is placed on the European Union's guidelines regarding the development of key competencies for the modern knowledge society, as well as on the need for adult education organizations to adapt to the demands of the labor market and the digital era. Through theoretical analysis and literature review, it is argued that entrepreneurial thinking can act as a mechanism for the personal and professional empowerment of adult learners, contributing to the development of self-confidence, autonomy, and active social participation.

The study also examines the consequences of introducing innovative practices into the educational process. It analyzes the need to transform traditional teaching models through experiential and collaborative approaches, such as project-based learning, case studies, authentic problem-solving, and the connection of learning with real professional environments. Furthermore, it highlights the importance of building partnerships between educational institutions and local businesses, so that learners can acquire meaningful experiences that strengthen the link between theory and practice.

At the same time, it is emphasized that the implementation of entrepreneurship in adult education is not a simple process, but is accompanied by significant difficulties and resistance. These forms of resistance appear at both individual and organizational levels. More specifically, many educators express uncertainty toward new teaching approaches, as they often feel they lack adequate training or fear the disruption of traditional pedagogical practices. In parallel, some learners may view entrepreneurial education with skepticism, believing that it is not directly related to their personal or professional needs. Additionally, cultural and social factors influence the way entrepreneurship is perceived, especially in contexts where stereotypical or negative views about entrepreneurial activity prevail.

Particular importance is given to the role of the director as a change leader within the adult education organization. The study emphasizes that effective leadership is a fundamental prerequisite for the successful implementation of innovative practices and for overcoming resistance. The director is called upon to act as a coordinator, motivator, and supporter of educators, creating a positive and safe environment of collaboration and professional development. Through the provision of training opportunities, the strengthening of a participatory culture, and the cultivation of open communication, the director can substantially contribute to the acceptance and implementation of entrepreneurial education.

Moreover, the study highlights the importance of continuous professional development for educators and the creation of modern educational materials that utilize digital technologies and respond to the needs of adult learners. The establishment of a supportive learning environment, where innovation and creativity are encouraged without fear of failure, is considered a critical factor for the success of any educational reform.

Overall, the study concludes that the integration of entrepreneurship into adult education can serve as a significant tool for social and economic development, enhancing not only learners' employability but also their ability to actively participate in an ever-changing environment. Despite the difficulties and resistance that may arise, the presence of vision, strategic planning, and effective leadership can substantially contribute to the creation of a flexible, innovative, and modern adult education system capable of responding to the challenges of the contemporary era.

BIBLICAL FINANCIAL PRINCIPLES AS PEDAGOGICAL INSTRUMENTS IN CONTEMPORARY FINANCIAL EDUCATION

PhD Student Liliana Diana Ciobotariu
Alexandru Ioan Cuza University of Iași, Romania
ORCID: ID/0009-0006-4610-6689

Abstract
This study examines the relevance of financial principles found in the Bible in relation to contemporary financial concepts and practices, with a particular focus on their role in financial education. In today's economy, characterised by uncertainty, easy access to credit, and increasing consumer pressures, the need for clear ethical benchmarks capable of supporting responsible financial behaviour has become increasingly important.
The research adopts a qualitative approach based on the content analysis of biblical texts relevant to the financial field, correlated with a review of the specialised literature in finance and financial education. Passages addressing themes such as resource management, saving, debt, and individual responsibility are selected and interpreted, then compared with principles and models promoted within modern financial theory. In addition, the paper employs a comparative analysis in order to highlight both the convergences and the differences between the two perspectives.
The findings suggest that many biblical principles remain highly relevant and may contribute to strengthening a model of financial education oriented not only towards efficiency, but also towards balance and responsibility. The integration of these values into educational programmes may support the development of sustainable and ethical financial behaviours adapted to the challenges of contemporary society.
Keywords: Biblical principles, finance, financial education, pedagogical instruments

Introduction

In the current context of economic globalisation, financial instability and increasing levels of consumption, financial education has become an essential element in shaping responsible economic behaviour. Within this framework, there is a growing interest in alternative sources for learning financial principles, including those based on ethical and moral values. A relevant example is represented by Biblical literature, which contains numerous references to money management, work, saving, debt and social responsibility.
The research problem of this paper is: to what extent can the financial principles found in Biblical literature contribute to the development of contemporary financial education and to the formation of responsible economic behaviour?
The aim of the paper is to analyse and interpret the main financial principles identified in Biblical texts and to assess their relevance in relation to modern concepts of financial education, especially those related to economic behaviour, financial planning and responsibility in resource management.
In this regard, the paper seeks to answer the following research questions:
1. What are the main financial principles found in Biblical literature?
2. In what way can these principles be correlated with contemporary theories and practices of financial education?

By addressing these aspects, the study aims to highlight the potential of integrating the ethical and value based dimension into modern financial education, as a complementary factor in shaping rational and sustainable economic decisions.

Methodology

This paper is based on a qualitative approach, being conducted through documentary research and content analysis of relevant sources. The main method used is interpretative and comparative analysis, through which the financial principles identified in religious texts are related to contemporary concepts in the field of financial education.

The sources used include Biblical texts, as well as specialised literature in the fields of behavioural economics, financial education and personal finance. In addition, relevant institutional studies and reports regarding financial behaviour and the level of financial literacy at an international level were considered.

The analysis of the information was carried out through the identification and interpretation of recurrent themes from Biblical texts with economic relevance, such as saving, debt, work, generosity and resource management. Subsequently, these principles were compared with modern concepts in financial education, following the points of convergence and the differences between the value based approach and the contemporary economic approach.

The methodological approach is integrative, aiming not at the empirical validation of statistical hypotheses, but at highlighting the interpretative and educational potential of the analysed principles in relation to current financial behaviour.

Attitude towards money: between necessity and excessive attachment

Within financial education inspired by the Bible, the relationship between people and money is not rejected, but understood in a balanced manner. Money is necessary for daily living and for achieving natural objectives, yet it becomes problematic when it excessively influences thinking and decision making. The issue is not its existence, but the place it occupies in each person's life and the way in which it shapes priorities.

An important starting point is 1 Timothy 6:10, where it is stated that the love of money is the root of all evil: "For the love of money is the root of all evil: which while some coveted after, they have erred from the faith, and pierced themselves through with many sorrows." The message does not criticise money itself, but rather excessive attachment to it. When the desire to possess more becomes dominant, there is a risk that decisions will be guided more by personal interest than by principles. Over time, this orientation may change the way a person defines success and evaluates personal choices, shifting the focus from what is essential to what is merely convenient or immediately satisfying.

This change does not occur suddenly, but gradually, almost imperceptibly. At first, the difference appears minor, yet over time the criteria according to which decisions are made begin to change. What was once considered right or important becomes relativised depending on the advantage obtained. Consequently, there is a tendency to justify choices solely through the perspective of gain, while other reference points such as balance, responsibility and consistency in values lose their importance. The perception of success also changes. It is no longer associated with stability, peace or inner coherence, but becomes dependent on accumulation and comparison. A person begins to measure progress not through what has been built in a durable manner, but through how much has been obtained within a certain period, a perspective that creates constant pressure, because every achieved level quickly becomes insufficient.

In the long term, this orientation may lead to a form of continuous dissatisfaction. Even if resources increase, the feeling of fulfilment does not automatically appear, because expectations grow alongside them. In the absence of clear reference points, the desire for more has no stopping point, and balance becomes difficult to maintain.

The same idea continues in Hebrews 13:5: "Keep your lives free from the love of money and be content with what you have, because He Himself has said: 'I will never leave you nor forsake you.'" Contentment does not mean a lack of aspirations, but a form of inner balance that allows a realistic attitude towards resources. It provides stability and clarity, helping to avoid a permanent state of dissatisfaction. Such an attitude allows more moderate and coherent decisions to be made, without being constantly influenced by the desire for accumulation. Viewed more deeply, this idea suggests that true security is not exclusively connected to what one possesses, but to the way one relates to what one already has. Contentment creates a sense of peace that does not depend on external fluctuations, and this provides a solid foundation for balanced decisions. When a person is not dominated by the constant desire to possess more, clarity in thinking is preserved and impulsive reactions can be avoided.

This perspective emphasises responsibility and the conscious management of resources. It is not about limitation, but about using wisely what already exists. Contentment helps establish correct priorities and avoid waste, because attention is no longer focused on accumulation, but on the real value of things.

This perspective emphasises responsibility and the conscious management of resources. It is not about limitation, but about using wisely what already exists. Contentment helps establish correct priorities and avoid waste, because attention is no longer focused on accumulation, but on the real value of things.

Ecclesiastes 5:10 offers a very realistic observation: "Whoever loves money never has enough; whoever loves wealth is never satisfied with their income. This too is meaningless." It is a description of a tendency that never finds a stopping point, in which the desire for more becomes self sustaining. From this perspective, it becomes evident that satisfaction is not determined exclusively by the quantity of resources, but by the way these are related to needs and expectations. In the absence of inner balance, accumulation does not bring peace, but maintains a continuous state of pursuit. This observation captures a profound mechanism of human behaviour. As a person gains more, the level of expectations increases, and what once seemed sufficient quickly becomes ordinary. Thus, satisfaction is short lived, and desire immediately shifts towards a new objective. Instead of providing stability, accumulation creates a dynamic in which peace depends on reaching the next threshold, which in turn is never final. Value is no longer determined by usefulness or meaning, but by quantity or comparison, leading to a perception in which what already exists is no longer sufficient, not because something essential is missing, but because expectations have constantly shifted.

From an educational perspective, this verse highlights the importance of establishing inner limits. Without them, the desire for accumulation has no stopping point and may become dominant. By contrast, when there is a clear understanding of real needs and personal purposes, resources can be integrated in a balanced manner. The emphasis falls on the way what one already possesses contributes to stability and coherence.

In the same direction, Matthew 6:24 speaks about the impossibility of having two loyalties: "No one can serve two masters: either you will hate the one and love the other, or you will be devoted to the one and despise the other. You cannot serve both God and money." The message underlines the need for clarity in establishing priorities. When money becomes the main criterion of orientation, there is a risk that other values will be pushed into the background. Therefore, it is important for each person to define their principles consciously and to understand the limited role that financial resources should have.

This idea highlights the fact that decisions are never neutral, but always reflect a choice between things that matter differently. When money becomes the dominant criterion, it influences not only individual actions, but also the overall direction of life. Over time, this orientation may lead to an incorrect hierarchy of values, in which what is essential is postponed or neglected in favour of immediate gain.

The idea of loyalty also implies consistency. It is not only about isolated choices, but about a constant way of thinking and acting. If priorities are not clearly defined, there is a risk of fluctuation, and decisions become influenced by circumstances or momentary opportunities. By contrast, when there is a clear direction, money retains its role as a tool, without becoming the factor that dictates every choice.

Saving and long term planning

From a Biblical perspective, saving is not presented as a simple accumulation of resources, but as a form of practical wisdom connected to the human capacity to anticipate and adapt. The emphasis is placed on foresight, balance and responsibility towards the future, in a manner that goes beyond the strictly material dimension.

A first reference is found in Proverbs 6:6-8, where it is stated: "Go to the ant, you sluggard; consider its ways and be wise. It has no commander, no overseer or ruler, yet it stores its provisions in summer and gathers its food at harvest." The image of the ant reflects the idea of conscious and anticipatory action. Without external constraint, it organises its resources according to natural cycles. Applied to the financial sphere, this model supports the idea that stability does not appear by chance, but is the result of repeated and deliberate decisions made during favourable periods. This image also highlights the importance of personal initiative. The ant does not wait for a moment of crisis in order to act, but prepares constantly and in advance. In the same way, saving is not determined by fear or pressure, but by a clear understanding that resources are not always constant. There are better periods and more difficult periods, and the ability to cope with change depends on the choices made beforehand. Stability is not built through isolated decisions, but through consistency. This consistency creates a sense of security that does not depend exclusively on the level of income, but on the manner in which it is managed.

The image of the ant also conveys the idea of proportion. It does not gather without measure, but according to future needs. This detail is essential because it distinguishes responsible saving from purposeless accumulation. Within a balanced approach, saving does not become an obsession, but remains a tool that supports stability and provides freedom in the face of unforeseen situations.

The same line of thought continues in Proverbs 21:5: "The plans of the diligent lead to profit as surely as haste leads to poverty." The verse introduces a clear opposition between planning and impulsiveness. Prosperity is not presented as the result of chance, but as the effect of deliberate construction. In this sense, financial planning becomes an exercise in discipline, in which decisions are not dictated by the moment, but integrated into a broader vision regarding resources and personal objectives. This idea highlights the importance of patience and consistency. Plans do not produce immediate results, but over time they create a stable framework in which resources are used efficiently. Diligence, in this context, refers not only to effort, but also to the capacity to organise, anticipate and pursue a long term objective. By contrast, haste is associated with decisions made without reflection, which may lead to imbalance and loss of control over a situation.

The idea expressed in Proverbs 21:5 suggests that lack is not always determined by the insufficiency of available resources, but may represent the consequence of a manner of acting lacking planning and discipline. When decisions are made impulsively, under the influence of momentary circumstances and without a clearly defined direction, the risk of inefficient resource use, unnecessary expenditure and the loss of valuable opportunities increases. From this perspective, lack should not be understood exclusively as a material problem, but also as a manifestation of instability in the process of resource management, which may affect an individual's ability to achieve objectives and maintain financial balance in the long term.

In Proverbs 21:20 it is stated: "The wise store up choice food and olive oil, but fools gulp theirs down", highlighting the difference between the responsible management of resources and the tendency towards uncontrolled consumption. The verse emphasises the individual's ability to preserve and make good use of what is possessed, suggesting that financial balance is built through prudence, attention and continuity in the management of goods. Saving therefore appears as a means of protection against periods of uncertainty, but also as an expression of a mature attitude towards resources and the future.

At the same time, the idea of "treasure" refers to stability and lasting value, achieved over time through calculated decisions and the avoidance of excess. Wisdom is associated with the capacity to manage resources in a balanced manner, so that they may support both present and future needs. Financial stability is formed gradually, through responsible choices and a conscious attitude towards what is available.

By contrast, wastefulness is presented as the effect of a lack of discipline and decisions made without moderation. When resources are used impulsively and without a long term perspective, imbalance may arise even in the presence of sufficient income. The verse therefore highlights the importance of the manner in which resources are managed, suggesting that maintaining financial balance largely depends on the responsibility and moderation shown in the process of managing them.

A broader example of planning is presented in Genesis 41:34-36, in the context of the administration of Egypt under Joseph's leadership. The recommendation to preserve part of the harvests during years of abundance in order to cope with years of famine highlights the importance of preparation for unfavourable periods. This episode reflects a fundamental principle of risk management: prosperity should not be consumed entirely, but also used to strengthen the future.

What is remarkable in this case is not only the idea of saving, but the organised manner in which it is implemented. It is not limited to a general intention, but involves a clear strategy, designed for the long term, with concrete and consistent steps. It is an approach that takes into account the natural alternation between favourable and difficult periods, without relying on the assumption that circumstances will always remain the same.

The decision concerns not only immediate welfare, but also the protection of an entire community in the face of an anticipated crisis. Planning therefore becomes more than an individual instrument, transforming into a means of ensuring long term stability. A vision emerges in which resources are managed carefully, not only for the present, but also for what is to come.

Another important aspect is the fact that this preparation takes place during a period of abundance.

Precisely when sufficient resources exist, there is a tendency towards unrestricted consumption, yet the presented example illustrates a different approach. Abundance is not treated as a guarantee of the future, but as an opportunity to build security. This change in perspective is essential, because it shifts the emphasis from immediate consumption to balance and continuity.

The idea may be understood as a model of prudence and clarity in decision making. It is not about limitation or fear, but about a realistic evaluation of circumstances and the capacity to act in advance. In this way, planning does not become a reaction to crisis, but a form of prevention.

A complementary perspective is offered by Ecclesiastes 11:2: "Invest in seven ventures, yes, in eight; you do not know what disaster may come upon the land." The verse highlights the importance of distributing resources and avoiding dependence on a single direction, placing emphasis on prudence, balance and the capacity to adapt in the face of uncertainty. The conveyed idea reflects a realistic understanding that change and unforeseen situations are part of life, and that stability is built through the careful and responsible management of resources.

The distribution of resources expresses an attitude based on attention and moderation, whether regarding income, savings or other financial decisions. Such management contributes to reducing risks and provides greater security during difficult periods. At the same time, the idea of thinking oriented towards continuity and the protection of long term financial balance becomes evident.

The verse also highlights the value of a perspective that remains open to multiple possibilities. When resources are distributed in a balanced manner, the effects of negative events become easier to manage, and stability no longer depends exclusively on a single factor. Adaptability and prudence therefore contribute to maintaining a balance capable of supporting the individual even in uncertain circumstances.

At the same time, the importance of a conscious approach to the process of resource management is emphasised, in which decisions are made responsibly and with attention to future consequences. Each choice plays a role in preserving financial balance and in strengthening a stability gradually built through discipline and careful management.

Through these examples, saving and planning appear as means through which a greater degree of financial security and autonomy may be achieved. Responsible resource management reduces vulnerability in the face of change and provides greater control over personal decisions, contributing to the formation of lasting stability.

Debts and financial responsibility

From a Biblical perspective, debt is viewed with considerable prudence, because it may influence both financial balance and personal freedom. Borrowing is not presented as a wrong solution in every situation, but it is associated with responsibility and the need for careful resource management. The emphasis is placed on the consequences that may arise when debt becomes a habit or when financial decisions are made impulsively, without a realistic assessment of repayment possibilities.

The moment a person borrows money, part of future income is already allocated to covering a previously assumed obligation. From that moment onward, many financial decisions become influenced by the existence of instalments, payment deadlines and the responsibilities associated with debt. For example, a person who contracts a loan beyond their means may eventually be forced to give up other important needs in order to meet monthly obligations. Over time, the constant pressure of payments may affect the sense of security and create a continuous state of tension.

Problems arise especially when borrowing is used to satisfy momentary desires or to maintain a lifestyle that exceeds the actual resources available. The purchase of expensive goods without clear planning or the repeated use of credit to cover current expenses may gradually lead to the accumulation of obligations that become difficult to manage. In such situations, income is no longer used for building financial stability, but for covering existing debts.

The Biblical perspective emphasises prudence and the capacity to evaluate consequences before assuming a financial obligation. A person who carefully analyses their possibilities, organises expenditures and avoids impulsive decisions is more likely to preserve financial balance and freedom of choice. Financial responsibility therefore involves not only obtaining income, but also managing it in a manner that allows security and long term stability.

At the same time, debt may also have effects on emotional wellbeing and personal relationships. The constant concern related to paying instalments or the fear of not being able to meet financial obligations may generate stress and insecurity. For this reason, the idea of moderation and careful resource management occupies an important place within the Biblical perspective on finance, being associated with maintaining a balance that provides greater control over personal decisions and the future.

One of the clearest statements appears in Proverbs 22:7: "The rich rule over the poor, and the borrower is slave to the lender." The wording is direct and highlights a reality that goes beyond the ancient context. Debt creates a form of dependence, even if this is not always immediately visible. In contemporary terms, this idea may be associated with the pressure of monthly instalments, the limitation of personal options or vulnerability in the face of economic change.

The image of the "slave" should not be understood only literally, but especially as a gradual loss of autonomy. The moment a person assumes debt, a relationship emerges in which control is no longer complete. Part of one's decisions become influenced by the obligation to repay, and flexibility decreases. There is no longer the same freedom to choose or to change direction, because financial responsibility becomes the priority.

This dependence may initially appear subtle. Everything seems manageable, and the obligations appear easy to sustain. As time passes, however, any change may have a greater impact than anticipated. Stability becomes dependent on maintaining a certain level of resources, and any variation may create difficulties. Thus, debt is no longer merely a temporary solution, but becomes a constant factor influencing overall balance.

The verse also highlights a difference in position between the one who offers and the one who receives. It is not an equal relationship, but one in which one party has more control than the other. This reality explains why borrowing must be approached with prudence. Not every access to resources also means freedom, and what appears to be an immediate advantage may bring long term constraints.

True freedom is not connected only to how much a person can obtain, but also to how little they depend on external obligations. Avoiding commitments that limit flexibility becomes a form of protection, and decisions are better grounded when they are not conditioned by constant pressures. In this way, debt is viewed not only as a financial instrument, but as an element that must be integrated carefully into a broader vision of personal stability.

The same prudence is also suggested in Romans 13:8: "Let no debt remain outstanding, except the continuing debt to love one another." The message should not be interpreted strictly as a prohibition, but as guidance towards avoiding financial obligations that may become burdensome. The emphasis is placed on the freedom to act without external constraints, an idea that remains relevant in an environment where access to credit is increasingly easy.

The wording contrasts two types of "debts": one material, which limits, and one moral, which is never exhausted. While financial obligations end through repayment, responsibility towards others does not function according to the same rules. Through this comparison, a shift in perspective regarding priorities is indicated, in which relationships and human values are placed before material commitments.

Avoiding debt therefore becomes a means of protecting personal balance. Without the pressure of constant obligations, decisions may be made more clearly and freely. A person who is not constrained by debt has greater flexibility and a greater capacity to adapt. It is not about rejecting every form of credit, but about avoiding situations in which it becomes a burden that is difficult to manage.

In Psalm 37:21 it is stated that "the wicked borrow and do not repay, but the righteous give generously", highlighting the importance of responsibility and integrity in relation to assumed obligations. The verse emphasises the way in which a person honours commitments, showing that the repayment of a debt reflects the seriousness and honesty of the individual who made the promise. Beyond the financial dimension, the idea emerges that the manner in which obligations are managed reveals much about a person's character and values.

The difference between the two attitudes described in the verse concerns the relationship with responsibility and the trust offered by others. When someone borrows money, a relationship is automatically created based on the promise that the obligation will be respected. For example, a person who pays instalments or loans on time demonstrates seriousness and stability, whereas the constant avoidance of financial responsibilities may affect credibility and relationships built over time. In many situations, the loss of trust produces stronger effects than the material loss itself.

The verse therefore highlights the fact that debt involves more than a simple economic exchange. Behind every loan there is a legitimate expectation regarding the fulfilment of the given word. Relationships between people are often based on trust, and maintaining this trust depends on the consistency with which assumed obligations are respected. When responsibility is absent, tensions, insecurity and difficulties arise that go beyond the strictly financial dimension.

At the same time, the text also brings into discussion the idea of generosity. The person described as righteous does not limit themselves only to fulfilling obligations, but also demonstrates a willingness to offer and support others. A perspective therefore emerges in which resources are managed responsibly, but also with openness towards the needs of those around. Financial balance is associated both with discipline and integrity, and with the capacity to use resources in a manner that contributes to the common good.

The relevance of these principles may also be observed in the current economic context, in which consumer credit has become part of everyday life. Credit cards, quick loans and long term financing provide immediate access to resources and may create the impression that financial limits can be exceeded without difficulty. In many cases, purchases are made impulsively, without careful analysis of future consequences, and the accumulated obligations eventually affect financial stability and the ability to manage other important expenses.

In this context, financial discipline and respect for commitments become essential for maintaining balance and personal security. A person who carefully manages resources, avoids excessive debt accumulation and respects obligations is more likely to preserve financial stability and freedom of decision in the long term.

This availability changes the way decisions are made. The emphasis shifts from evaluating real possibilities to the desire to obtain immediately what is wanted. Over time, this approach may lead to the accumulation of obligations that exceed the capacity for management. Even if each decision appears justified at the time, the cumulative effect becomes difficult to control.

Recent economic changes have shown how vulnerable such a balance may become. Rising costs, fluctuations in interest rates or uncertainty regarding income may rapidly transform a stable situation into a fragile one. Under these conditions, debts no longer function merely as a support instrument, but may become a source of constant pressure that limits the capacity to adapt.

The economic crises of recent years have highlighted the fact that over indebtedness affects not only individuals, but also communities and national economies. The increase in the cost of credit has placed pressure on personal budgets, while fluctuations in income have made financial obligations difficult to sustain. In such situations, what initially appeared manageable may quickly become a burden, and the effects do not remain isolated, but extend further.

The impact is felt in a chain reaction. When increasing numbers of people face difficulties in repaying debts, imbalances emerge that affect broader economic stability. Consumption decreases, uncertainty rises, and pressure on financial systems becomes increasingly visible.

At the individual level, the effects are equally clear. Debts assumed during favourable periods may become difficult to manage when conditions change. Budgets become rigid, and the capacity to adapt decreases. Instead of providing support, loans begin to limit options and create a constant state of pressure.

Within this framework, the idea of prudence acquires a practical meaning. It is not about restriction or the rejection of progress, but about protecting stability in the face of changes that cannot be controlled. A careful approach in assuming financial obligations allows the maintenance of balance and reduces the risk of difficult situations.

Biblical warnings therefore prove to be surprisingly relevant today. They do not propose the complete avoidance of borrowing, but rather draw attention to the limits and responsibilities involved. Prudence becomes a form of protection, and decisions made with moderation contribute to maintaining a stability that may make a difference in moments of uncertainty.

Financial responsibility therefore involves more than simply avoiding debt. It implies a careful assessment of repayment capacity, an understanding of the real costs of borrowing and a balanced approach to needs and resources. Debt may sometimes be justified, but it becomes problematic when it is used to sustain a lifestyle that exceeds real possibilities.

This responsibility begins with clarity. Making an informed decision means understanding not only the borrowed amount, but also the long term implications. Costs are not always evident at the beginning, and their impact is felt over time, as obligations become constant. A realistic assessment helps avoid commitments that may become difficult to sustain and allows the maintenance of a balance between present and future.

Managing debt also requires consistency. Once assumed, obligations must be integrated in an organised manner into one's personal financial structure. This organisation is not only related to calculations, but also to discipline and the capacity to maintain the chosen direction. The absence of such consistency may intensify pressure and lead to a loss of control over the situation.

Integrity in resource management

The way in which a person manages resources often says more about their character than the level of income they obtain. Financial stability does not depend exclusively on how much money a person has, but also on the way it is obtained, used and managed over time. For this reason, integrity occupies an important place in financial behaviour, because it influences both personal decisions and the relationships built with others.

Integrity is reflected in the consistency between what a person considers right and the way they actually behave. There are people with modest incomes who succeed in managing resources responsibly, fulfilling obligations and maintaining stable financial balance. At the same time, individuals with greater financial possibilities may encounter difficulties because of impulsive decisions, excessive spending or a lack of discipline. The difference often lies in the manner in which resources are managed and in the values influencing daily decisions.

Integrity also becomes visible in relationships with others. Respecting promises, honesty and seriousness contribute to building trust, and this trust is formed over time through consistency and responsibility. For example, a person who respects financial commitments, communicates transparently and avoids taking advantage of others is perceived as credible and stable. By contrast, a lack of fairness may quickly affect personal and professional relationships, even when the financial situation appears favourable.

On a personal level, integrity also provides a certain inner balance. Financial decisions are no longer made under the influence of the desire for rapid gain or momentary pressures, but are analysed in relation to clear principles and long term consequences. Such an approach contributes to maintaining stability and reduces the risk of imbalances generated by impulsiveness or lack of moderation.

Therefore, resource management becomes an expression of character and of the way a person understands responsibility. Integrity plays a practical role in every financial choice, influencing both the relationship with money and the relationships built around it.

An important principle related to fairness in economic relationships appears in Proverbs 11:1: "The Lord detests dishonest scales, but accurate weights find favour with Him." The image of the scales refers to the idea of equity and fairness in every exchange or transaction. In the current context, this principle may be associated with honesty in presenting a product or service, the fair setting of prices and the avoidance of practices through which someone takes advantage of another person's lack of information.

In everyday life, integrity may be observed in apparently simple details. The way contractual conditions are explained, transparency regarding costs or honesty in what is promised to a client directly influence the level of trust between people. For example, a trader who hides the defects of a product in order to obtain greater profit may gain a short term advantage, yet credibility will be affected once the reality becomes known. By contrast, fairness and transparency contribute to building stable and lasting relationships.

The verse highlights the fact that integrity involves more than the formal observance of rules. It is reflected in the consistent manner in which a person chooses to act, including in situations where rapid benefits could be obtained through dishonesty. The way information is presented, the attention given to details and the respect shown towards others demonstrate the seriousness with which economic relationships and the responsibilities associated with them are treated.

Over time, these aspects influence the way a person is perceived and the level of trust they succeed in building. Even if some decisions appear insignificant at the time, they gradually contribute to forming a reputation based on seriousness, fairness and responsibility.

Proverbs 13:11 states that "dishonest money dwindles away, but whoever gathers money little by little makes it grow", and the emphasis falls on the difference between wealth obtained rapidly and stability built over time. The verse highlights the fact that resources acquired without patience, through uncertain methods or through the desire for immediate enrichment, often lack continuity. By contrast, financial development built gradually through work and discipline provides greater balance and long term security.

The conveyed idea may easily be observed in present reality as well. Many people are attracted by promises related to rapid profits, "guaranteed" investments or methods through which financial success appears possible without effort and without waiting. In many cases, such situations lead people to make impulsive decisions without analysing the real risks. It is precisely this danger that the verse draws attention to: what is built rapidly and without a solid foundation may be lost just as quickly. By contrast, results obtained through consistency and careful management tend to be more stable and easier to maintain.

The image of the person who "gathers little by little" highlights the value of patience and financial discipline. Stability does not arise from a single spectacular opportunity, but from repeated and balanced decisions made over time. Consistent saving, avoiding impulsive spending and gradually building resources contribute to forming a more secure financial foundation. The verse therefore conveys the idea that sustainable development requires time, responsibility and the capacity to avoid the temptation of immediate gain.

A similar perspective also appears in Proverbs 28:20: "A faithful person will be richly blessed, but one eager to get rich will not go unpunished." Attention is directed here towards the effects of an excessive desire for rapid gain. When haste becomes more important than prudence, people may end up accepting compromises or risks that they would normally avoid. In many situations, financial problems arise precisely from this desire for immediate results, without analysis and without patience.

Current economic reality offers numerous examples in this regard. Unsafe financial schemes, frauds or speculative investments are often based on the promise of large profits within a very short time. People who pursue exclusively immediate profit sometimes ignore the consequences and assume risks that become difficult to control. The verse highlights the fact that stability and security are built rather through consistency and responsibility than through attempts to obtain rapid success.

Luke 16:10-11 brings into discussion another important aspect: "Whoever can be trusted with very little can also be trusted with much, and whoever is dishonest with very little will also be dishonest with much." The emphasis falls on the idea that responsibility and integrity are formed through small actions and everyday decisions. A person's character may be observed in the way they manage apparently insignificant matters: respecting a payment deadline, honesty in a transaction or fairness in a situation where nobody is checking.

These details gradually influence financial behaviour and the relationships built with others. A person who is careful and fair in small matters will demonstrate the same responsibility in more important situations. By contrast, tolerating small deviations may eventually lead to increasingly problematic decisions. The verse highlights the fact that integrity does not appear only in important moments, but is constantly built through repeated choices and consistency.

In the current context, discussions regarding financial ethics have become increasingly important, especially in an environment in which information circulates rapidly and unfair practices are more easily observed. Lack of transparency, manipulation of information or misleading advertising affect people's trust and may produce effects that go beyond individual financial losses. For this reason, fairness and responsibility play an essential role in maintaining stable and credible economic relationships.

Integrity in resource management therefore becomes more than a theoretical value. It influences the way decisions are made, the manner in which relationships are built and a person's capacity to maintain long term stability. Trust, seriousness and consistency develop over time and may have far greater value than advantages obtained rapidly and without responsibility.

Generosity and social responsibility

In the relationship between people and financial resources, the question often arises Generosity also influences the way a person is perceived by those around them.

People tend to place greater trust in those who show openness and willingness to help, and this trust contributes to building stronger and more lasting relationships. In this sense, social responsibility is not limited to occasional gestures, but reflects a constant way of relating to others and to the available resources.

The same idea also appears in Luke 6:38: "Give, and it will be given to you. A good measure, pressed down, shaken together and running over, will be poured into your lap." The image used in the verse conveys the idea of an abundance that eventually returns to the one who gives. The emphasis is not placed on an immediate or precisely calculated reward, but on the effects that generosity produces in relationships between people and in the way trust is built.

Viewed practically, such an attitude influences a person's social and professional environment. Those who are open, fair and willing to offer support are perceived as more credible and closer to others. Over time, this perception contributes to the formation of relationships based on respect and cooperation. Generosity therefore becomes part of a way of life in which resources are used responsibly, and the positive effects are reflected not only on the individual, but also on the community to which they belong.

Work and the value of earnings

One of the messages that constantly appears in the Bible is the connection between work, responsibility and stability. Material resources are associated with involvement, perseverance and constant effort, while earnings are presented as the result of organised and deliberate activity. Work does not appear merely as an economic necessity, but also as an important part of the way in which a person builds life and maintains balance.

The importance of work goes beyond the strictly financial dimension. Through work, discipline, patience and the capacity to manage responsibly both time and acquired resources are developed. When earnings are connected to effort and involvement, they come to be appreciated differently and managed more carefully. By contrast, resources obtained very easily or without responsibility are often used impulsively and lost more quickly, precisely because there is not the same awareness of their value.

A clear difference may therefore be observed between what is built gradually and what appears rapidly without a solid foundation. At present, the idea of immediate success is frequently promoted through examples of rapid enrichment, effortless earnings or promises of spectacular results within a very short period. However, many of these situations prove unstable, because the consistency, organisation and experience necessary for maintaining long term financial balance are lacking. By contrast, what is obtained through work and patience has greater stability and may be managed more responsibly.

Work also provides a certain rhythm to everyday life. The existence of clear responsibilities, objectives and continuity contributes to developing a more balanced relationship with resources. Earnings are no longer viewed solely as a final goal, but as the result of constant involvement and real contribution.

In 2 Thessalonians 3:10 it is stated directly: "The one who is unwilling to work shall not eat." The verse highlights very clearly the connection between contribution and result. The emphasis falls on the lack of willingness to become involved, not on situations in which a person cannot work for reasons beyond their control. The conveyed idea is that each person has the responsibility to contribute, according to their possibilities, to their own support and to the balance of the community to which they belong.

The message of the verse may also be understood in relation to present reality. When someone constantly avoids responsibilities and permanently expects resources to come exclusively from external sources, an imbalance eventually appears both for that person and for those around them. By contrast, active involvement and the assumption of a role contribute to the development of independence and the maintenance of personal stability.

regarding the purpose for which these resources are used. Some individuals focus their attention exclusively on their own needs and objectives, while others also take into consideration the situation of those around them. The Biblical perspective emphasises the idea that resources do not have only an individual role, but may also contribute to maintaining balance within the community and supporting those facing difficulties.

Generosity is presented as an attitude connected to responsibility and to the way a person understands the value of the resources they possess. Giving is not associated with loss or the reduction of personal security, but with the conscious use of resources in a manner that may also bring good to others.

Such an approach changes the perspective on money, because it is no longer viewed exclusively as a means of satisfying personal interest, but also as an instrument through which more balanced relationships and a more stable environment may be created.

Proverbs 19:17 states that "Whoever is kind to the poor lends to the Lord, and He will reward them for what they have done." The message of the verse highlights the fact that help offered to those in need has value and produces effects that go beyond the immediate moment. The conveyed idea is that generosity contributes to maintaining a broader balance and to strengthening relationships between people. The offered help is not presented as a loss, but as an investment in stability, trust and solidarity.

In everyday life, this principle may be observed in numerous simple situations. Supporting a person facing a difficult moment, offering financial assistance when someone is unable to cover certain needs or becoming involved in charitable activities contribute to creating a more balanced and secure environment. When people support one another, the level of insecurity and tension within the community decreases, and relationships become more stable.

The verse also highlights the fact that the idea of "loss" may be viewed differently. Resources offered in order to help others do not simply disappear, because the effects of generosity are reflected in the relationships built and in the level of trust between people. Even if helping involves effort or temporary sacrifice, it may over time contribute to creating a more stable and balanced environment for the entire community.

The message also emphasises the importance of focusing on a clear direction. Progress built gradually, even if it appears slower, provides greater security than repeated attempts to achieve rapid results through unreliable methods. Lack of continuity often leads to the waste of time, energy and resources, without producing lasting results.

The verse also highlights the need for discernment when evaluating opportunities. Not everything that appears promising produces genuine long term results. Without careful analysis, people may invest time and resources in directions that offer only temporary benefits or the illusion of success. In contrast, activities that involve work, discipline and responsibility create a more secure foundation for stability and development.

Proverbs 10:4 reinforces the same idea through the statement: "lazy hands make for poverty, but diligent hands bring wealth". The emphasis here is placed on the effects that daily habits and behaviours produce over time. Financial stability does not arise from a single effort or one good decision, but develops gradually through consistency, organisation and constant involvement.

The verse highlights the connection between discipline and results. Diligence involves more than physical effort; it includes organisation, seriousness and the ability to carry responsibilities through to completion. People who manage their activities with regularity and attention gradually succeed in building greater stability and making better use of the opportunities that arise.

Lack of involvement produces effects that accumulate gradually. Repeated delays, avoiding responsibilities or constantly postponing important tasks can generate losses and imbalances that become visible over time. The differences between discipline and negligence do not appear suddenly, but develop slowly through the repetition of daily behaviours.

Today, these principles are easy to observe in the way the labour market and the economy function. Increasing emphasis is placed on genuine skills, adaptability and consistency in results. Technological changes have transformed the way people work, but they have also increased the importance of efficiency, quality and professional responsibility. Mere presence is no longer sufficient, and stability depends increasingly on a person's ability to remain involved, disciplined and relevant in a continuously changing environment.

Responsible stewardship of resources

The idea of responsible stewardship of resources begins with the understanding that money and material possessions involve more than the simple possibility of using them. The biblical perspective places emphasis on the responsibility people have towards the resources entrusted to them and on the way these are managed in everyday life. The manner in which someone organises their spending, uses their time or manages their income reflects the level of maturity, discipline and seriousness with which they approach their own responsibilities.

In Luke 16:10-11 it is stated: "Whoever is faithful in very little is also faithful in much; and whoever is dishonest in very little is also dishonest in much. So if you have not been faithful in unrighteous wealth, who will entrust you with the true riches?". The message of the verse highlights the fact that responsibility first becomes visible in simple things and in everyday decisions. The way a person treats seemingly insignificant resources shows how they will react when entrusted with greater responsibilities.

Many times, people consider that financial stability depends exclusively on high incomes or major opportunities. However, balance is built through habits repeated daily. Attention given to ordinary expenses, avoiding impulsive purchases, respecting a budget, or the ability to save consistently gradually contribute to the development of financial discipline. These things seem small at first, yet their effects accumulate over time and influence the way more complex situations are managed. The verse also conveys the idea that trust is built gradually, through consistency. A person who is careful in managing limited resources will more easily be perceived as capable of handling larger projects or more important responsibilities. For example, someone who carefully organises their income, pays their obligations on time, and avoids waste gradually develops a way of thinking based on responsibility and organisation. The same type of behaviour will also influence the way investments, businesses, or other important resources are managed.

In everyday life, responsible management can be observed in seemingly ordinary things: keeping track of expenses, planning financial goals, using resources carefully, or avoiding unnecessary debt. Even if these decisions do not produce spectacular results immediately, they gradually contribute to the development of real and lasting stability.

The same perspective is also developed in Matthew 25:14-30 through the Parable of the Talents. Resources are entrusted to individuals who have the responsibility to manage and make use of them. The difference between the characters appears in the way each person uses what they receive. Those who choose to act and assume responsibility succeed in developing the entrusted resources, while the person who avoids any initiative ends up losing both the opportunity for progress and the trust placed in them.

The parable highlights the importance of involvement and the active use of resources. Stability is not built solely by preserving what already exists, but also through the ability to make use of available opportunities. A person who develops their skills, invests in education, organises their resources, or seeks opportunities for growth actively uses what is available to them and creates the conditions for long-term progress.

The individuals who acted in the parable had no guarantee of a certain outcome, yet they chose to use their resources in a productive and balanced way. In practical terms, this perspective may be associated with prudent investments, professional development, or the decision to use resources in order to create future opportunities. A passive attitude limits progress and reduces the possibility of development, because resources remain unused. Responsible management also requires careful organisation of the way resources are distributed. In Ecclesiastes 11:2 it is stated: "Give portions to seven, and even to eight, for you do not know what disaster may come upon the land". The verse highlights the importance of balance and diversification, based on the idea that reality is marked by change and uncertainty. A person who depends exclusively on a single source of income or who invests all their resources in one direction becomes far more vulnerable when an economic or professional problem arises. By contrast, distributing resources across several directions provides greater stability and a stronger capacity for adaptation. Savings, prudent investments, or the development of multiple income sources contribute to reducing risks and maintaining a more secure financial balance.

Financial Discipline and Long-Term Planning

There are people who earn well but remain vulnerable because they spend almost all of their income as soon as they receive it. In many situations, the high level of spending is not connected to real needs, but to the desire to maintain a certain lifestyle or to the social pressure to always appear successful. Social media contributes greatly to this tendency. People are constantly exposed to images promoting expensive holidays, luxury items, rapid consumption, and the idea that success must always be displayed. Over time, a tendency emerges to compare one's own life with what is seen in others, and this directly influences financial behaviour.

Under such conditions, financial planning becomes increasingly difficult. Many decisions are made in the moment, without a clear analysis of their long-term consequences. Impulsive purchases, shopping for social validation, or the excessive use of credit create the impression of immediate comfort, but may generate instability over time. This is precisely where the relevance of biblical principles concerning moderation and foresight appears.

Periods of economic crisis have highlighted very clearly the differences between people who had at least minimal financial organisation and those who depended exclusively on their monthly income. During the COVID-19 pandemic, many people faced reduced incomes, job losses, or rising basic expenses. Individuals who had savings or an emergency fund managed these changes more easily. By contrast, those who had no financial reserve became far more vulnerable and were forced to resort quickly to loans or other emergency solutions. Similar situations also arose in the context of high inflation and the energy crisis, when the sudden increase in prices strongly affected personal budgets. The biblical idea of preparing for difficult periods is very close to modern recommendations regarding emergency funds, expense planning, and reducing financial vulnerability. The difference is that the biblical perspective emphasises the development of a certain type of behaviour. Contemporary financial education increasingly attempts to move beyond the simple transmission of technical information and to focus on financial behaviour. It is not enough for people to know theoretically what saving or budgeting means if they do not also change the way they relate to money and consumption. This is precisely where biblical principles may have relevance, because they emphasise inner discipline, self-control, and taking responsibility for one's own decisions.

The Ethical Dimension of Financial Behaviour

Contemporary financial education is no longer focused exclusively on technical concepts such as budgeting, saving, investing, or increasing profit. In recent years, discussions about money and economic behaviour have increasingly included aspects related to ethics, responsibility, and social impact. Concepts such as ethical finance, sustainable finance, responsible investing, or corporate social responsibility are appearing more and more frequently, attempting to show that financial decisions affect not only the individual situation of a person or company, but also the community, the social environment, and relationships between people.

This change in perspective emerged in a context in which numerous economic crises and financial misunderstandings affected people's trust in institutions and in the economic environment. In many situations, the desire for rapid profit led to behaviour lacking transparency, the manipulation of information, or the assumption of excessive risks without responsibility for the consequences. Biblical principles regarding money, integrity, and financial responsibility remain very close to many of today's concerns related to ethics and economic behaviour, even though modern society functions in a far more complex context that is more oriented towards performance and consumption. The idea that constantly appears in biblical texts is that financial success cannot be separated from the way in which it is built, and the value of a gain depends not only on the result, but also on the fairness of the process through which it was obtained. From this perspective, money is not viewed exclusively as a tool for personal comfort or accumulation, but also as a resource that involves responsibility, self-control, and a certain attitude towards others.

This perspective is becoming increasingly relevant in an economic environment in which the pressure to perform and the desire for rapid success strongly influence people's behaviour. At present, the idea of financial success is frequently associated with the image of a life without material limits, and social media contributes greatly to this perception. Examples of rapid gains, spectacular lifestyles, and methods through which success appears immediately accessible are constantly promoted, without always presenting the effort, risks, or consequences behind these results. In such a context, many people end up developing unrealistic expectations and making financial decisions influenced more by the pressure of social comparison than by their own possibilities or real needs.

This is precisely where biblical principles related to integrity and responsibility offer a different perspective, because the emphasis is not placed on appearances or on achieving success quickly, but on stability, balance, and fairness. The way money is earned becomes just as important as the amount obtained, and the relationship with resources is closely connected to character and personal values.

The idea that success built through manipulation, dishonesty, or the exploitation of others creates imbalance appears frequently in biblical texts and can also be observed very easily in today's economic reality. Numerous companies or public figures have managed to achieve spectacular results in a short period of time, yet the lack of transparency, abusive practices, or the promotion of misleading information later led to the loss of credibility and the deterioration of their relationship with the public. Consumer behaviour has changed in recent years, and people are paying increasing attention to the values promoted by companies and to the way in which they conduct their activities. For many individuals, the choice of a product or service no longer depends exclusively on price or image, but also on the way a company treats its employees, its impact on the environment, or the level of transparency it provides. Consumers tend to support more readily organisations perceived as fair and responsible and quickly distance themselves from brands involved in scandals, abusive practices, or unethical behaviour. This shows that trust has become one of the most important resources in an economy increasingly based on image, communication, and public relations.

In this context, the biblical idea of integrity acquires great importance, because economic relationships function healthily only when there is honesty, transparency, and responsibility. Trust between people is built slowly and lost very easily, and its absence produces effects that go beyond the strictly financial dimension. When people no longer trust companies, institutions, or the information they receive, insecurity, tension, and economic instability arise. For this reason, honesty in the presentation of information and taking responsibility for the consequences of one's own decisions become essential for maintaining a balanced economic environment.

Another important idea that appears both in the biblical perspective and in many current discussions about economics and sustainability is the connection between financial success and responsibility towards the community. In recent years, more and more companies and organisations have attempted to demonstrate that economic development can also be associated with concern for people, education, healthcare, or environmental protection. Investments directed towards social projects, support programmes for vulnerable communities, and initiatives aimed not only at immediate profit but also at long-term effects on society are increasingly emerging. These directions are very close to biblical principles that encourage generosity and the responsible use of resources in relation to the needs of others.

The biblical perspective on money therefore also includes the idea that success has a social dimension and that resources can contribute to creating a more balanced and stable environment for the entire community. A person who uses resources exclusively for their own satisfaction can very easily develop an unhealthy relationship with the idea of success, especially in a society in which constant comparison and social pressure strongly influence financial behaviour. By contrast, when financial decisions are guided also by values such as responsibility, fairness, and concern for others, a healthier relationship develops both with money and with the idea of personal success.

Contemporary financial education is beginning to understand more clearly that financial difficulties are not generated solely by the lack of technical information, but also by impulsive behaviour, social pressure, lack of self-control, or an unhealthy attitude towards success and consumption. For this reason, biblical principles related to integrity, responsibility, and generosity can complement very well the practical dimension of modern financial education, because they offer a deeper perspective on the way people build their relationship with money, success, and responsibility towards those around them.

Conclusion

The analysis of financial principles drawn from the Bible shows that financial education is not limited solely to techniques of budgeting, saving, or investing, but also includes a much deeper dimension related to behaviour, character, and responsibility. Beyond differences in historical period and context, the texts discussed propose a coherent way of relating to resources, in which money is integrated into a framework of values rather than treated as the ultimate purpose of existence.

Overall, several fundamental ideas emerge that support one another. First of all, the attitude towards money is one of balance: resources are necessary, but they should not become the centre of life. Furthermore, saving and long-term planning demonstrate the importance of discipline and the ability to anticipate uncertainty, rather than relying on impulsive reactions.

In addition, the theme of debt highlights the risks of losing financial freedom and the need for constant prudence when taking on obligations. Integrity in the management of resources brings to the forefront the idea that the way money is earned and used has direct consequences for personal stability and social trust. Generosity extends this perspective beyond the individual, showing that resources acquire their fullest meaning when they also contribute to the well-being of the community. Work emphasises the connection between effort and reward, providing a realistic basis for understanding economic value.

Viewed together, these principles form a unified framework of financial education, in which the technical dimension is complemented by an ethical and behavioural one. They suggest that financial stability does not depend exclusively on income, but above all on the way existing resources are managed, on the consistency of decisions, and on the ability to maintain a balance between the present and the future.

REFERENCES

Atkinson, A. and Messy, F. (2012) 'Measuring Financial Literacy: Results of the OECD / International Network on Financial Education (INFE) Pilot Study', *OECD Working Papers on Finance, Insurance and Private Pensions*, No. 15. Paris: OECD Publishing. Available at: http://dx.doi.org/10.1787/5k9csfs90fr4-en (Accessed: 20 May 2026).

Bennett, Z., 2013. *Using the Bible in practical theology: historical and contemporary perspectives*. In: Z. Bennett, ed. *Using the Bible in Practical Theology: Historical and Contemporary Perspectives*. Explorations in Practical, Pastoral and Empirical Theology. Farnham: Ashgate Publishing, pp. 109-118.

Boatright, J.R. (2014) *Ethics in Finance*. 3rd edn. Chichester: Wiley-Blackwell.

European Commission (2022) *Sustainable Finance and ESG Frameworks*. Brussels: European Commission.

Holy Bible, New Romanian Translation (NTR), 2010. Oradea: Casa Cărții

Prisman, E.Z., 2015. 'Real estate transactions in ancient Israel: excavating embedded options utilizing modern finance'. *Financial History Review*, 22(1), pp. 107-132. https://doi.org/10.1017/S0968565015000062

Sen, A. (1999) *Development as Freedom*. Oxford: Oxford University Press.

PREPARING STUDENTS FOR GLOBAL CHANGE THROUGH LIFELONG LEARNING

Asst. Prof. Violla MAKHZOUM
Islamic University of Lebanon, Facultu of Economics & Business Administration, Educational Department,
ORCİD: ID/0000-0002-6181-3115

Mrs. Ghina Nabil ELZEIN
Saint joseph university of beirut, Faculty of education, Educational Department

Mrs. Maria Bdadouni Abdel NOUR
Saint joseph university of beirut, Faculty of education, Educational Department

Abstract
In an era characterized by rapid technological advancement, economic uncertainty, and continuous social transformation, lifelong learning has emerged as a fundamental framework for equipping students with the competencies required to navigate global changes effectively. This paper explores the role of lifelong learning in empowering students to develop adaptive capacities, critical thinking skills, and self-directed learning habits that enable them to respond to complex and evolving global challenges.
The study highlights how lifelong learning extends beyond formal education, encompassing informal and non-formal learning experiences that foster continuous personal and professional development. It emphasizes the importance of cultivating learner autonomy, digital literacy, and global awareness as key dimensions of student empowerment. Furthermore, the paper examines the relationship between lifelong learning practices and students' ability to adapt to shifting labor market demands, cultural diversity, and technological disruption.
Drawing on contemporary educational literature and global policy frameworks, the paper argues that integrating lifelong learning principles into higher education systems enhances students' resilience and preparedness for uncertainty. It also underscores the role of educational institutions in creating flexible learning environments that support continuous skill development and knowledge acquisition.
The findings suggest that lifelong learning is not merely an educational strategy but a transformative approach that reshapes how students engage with knowledge, society, and the world at large. Ultimately, it positions lifelong learning as a critical pathway for empowering learners to become active, adaptable, and globally competent citizens.
Keywords: Lifelong Learning; Student Empowerment; Global Change; Higher Education; Adaptability; Critical Thinking; Digital Literacy; 21st Century Skills; Educational Transformation; Global Competence

Özet
Hızlı teknolojik ilerlemeler, ekonomik belirsizlikler ve sürekli toplumsal dönüşümlerle karakterize edilen bir çağda, yaşam boyu öğrenme, öğrencileri küresel değişimlerle etkin bir şekilde başa çıkmak için gerekli yeterliliklerle donatan temel bir çerçeve olarak ortaya çıkmıştır. Bu çalışma, yaşam boyu öğrenmenin öğrencilerin uyum sağlama kapasitelerini, eleştirel düşünme becerilerini ve öz-yönelimli öğrenme alışkanlıklarını geliştirmelerini sağlayarak karmaşık ve sürekli değişen küresel zorluklara yanıt verme süreçlerindeki rolünü incelemektedir.
Araştırma, yaşam boyu öğrenmenin yalnızca örgün eğitimle sınırlı olmadığını; sürekli kişisel ve mesleki gelişimi destekleyen yaygın (informal) ve yaygın olmayan (non-formal) öğrenme deneyimlerini de kapsadığını vurgulamaktadır. Öğrenci özerkliğinin, dijital okuryazarlığın ve küresel farkındalığın, öğrenci güçlendirmesinin temel boyutları olarak geliştirilmesinin önemine dikkat çekmektedir. Ayrıca çalışma, yaşam boyu öğrenme uygulamaları ile öğrencilerin değişen iş gücü piyasası taleplerine, kültürel çeşitliliğe ve teknolojik dönüşümlere uyum sağlama becerileri arasındaki ilişkiyi incelemektedir.
Çağdaş eğitim literatürü ve küresel politika çerçevelerinden yararlanarak, yaşam boyu öğrenme ilkelerinin yükseköğretim sistemlerine entegre edilmesinin öğrencilerin belirsizliklere karşı dayanıklılığını ve hazırlık düzeyini artırdığını savunmaktadır.

Aynı zamanda eğitim kurumlarının sürekli beceri gelişimini ve bilgi edinimini destekleyen esnek öğrenme ortamları oluşturmadaki rolünü de vurgulamaktadır.
Bulgular, yaşam boyu öğrenmenin yalnızca bir eğitim stratejisi olmadığını; öğrencilerin bilgiyle, toplumla ve daha geniş dünyayla etkileşim biçimlerini yeniden şekillendiren dönüştürücü bir yaklaşım olduğunu göstermektedir. Sonuç olarak, yaşam boyu öğrenme, öğrenenleri aktif, uyum sağlayabilen ve küresel düzeyde yetkin bireyler haline getiren kritik bir yol olarak konumlandırılmaktadır.
Anahtar Kelimeler: Yaşam boyu öğrenme; öğrenci güçlendirme; küresel değişim; yükseköğretim; uyum sağlama; eleştirel düşünme; dijital okuryazarlık; 21. yüzyıl becerileri; eğitimde dönüşüm; küresel yetkinlik

RETHINKING TEACHER EDUCATION DEVELOPMENT IN CONTEMPORARY EDUCATION: CHALLENGES AND EMERGING PERSPECTIVES

Dr. Samia Moustaghfir
Doctor of Education, Arts and Pedagogical Engineering Research Laboratory, Faculty of Languages, Letters and Arts, Ibn Tofail University, Kenitra, Morocco
ORCID: 0009-0000-7673-8413

Sakina El Khattabi
FLLA, Ibn Tofail University in Kenitra, Morocco
ORCID: 0009-0009-9939-8584

Abstract
Recent transformations in contemporary education have intensified scholarly and institutional interest in rethinking teacher education development as a central component of educational quality and innovation. Rapid technological advancement, the expansion of digital learning environments, evolving learner expectations, and the increasing demand for competency-based education have challenged traditional approaches to teacher preparation and professional development. Within this context, teacher education is no longer viewed as a static or exclusively knowledge-based process, but rather as a dynamic and continuous framework that promotes pedagogical adaptability, critical thinking, digital competence, and reflective practice. This paper explores the evolving nature of teacher education development in contemporary education by examining the major challenges, emerging trends, and transformative practices shaping teacher preparation in the twenty-first century. Drawing on recent educational literature and current pedagogical debates, the study highlights the growing importance of learner-centered instruction, technology integration, inclusive education, and lifelong professional learning in redefining teachers' professional roles and responsibilities. The paper further discusses how educational reforms and innovation-oriented policies increasingly emphasize the need to prepare educators capable of responding effectively to rapidly changing educational landscapes. The findings suggest that sustainable teacher education development requires a shift from traditional transmission-oriented models toward more flexible, collaborative, and reflective approaches that foster continuous professional growth and pedagogical resilience. The study contributes to ongoing discussions on educational transformation by emphasizing the necessity of reimagining teacher education as a strategic and future-oriented process capable of addressing contemporary educational demands and challenges.
Keywords: Teacher Education Development, Contemporary Education, Professional Development, Educational Transformation, Pedagogical Innovation, Digital Competence

BIOGRAPHICAL NOVEL AS A FORM OF HISTORICAL COGNITION: THE INTERACTION OF FACT AND ARTISTIC INTERPRETATION

Nigar ISAYEVA
Azerbaijan National Academy of Sciences, Institute of Literature named after Nizami Ganjavi, Department of World Literature and Comparative Studies, Baku, Azerbaijan

Abstract
The article examines the biographical novel as a distinct type of historical-literary text in which documentary and artistic elements form an organic unity. The genre is defined as a hybrid formation that combines the rigor of historical documentation with the possibilities of artistic imagination, occupying an independent position within the literary system—fundamentally different from both the traditional biography and the historical novel in its classical sense. Drawing on a wide range of works from world literature—from the biographical prose of D.K. Goodwin, D. McCullough, R. Chernov, and I. Kershaw to the novels of Irving Stone—the article analyzes the narrative strategies of the genre, principles of working with historical sources, mechanisms of psychological reconstruction of historical figures, and the moral and ethical issues involved in the artistic interpretation of real people. Special attention is given to the central dialectical opposition of the genre: the relationship between historical accuracy and creative freedom. It is shown that the unique cognitive value of the biographical novel arises precisely within the space of this contradiction—the ability to make history emotionally accessible, psychologically convincing, and morally significant for the contemporary reader. The article also examines the cultural and memorial functions of the genre: the biographical novel not only preserves the images of historical figures but also actively interprets them, becoming a dialogue between the era described and the era describing. In conclusion, the main findings are summarized, and prospects for further study of the genre in transcultural and narratological aspects are outlined.
Keywords: biographical novel, historical narrative, fact and fiction, narratology, historical figure, cultural memory, psychological reconstruction, ethics of biography.

1. The Biographical Novel: The Nature of the Genre and Its Place in the Literary System

The biographical novel occupies a special place within the system of historical-literary narrative, combining the rigor of documentary prose with artistic imagery. This genre formation is hybrid by nature: it draws on archival materials and historical evidence, as well as on artistic techniques such as psychological characterization, the reconstruction of dialogues, and the recreation of an era's atmosphere. It is precisely this combination that makes the biographical novel a unique tool of humanistic knowledge.

The fundamental distinction of the biographical novel from related genres lies in its focus on a concrete historical figure as the semantic center of the narrative. Unlike the historical novel, where real-life figures often serve as a backdrop for fictional characters, the biographical novel places a documented individual at the center of artistic exploration. The author is not entitled to arbitrarily alter the key facts of the protagonist's biography: their birth, death, and the major events of their life path are set by history. However, in the space between these reference points, there is ample room for creative interpretation—reconstructing internal monologues, motives for actions, and the emotional world of the character.

From a theoretical standpoint, the biographical novel stands at the intersection of history and literature. As modern researchers note, it constitutes an independent branch of literature, fundamentally different from both traditional biography and classical historical prose. Whereas the historian strives to verify facts and explain their causal relationships, the writer adds an emotional and moral dimension—something that makes history come alive and become personally meaningful to the reader.

The relevance of studying this genre is determined by several factors. Since the 1990s, there has been a steady growth of interest in biography as a form of historical thought within the global humanities. At the same time, there has been a flourishing of biographical prose in the literary sphere: works by D.K. Goodwin, R. Chernov, W. Isaacson, and D. McCullough have become not only academic bestsellers but also notable cultural phenomena. Theoretically, the biographical novel raises pressing questions about the boundaries between fact and fiction, the ethics of artistic interpretation of real people, and the nature of historical memory.

2. Historical Context as Narrative Foundation

The historiographical aspect in the biographical novel serves as a fundamental factor that roots the work in the rich soil of the past. By meticulously reconstructing the historical context, authors lend their narratives a plausibility that transports the reader into history. Barbara W. Tuchman's "The Guns of August" immerses readers in the atmosphere of World War I; Robert K. Massie's "Nicholas and Alexandra" recreates the twilight of the Romanov dynasty; Simon Schama's "Citizens" reconstructs the turbulent era of the French Revolution [Tuchman, 1962; Massie, 1967; Schama, 1989]. In all these cases, the historical setting is not merely a backdrop, but an active element of the narrative, shaping the fate of the protagonist.

This pattern is especially evident in biographical prose devoted to American history. In "Team of Rivals," Doris Kearns Goodwin examines the political genius of Abraham Lincoln amid the nation's greatest crisis—the Civil War; David McCullough's "John Adams" reveals the essence of a founding father through the lens of the young republic's formation; Ron Chernow traces Alexander Hamilton's journey from obscurity to power against the backdrop of emerging American democracy [Goodwin, 2005; McCullough, 2001; Chernow, 2004]. These works demonstrate how the biographical novel becomes an instrument of national self-understanding, in which the individual's fate becomes a metaphor for the historical path of the country.

A crucial aspect of biographical narrative is the profound influence of historical events on the personal lives of its protagonists. Christopher Hibbert, in his account of the reign of Elizabeth I, shows how the religious conflicts and political intrigues of Elizabethan England shaped the monarch's character; in "The Power Broker," Robert A. Caro traces how Robert Moses's urban ambitions transformed the landscape of New York City and, in turn, transformed Moses himself [Hibbert, 1991; Caro, 1974]. The interplay between the personal and the historical forms the genre's semantic core.

Beyond external events, the biographical novel explores the influence of the era on the character's inner world. Ian Kershaw, in his monumental biography of Hitler, shows how the economic despair and nationalist fervor of Weimar Germany fueled the dark charisma of his antihero; Walter Isaacson, in his biography of Einstein, traces how the physicist reflected on his moral and political beliefs against the backdrop of the global upheavals of the twentieth century [Kershaw, 2008; Isaacson, 2007]. This psychological depth distinguishes the biographical novel from academic historiography and constitutes its chief artistic merit.

3. Documentary Sources and the Creative Method

The central methodological challenge of the biographical novel is working with historical sources. M.M. Bakhtin emphasized that historical texts serve as "voices from the past," informing and enriching the narrative horizon [Bakhtin, 1978]. The integration of such sources—letters, diaries, official records, and eyewitness accounts—turns a biographical work into a mosaic of perspectives, illuminating the multifaceted nature of historical reality.

The practice of leading genre masters convincingly demonstrates the value of this approach. In "Team of Rivals," Doris Kearns Goodwin draws on a vast array of correspondence and speeches by Abraham Lincoln and his contemporaries; it is Lincoln's own words, considered within the context of his time, that reveal the depth of his political insight. David McCullough, Ron Chernow, and Antonia Fraser—in their biographies of Adams, Hamilton, and Marie Antoinette, respectively—also base their narratives on meticulous study of primary sources [McCullough, 2001; Chernow, 2004; Fraser, 2001]. In Adams's letters, Hamilton's "Federalist Papers," and the materials from Marie Antoinette's trial, the living pulse of history is found.

Irving Stone's approach is particularly noteworthy. While working on "The Agony and the Ecstasy," his novel about Michelangelo, he spent several months in Florence and Rome, studying sculptures, frescoes, and documentary sources from the Renaissance. This method of deep immersion in the historical environment allowed him to recreate not only the external circumstances of the artist's life but also the logic of his creative thinking and the specifics of his relationships with patrons and contemporaries [Stone, 1961]. Such an approach—a combination of archival research and a vivid sense of the era—constitutes the professional standard for the biographical novel.

When documentary sources are incomplete or contradictory, the author faces a special task: to fill the gaps with artistic imagination, while not departing from historical truth.

This is not arbitrary invention, but reconstruction based on a deep understanding of the era, the psychology of the protagonist, and the logic of historical circumstances. The historian uses strict methodologies to distinguish between primary and secondary sources; the writer adds an emotional dimension, exploring what documents are unable to capture—internal monologues, motives for actions, moments of doubt and insight.

4. Psychological Reconstruction of Historical Figures

One of the main achievements of the biographical novel is the creation of psychologically convincing portraits of historical figures. Unlike academic biography, which is typically limited to describing actions and their consequences, the biographical novel seeks to reconstruct the inner life of its protagonist—their experiences, fears, hopes, and moral doubts. This is its principal artistic advantage over the historiographical genre: here, history is lived from within rather than merely observed from the outside.

In Walter Isaacson's biography, Leonardo da Vinci appears not simply as a Renaissance genius, but as a complex individual marked by insatiable curiosity and, at the same time, the deep loneliness of a person whose thoughts were ahead of his era. The stoic resolve of Elizabeth I, navigating the treacherous waters of patriarchal politics, testifies to the psychological resilience required to maintain sovereignty under constant pressure. The unbreakable spirit of Frederick Douglass, born into slavery, reveals the psychology of a person who transformed personal trauma into a universal struggle for justice [Isaacson, 2017].

The recreation of historical dialogues and speeches serves as an important narrative tool for psychological characterization. Through carefully crafted lines, authors bridge the temporal gap, allowing readers to hear the voices of the past. The fiery speeches of Winston Churchill during the Second World War, in biographical narrative, become not just historical documents but evidence of the psychological profile of a man bearing the fate of a nation on his shoulders. It is precisely through language, gesture, and internal monologue that the biographical novel achieves what is inaccessible to academic historiography—an intimate portrait of personality.

The problem of multiple interpretations of the same historical figure clearly demonstrates the richness of the genre's possibilities. The novels of Irving Stone, Dmitry Bykov, and Ross King about Michelangelo present the same artist from fundamentally different angles: the first emphasizes the creator's psychological struggle, the second focuses on the socio-political context of the era, and the third explores everyday human experiences. This diversity testifies to the inexhaustibility of a great personality as an object of artistic inquiry and confirms that the biographical novel is always an interpretation, not a simple reproduction of facts.

5. The Balance of Historical Accuracy and Artistic Freedom: The Ethical Dimension

The delicate balance between historical accuracy and artistic interpretation constitutes the central challenge of the biographical novel—both creatively and ethically. An author who turns to the life of a real person bears a dual responsibility: to historical sources and to the subject of the narrative. Artistic freedom does not mean arbitrariness; it is limited by the logic of historical evidence, the spirit of the era, and respect for the human dignity of the person depicted.

Transforming historical facts into compelling narrative plots inherently requires a delicate equilibrium. On the one hand, fidelity to documentary evidence ensures the cognitive value of the work and its scholarly reputation. On the other, excessive pedantry with regard to facts threatens to turn the biographical novel into a documentary chronicle, devoid of artistic dimension. Walter Isaacson's biography of Leonardo da Vinci demonstrates a masterful solution to this challenge: his narrative is based on a careful study of the artist's notebooks and archives, yet his interpretive concept unites disparate facts into a meaningful narrative about the nature of genius [Isaacson, 2017].

The ethical challenges of the genre go beyond the question of historical accuracy. By addressing the life of a real historical figure, the author inevitably assumes responsibility for the image that will live in cultural memory, independent of the subject's own will. Endowing a character with thoughts, feelings, and words that he or she may never have expressed, the biographer enters a domain where creative legitimacy and ethical caution must constantly be measured against each other. It is precisely this

tension—between artistic freedom and responsibility to the real person—that gives the genre its particular moral acuity.

It is important to emphasize that the moral and ethical dimension is present not only in the method but also in the content of biographical works. Authors who turn to the lives of historical figures inevitably encounter the moral dilemmas of their eras: Caesar's decision to cross the Rubicon, the choices facing scientists of the Manhattan Project, the moral cost of political compromise. Through these conflicts, the biographical novel explores universal ethical issues, raising individual destinies to the level of the universal question about the nature of power, responsibility, and freedom.

6. The Biographical Novel and Cultural Memory

The biographical novel fulfills an important cultural and memorial function: it preserves and transmits the images of historical figures, shaping collective memory of the past. Through the personal stories of specific individuals, the genre makes abstract historical processes tangible and emotionally accessible. The biography of Harriet Tubman provides insight into the abolitionist movement from within; the life of Marie Curie illuminates changing paradigms of science and gender; the story of Mahatma Gandhi reveals the mechanisms of nonviolent resistance as a strategy of social transformation.

Importantly, the biographical novel not only preserves memory but also actively interprets it. Every new generation of readers receives images of historical figures refracted through the prism of contemporary values and questions. This inevitably leads to shifting emphases: a biographer at the end of the twentieth century will highlight different aspects than a predecessor from the nineteenth. This should be recognized as a fundamental feature of the genre, not a shortcoming: the biographical novel is always a dialogue between two epochs—the one described and the one describing.

The influence of historical context also extends to literary style itself. The austere realism of modernism, born from the trauma of World War I, the postmodern irony fueled by the skepticism of the late twentieth century—all these inevitably leave their mark on the biographical prose of their time. Authors of biographical novels do not stand outside history; they belong to a particular cultural tradition, which shapes their perspective, narrative strategies, and aesthetic preferences.

Closely linked to the cultural and memorial function is the biographical novel's ability to embody timeless values—justice, courage, freedom, creative daring—through the lives of specific historical figures. The philosophical resilience of Socrates, the military valor of Joan of Arc, the oratorical advocacy of Frederick Douglass, the prophetic persistence of Martin Luther King Jr.—all these images, recreated in biographical prose, nourish the moral imagination of modern readers and affirm the enduring relevance of historical experience for addressing the challenges of the present.

Conclusion

The biographical novel represents a unique form of humanistic knowledge, in which documentary rigor and artistic imagery do not oppose but complement each other. The analysis conducted allows us to formulate several essential conclusions.

First and foremost, the biographical novel is an independent literary genre, distinct from both traditional biography and historical prose in its classical sense. Its specificity lies in its focus on the individual fate as the semantic center of the narrative, while necessarily preserving a documentary foundation. In the biographical novel, the historical context is not a passive background but an active force that shapes the protagonist's personality: the interaction between individual will and supra-personal historical circumstances constitutes the main narrative engine of the genre.

Working with historical sources is the methodological foundation of the biographical novel. Archival materials form the factual basis upon which the artistic reconstruction of the psychology and inner world of the historical figure is built. At the same time, the relationship between fact and artistic interpretation is not just a technical, but above all, an ethical issue: the author bears responsibility to the sources, to the protagonist, and to the reader, for whom the created image becomes a part of cultural memory.

Finally, the biographical novel fulfills an irreplaceable cultural and memorial function: it not only preserves images of the past but also makes history vivid, personally significant, and morally relevant for each new generation.

Prospects for further research on the genre are linked to transcultural comparative studies, analysis of new forms of biographical prose in the digital age, as well as theoretical reflection on the boundaries between the biographical novel and other forms of documentary-artistic literature.

References

Bakhtin, M.M. Voprosy literatury i estetiki [Questions of Literature and Aesthetics]. — Moscow: Khudozhestvennaya Literatura, 1978. — 504 p.
Caro, R.A. The Power Broker: Robert Moses and the Fall of New York. — New York: Knopf, 1974. — 1246 p.
Chernow, R. Alexander Hamilton. — New York: Penguin Press, 2004. — 818 p.
Fraser, A. Marie Antoinette: The Journey. — New York: Nan A. Talese, 2001. — 512 p.
Goodwin, D.K. Team of Rivals: The Political Genius of Abraham Lincoln. — New York: Simon & Schuster, 2005. — 916 p.
Hibbert, C. The Virgin Queen: Elizabeth I, Genius of the Golden Age. — Reading: Addison-Wesley, 1991. — 287 p.
Isaacson, W. Einstein: His Life and Universe. — New York: Simon & Schuster, 2007. — 675 p.
Isaacson, W. Leonardo da Vinci. — New York: Simon & Schuster, 2017. — 624 p.
Kershaw, I. Hitler: A Biography. — New York: Norton, 2008. — 1029 p.
Massie, R.K. Nicholas and Alexandra. — New York: Atheneum, 1967. — 584 p.
McCullough, D. John Adams. — New York: Simon & Schuster, 2001. — 751 p.
Schama, S. Citizens: A Chronicle of the French Revolution. — New York: Knopf, 1989. — 948 p.
Stone, I. The Agony and the Ecstasy. — New York: Doubleday, 1961. — 776 p.
Tuchman, B.W. The Guns of August. — New York: Macmillan, 1962. — 511 p.

RETHINKING ARCHITECTURAL HISTORY IN THE AGE OF DATA

VERİ ÇAĞINDA MİMARLIK TARİHİNİ YENİDEN DÜŞÜNMEK

Dr. Öğr. Üyesi. Gizem ÖZAL CANPOLAT
Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi, Mimarlık Fakültesi, Mimarlık Bölümü
ORCID: 0000-0003-1928-566X

ABSTRACT

The discipline of architectural history has long relied on qualitative and interpretive methods such as formal analysis, typology, and critical historiography. While these approaches enable an understanding of the architectural discipline, they remain insufficient for analyzing the large-scale datasets that have emerged with the rapid growth of academic production. This situation demonstrates that the discipline is confronted with a "problem of scale." In this context, it becomes inevitable to reconsider the existing methodological tools of architectural history in light of increasing amounts of data. This study discusses the limitations of methods in architectural history and evaluates the approaches of distant reading and macroanalysis developed within the literature of digital humanities. In this regard, the potential contributions of Natural Language Processing (NLP) and text mining techniques to architectural history research are examined. These methods enable the analysis of thematic patterns, conceptual relationships, and historical trends across large datasets by transforming texts into quantifiable units. Within the scope of this study, TF-IDF, bigram analysis, topic modeling, and linguistic metric analyses were applied to key texts from different periods of Le Corbusier in order to demonstrate the potential of computational approaches in architectural history. The results reveal that Le Corbusier's discourse gradually shifted from an early industrial-modernist perspective toward concepts such as human scale, proportion, and harmonic order. The study proposes that computational methods should not replace traditional interpretive approaches but rather be considered as a methodological expansion that complements and extends them. This approach contributes to rethinking architectural history in line with the possibilities offered by data-driven and comparative analysis.

Keywords: Architectural History, Digital Humanities, Natural Language Processing (NLP), Text Mining.

ÖZET

Mimarlık tarihi disiplini, uzun süredir biçimsel analiz, tipoloji ve eleştirel tarih yazımı gibi nitel ve yorumlayıcı yöntemlere dayanmaktadır. Bu yaklaşımlar, mimarlık disiplinini anlamaya olanak sağlasa da, özellikle akademik üretimin hızla artmasıyla ortaya çıkan geniş veri setlerinin analizinde yetersiz kalmaktadır. Bu durum, disiplinin “ölçek problemi” ile karşı karşıya olduğunu göstermektedir. Bu bağlamda, mimarlık tarihinin mevcut metodolojik araçlarının, artan veriler karşısında yeniden değerlendirilmesi kaçınılmaz hale gelmektedir. Bu çalışma, mimarlık tarihindeki yöntemlerin sınırlılıklarını tartışarak, dijital beşeri bilimler literatüründe geliştirilen uzak okuma ve makroanaliz yaklaşımlarını değerlendirmektedir. Bu bağlamda, Doğal Dil İşleme (NLP) ve metin madenciliği tekniklerinin mimarlık tarihi araştırmalarına sağlayabileceği katkılar ele alınmaktadır. Söz konusu yöntemler, metinleri sayısallaştırarak büyük veri setleri üzerinde tematik örüntülerin, kavramsal ilişkilerin ve tarihsel eğilimlerin analiz edilmesine olanak tanımaktadır. Bu çalışma kapsamında, hesaplamalı yaklaşımın mimarlık tarihindeki potansiyelini göstermek amacıyla Le Corbusier’nin farklı dönemlere ait temel metinleri üzerinde TF-IDF, bigram analizi, topic modeling ve dilsel metrik analizleri uygulanmıştır. Analiz sonuçları, Le Corbusier’nin söyleminde erken dönem endüstriyel-modernist yaklaşımın zamanla insan ölçeği, oran ve harmonik düzen kavramlarına yöneldiğini göstermektedir. Çalışma hesaplamalı yöntemlerin geleneksel yorumlayıcı yaklaşımların yerine geçmesini değil, onları tamamlayan ve ölçeklendiren bir metodolojik açılım olarak değerlendirilmesini önermektedir. Bu yaklaşım, mimarlık tarihinin veri temelli ve karşılaştırmalı analiz olanakları doğrultusunda yeniden düşünülmesine katkı sunmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Mimarlık Tarihi, Dijital Beşeri Bilimler, Doğal Dil Işleme (NLP), Metin Madenciliği.

GİRİŞ

Mimarlık tarihi yazımı, geleneksel olarak tekil yapılar, arşiv belgeleri ve birincil metinler üzerinde gerçekleştirilen derinlemesine yorumlama pratiğine, başka bir deyişle yakın okuma (close reading) metodolojisine dayanmaktadır. Ancak dijital arşivlerin, çevrimiçi veri tabanlarının ve sayısallaştırılmış külliyatların hızla çoğalmasıyla birlikte bu yöntemin "ölçek problemi" karşısında yetersiz kaldığına dair eleştiriler güç kazanmaktadır. Nitekim bireysel metin okuması, on binlerce sayfalık veriyi kapsayan külliyatlar karşısında sınırlı kalmaktadır.

Moretti'nin (2013) uzak okuma (distant reading) kavramı, metinlere tekil birer sanat eseri olarak değil, büyük bir külliyatın parçası olan veri setleri olarak yaklaşılmasını önererek geleneksel okuma paradigmasını köklü biçimde sorgulamaya açmıştır. Jockers (2013) ise makroanaliz yaklaşımının geniş ölçekli kültürel örüntüleri görünür kılma kapasitesini, bu yöntemin bireysel yorum anlayışını aşan bir boyuta taşıdığını vurgulamaktadır. Söz konusu dönüşüm, mimarlık tarihçisinin çalışma nesnesini tekil bir yapı ya da metinden veri olarak metin perspektifine, yani büyük külliyatlara doğru genişletmektedir. Nitekim Cigliano vd. (2024), akademisyenlerin artık tek bir eser yerine binlerce metni eş zamanlı olarak inceleyebildiği uzak okuma tekniklerine yöneldiğini kaydetmektedir. Bu tablonun mimarlık tarihi açısından anlamı, araştırmanın analitik biriminin metinden veriye kayması; kanonik yapıtların söylemsel frekanslara ve kavramsal örüntülere dönüştürülerek okunabilmesidir.

McNutt vd. (2020) tarafından önerilen “Near-by Reading” kavramı, yakın okuma (close reading) ile uzak okuma (distant reading) arasındaki keskin ayrımı reddederek, uzmanın bildiği bir metni görselleştirme araçlarıyla yeniden incelemeyi mümkün kılar (McNutt vd., 2020). Bu yaklaşım, mimarlık tarihçisinin alansal sezgisini devre dışı bırakmak yerine onu hesaplamalı araçlarla pekiştirmeyi öngörmektedir.

Doğal dil işleme (NLP) ve metin madenciliği yöntemleri, büyük külliyatlar içinde insan gözünün fark edemeyeceği örüntü tespitlerini mümkün kılmaktadır. TF-IDF, konu modelleme (topic modeling), n-gram analizi ve stilometrik ölçümler (kelime sıklığı, cümle uzunluğu, noktalama tercihleri) gibi teknikler aracılığıyla kavramsal ilişkiler, söylemsel dönüşümler ve tarihsel eğilimler büyük veri setleri üzerinde sistematik biçimde analiz edilebilmektedir (Simons vd., 2025; Jockers, 2013). Böylece mimarlık tarihindeki kavramsal değişimler yalnızca yakın okuma düzeyinde değil, makro ölçekte de izlenebilmektedir. Yaşanan bu dönüşümün mimarlığa özgü boyutlarını Carpo (2013) ve Picon (2010) farklı açılardan ele almaktadır. Carpo (2013) dijital çağın yalnızca temsil araçlarını değil tasarım ve bilgi üretiminin de yeniden biçimlendirdiğini savunurken, Picon (2010), dijital kültürün mimari bilginin tanımını dönüştüren yeni bir epistemolojik çerçeve ürettiğini öne sürmektedir. Bu çalışma, her iki perspektifi de temel almakta; hesaplamalı okumanın yalnızca bir metodoloji değil, mimarlık tarihinde bilgiyi kurma biçimini etkileyen bir paradigma kayması olduğunu savunmaktadır.

Ancak hesaplamalı yöntemler sınırlılıkları olan araçlardır. Zhai & Massung (2016), metin verilerinin yapılandırılmamış doğasının anlamsal çözümleme için ileri teknikler gerektirdiğini vurgularken; Simons vd. (2025), sayısallaştırma sürecinde ortaya çıkabilecek veri kayıpları, çeviri farklılıkları ve bağlamsal kopmaların bulgular üzerinde belirleyici etkilere yol açabileceğini belirtmektedir. Bu nedenle hesaplamalı okumaların ürettiği bulgular her zaman tarihsel bağlam içinde, disiplin bilgisine dayalı bir yorumla değerlendirilmesi gerekmektedir. Bu çerçevede veri çağında mimarlık tarihini yeniden düşünmek, dijital araçların sunduğu ölçeksel genişlemeyi benimsemek ile bu araçların ürettiği örüntüleri tarihsel açıdan sorgulamak arasındaki köprüyü etkin biçimde yönetmeyi gerektirmektedir. Hesaplamalı yöntemler, geleneksel yöntemlerin yerine geçmek yerine onu tamamlayan ve ölçeklendiren bir konumda ele alınmalıdır. Örneklem oluşturma sürecinde veri güvenilirliği de göz ardı edilmemelidir. Morejón vd. (2025), verilerin FAIR (bulunabilirlik, erişilebilirlik, birlikte çalışabilirlik ve tekrar kullanılabilirlik) ilkelerine uygun olmasının önemini vurgulamıştır. Zhai & Massung (2016) ise metin verilerinin anlamsal zenginliğinin korunması için yapılandırılmamış içeriklerin bilgisayar destekli analizinde titiz bir ön işlemden geçirilmesi gerektiğini hatırlatmaktadır. Benzer şekilde Jurafsky & Martin (2026), külliyat oluşturulurken dilin kim tarafından, hangi lehçeyle ve hangi amaçla üretildiğini belgeleyen veri sayfaları (datasheets) veya veri bildirimlerinin oluşturulmasının, tarihsel metinlerdeki önyargıların tespit edilmesi için kritik olduğunu belirtmektedir. Bu çalışmada kullanılan İngilizce çeviriler, özgün metinlerin kavramsal yapısını kısmen farklılaştırabilecek bir katman oluşturmakta; bu durum, bulguların yorumlanmasında göz önüne alınması gereken temel bir sınırlılık olarak değerlendirilmektedir.

YÖNTEM

Bu çalışma, doğal dil işleme (NLP) ve metin madenciliği yöntemlerinin mimarlık tarihi araştırmalarındaki uygulanabilirliğini pilot bir analiz tasarımıyla göstermektedir. Örneklem olarak Le Corbusier'nin erken, orta ve geç dönemini temsil eden üç temel eseri seçilmiştir: Towards Architecture (1923/1986), The City of Tomorrow (1925/1987) ve The Modulor (1948/2000). Bu seçim, söylemsel dönüşümün farklı dönemler arasında karşılaştırmalı biçimde izlenmesine olanak tanıması ve Le Corbusier külliyatının tarih yazımında iyi belgelenmiş olması açısından analitik bakımdan elverişlidir. Le Corbusier, modern mimarlık kuramının en etkili figürlerinden biri olması ve farklı dönemlere yayılan metinlerinde belirgin söylemsel dönüşümler barındırması nedeniyle örneklem olarak seçilmiştir. Analizler eserlerin İngilizce çevirileri üzerinden yürütülmüş; kavramsal katmanların özgün Fransızcadan kısmen farklılaşabileceği, bulguların yorumlanmasında göz önünde bulundurulması gereken temel bir sınırlılık olarak değerlendirilmektedir. Araştırmada mimari söylemin zamansal dönüşümünü izleyebilmek amacıyla birbirini tamamlayan dört NLP tekniği birlikte uygulanmıştır. Analizlerden önce metinler Python'un NLTK ve scikit-learn kütüphaneleri kullanılarak ön işlemden geçirilmiştir (Bird vd., 2009; Pedregosa vd., 2011). Noktalama işaretleri, durma kelimeleri (stopwords) ve anlamsal katkısı düşük tekrar eden yapılar veri setinden çıkarılmış; metinler tokenization ve lemmatization süreçleriyle analiz için uygun hale getirilmiştir. Böylece kavramsal yoğunlukların daha sağlıklı biçimde görünür kılınması amaçlanmıştır.

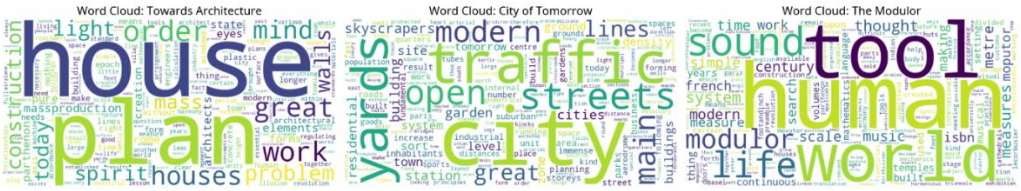
- TF-IDF (Term Frequency–Inverse Document Frequency) yöntemiyle her esere özgü, diğer metinlere kıyasla belirgin biçimde öne çıkan kavramsal sözcükler belirlenmiş; dönemlere ait söylemsel özgünlükler görünür kılınmıştır.
- Bigram analizi ile metinlerde yinelenen iki sözcüklü kavramsal ifade kalıpları incelenerek söylemsel bağlamlara dair örüntüler tespit edilmiş,
- LDA (Latent Dirichlet Allocation) konu modelleme yöntemiyle her metnin içerdiği örtük tematik kümeler keşfedilmiş; manuel okumada gözden kaçabilecek katmanlar görünür hale getirilmiş,
- Type-Token Ratio (TTR) ve ortalama cümle uzunluğu gibi dilsel metriklerle metinlerin sözcük çeşitliliği ve söylemsel karmaşıklığı ölçülmüş; dönemler arası üslupsal dönüşüm izlenmiştir.

Elde edilen veriler, karşılaştırmalı grafikler, tematik dağılım şemaları ve kelime bulutları aracılığıyla görselleştirilmiştir. Böylece Le Corbusier’nin söylemindeki kavramsal dönüşümün veri temelli ve karşılaştırmalı biçimde analiz edilmesi hedeflenmiştir. Bu çok katmanlı yaklaşım, tek bir metodolojik araçla elde edilemeyecek bütünlüklü bir tablo sunmakta; mimarlık tarihindeki geleneksel yakın okuma pratiğinin ölçek kısıtını aşmayı hedeflemektedir.

BULGULAR

Bu bölümde Le Corbusier’nin farklı dönemlere ait eserleri doğal dil işleme ve metin madenciliği yöntemleri kullanılarak karşılaştırmalı biçimde analiz edilmiştir. Le Corbusier'nin metinleri, bu çalışma kapsamında bir mimari söylem arşivi ve hesaplamalı analiz için yapılandırılmış bir veri kümesi olarak ele alınmıştır. Dijital beşeri bilimler perspektifinden bakıldığında, söz konusu metinler kavramsal frekanslar, söylemsel dönüşümler ve tematik kümeler aracılığıyla mimari düşüncenin tarihsel izini veri temelli biçimde sunmaktadır.

İlk aşamada, metinlerin genel kavramsal yoğunluklarını görselleştirmek amacıyla kelime bulutları oluşturulmuştur. Ardından dilsel metrikler, bigram analizleri, TF-IDF ve konu modelleme yöntemleri aracılığıyla söylemsel dönüşüm çok katmanlı olarak değerlendirilmiştir. Kelime bulutları analitik bir yöntemden çok, metinlerde öne çıkan kavramsal yoğunlukların görsel olarak izlenmesini sağlayan destekleyici araçlar olarak değerlendirilmiştir (Şekil 1).

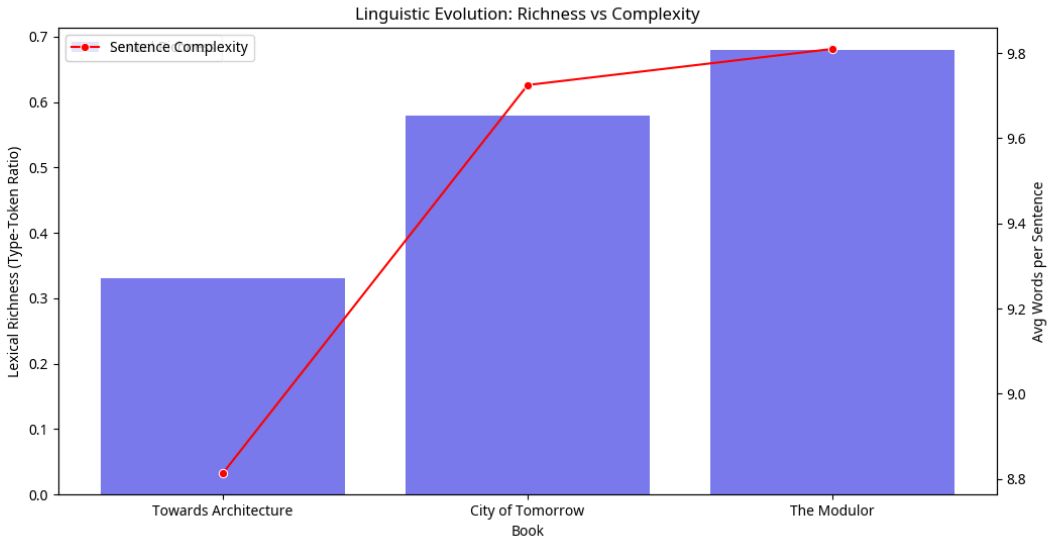


Şekil 1. Le Corbusier’nin farklı dönemlere ait eserlerinde öne çıkan kavramsal yoğunlukların kelime bulutları üzerinden görselleştirilmesi.

Le Corbusier'nin Towards Architecture (1923/1986) eserine ait kelime bulutunda "house", "plan", "architecture", "mass", "engineer" ve "machine" gibi kavramların öne çıkması, erken dönem modernist söylemin endüstriyel üretim, makine estetiği ve rasyonel düzen anlayışı etrafında şekillendiğini göstermektedir. Bu dönemde mimarlık, büyük ölçüde üretim mantığı ve teknik organizasyon perspektifiyle ele alınmaktadır.
The City of Tomorrow eserinde (Le Corbusier, 1925/1987) ise "city", "street", "traffic", "building" ve "garden" gibi kavramların yoğunlaşması, söylemin yapı ölçeğinden kent ölçeğine kaydığını ortaya koymaktadır. Özellikle ulaşım, altyapı ve kamusal alan organizasyonuna ilişkin kavramların belirginleşmesi, Le Corbusier'nin modern kente ilişkin düşüncelerinin daha sistematik hale geldiğini göstermektedir.
The Modulor eserinde (Le Corbusier, 1948/2000) "human", "measure", "proportion", "scale" ve "mathematics" gibi kavramların baskın hale gelmesi ise söylemde insan merkezli ve oransal bir yaklaşımın öne çıktığını göstermektedir. Bu durum, Le Corbusier'nin erken dönem mekanik-modernist söyleminden, insan bedeni ve harmonik ölçü sistemleri üzerine kurulu daha teorik bir mimarlık anlayışına yöneldiğini ortaya koymaktadır.
Genel olarak değerlendirildiğinde kelime bulutları, Le Corbusier'nin söylemindeki kavramsal dönüşümün üretim ve makine estetiğinden kent organizasyonuna, oradan da insan ölçeği ve matematiksel oran sistemlerine doğru evrildiğini görsel olarak ortaya koymaktadır.

Dilsel Zenginlik ve Karmaşıklık

Dilsel metrikler, Le Corbusier'nin söyleminde 1920'lerden 1940'lara uzanan belirgin bir dönüşüm olduğunu göstermektedir. Özellikle The Modulor eserinde Type-Token Ratio değerinin artması, daha çeşitli ve kavramsal açıdan yoğun bir terminolojinin kullanıldığını ortaya koymaktadır. Buna paralel olarak ortalama cümle uzunluğunun artması, erken dönem manifesto niteliğindeki kısa ve vurucu anlatımdan daha teorik ve akademik bir söyleme geçildiğini göstermektedir. Bu bulgular, Le Corbusier'in erken dönem metinlerinde endüstriyel modernizmi savunan manifestocu bir retorik kullanırken, ilerleyen dönemde insan ölçeği, oran ve harmonik düzen gibi kavramlara yöneldiğine işaret etmektedir. Söylemsel dönüşüm yalnızca içerik düzeyinde değil, dilsel yapı ve ifade biçimi açısından da izlenebilmektedir; bir başka deyişle, modern mimarlık söylemi zaman içerisinde ideolojik bir manifestodan daha teorik ve sistematik bir kuramsal çerçeveye evrilmiştir (Şekil 2).



Şekil 2. Le Corbusier'nin farklı dönemlere ait eserlerinde dilsel çeşitlilik (Type-Token Ratio) ve ortalama cümle uzunluğundaki değişim.

Bigram Tabanlı Kavramsal Söylem Analizi

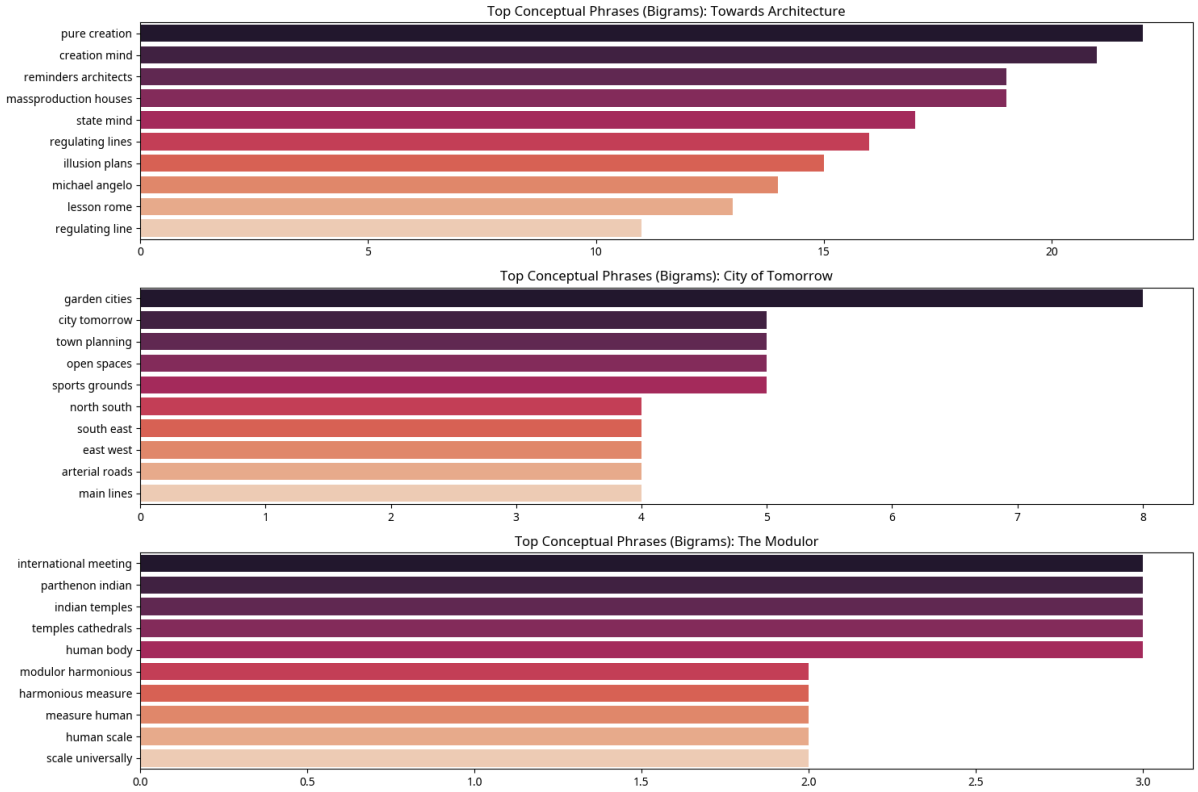
Bigram analizi, her dönemin baskın kavramsal söylemini görünür hale getirmiştir. Her grafik, ilgili kitapta en sık tekrar eden kavramsal kelime çiftlerini ve bunların kullanım yoğunluklarını ortaya

koymaktadır. Böylece Le Corbusier'nin düşünsel odağının zaman içinde nasıl değiştiği izlenebilmektedir (Şekil 3).

Towards Architecture eserinde "mass-production houses", "regulating lines" ve "pure creation" gibi ifadelerin öne çıkması, Le Corbusier'nin erken modernist söyleminde üretim, standartlaşma, geometrik düzen ve estetik yaratım kavramlarının birlikte rol oynadığını göstermektedir. "Michael Angelo" ve "lesson Rome" gibi tarihsel referanslar ise Le Corbusier'nin klasik mimarlık mirasıyla kurduğu teorik ilişkiyi yansıtmaktadır. Genel olarak bu eser, estetik teori ile modernleşme düşüncesinin birlikte işlendiği kavramsal bir söylem üretmektedir.

İkinci grafik olan The City of Tomorrow'da ise söylemin ölçeği mimarlıktan kente kaymaktadır. "garden cities", "town planning", "open spaces", "arterial roads" ve "main lines" gibi ifadeler, metnin kent planlama, ulaşım sistemleri ve işlevsel organizasyon ekseninde şekillendiğini göstermektedir. Özellikle "garden cities" kavramının en yüksek frekansa sahip olması, dönemin modern kentleşme ideallerinin Le Corbusier'nin söyleminde merkezi bir yere sahip olduğunu göstermektedir. Ayrıca "north south", "east west" gibi yön belirten ifadeler, mekânın rasyonel ve geometrik organizasyonuna verilen önemi ortaya koymaktadır. Bu grafik, Le Corbusier'nin bireysel mimari ölçekten bütüncül şehir planlamasına yöneldiğini açık biçimde göstermektedir.

Üçüncü grafik olan The Modulor ise önceki eserlerden farklı olarak insan bedeni, oran ve evrensel ölçü kavramlarına odaklanmaktadır. "human body", "human scale", "measure human", "harmonious measure" ve "modulor harmonious" gibi ifadeler, mimari ölçülendirme sisteminin insan vücudu temel alınarak kurulduğunu göstermektedir. "Parthenon Indian", "Indian temples" ve "temples cathedrals" gibi tarihsel ve kültürlerarası referanslar ise evrensel oran fikrinin farklı uygarlıklardaki örneklerle temellendirilmeye çalışıldığını ortaya koymaktadır. Bu durum, Le Corbusier'nin modern mimarlığı teknik bir sistem olarak değil, insan bedenine dayalı evrensel bir uyum arayışı olarak gördüğünü göstermektedir.



Şekil 3. Le Corbusier'nin farklı dönemlere ait eserlerinde öne çıkan kavramsal ifade kalıplarının (bigram) dağılımı.

Genel olarak görsel, Le Corbusier'nin düşünsel dönüşümünü üç aşamada ortaya koymaktadır: Towards Architecture: modern estetik ve mimari kuram, The City of Tomorrow: kent planlama ve işlevsel modernizm, The Modulor: insan ölçeği ve evrensel oran sistemi. Dolayısıyla bigram analizi, Le

Corbusier'nin söyleminde kavramsal odağın zaman içinde mimari estetikten kent ölçeğine, ardından insan merkezli ölçü sistemine doğru evrildiğini nicel olarak görünür kılmaktadır.

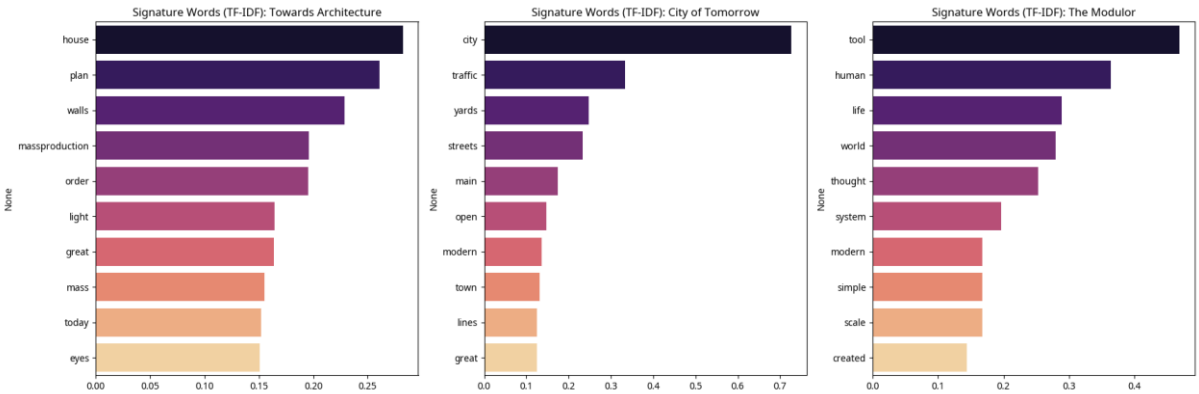
TF-IDF ve Tematik Analiz

Le Corbusier'nin üç temel eserinde öne çıkan ayırt edici kavramları (signature words) TF-IDF analizi aracılığıyla Şekil 4'te yer almaktadır. TF-IDF yöntemi, bir kelimenin yalnızca sık kullanılmasını değil, aynı zamanda diğer metinlere kıyasla belirli bir esere özgü olmasını da ölçmektedir. Bu nedenle grafikler, her kitabın kendine özgü kavramsal odağını göstermektedir (Şekil 4).

Şekil 4'te ilk grafik olan Towards Architecture'da "house", "plan", "walls", "massproduction" ve "order" gibi kelimelerin öne çıkması, metnin mimari düzen, işlevsellik ve endüstriyel üretim ekseninde şekillendiğini göstermektedir. Özellikle "massproduction" kavramı, modern mimarlığın seri üretim ve standartlaşma anlayışıyla ilişkisini açık biçimde yansıtmaktadır. "Plan" ve "order" kavramları ise Le Corbusier'nin mimarlığı rasyonel organizasyon ve geometrik düzen temelinde ele aldığını göstermektedir. Buna karşılık "light" ve "eyes" gibi kelimeler, teknik-rasyonel yaklaşımın yanında estetik ve algısal bir boyutun da bulunduğunu ortaya koymaktadır.

İkinci grafik olan The City of Tomorrow'da ise "city", "traffic", "streets", "yards", "open" ve "modern" gibi kelimeler belirginleşmektedir. Bu durum, söylemin yapı ölçeğinden kent ölçeğine geçtiğini göstermektedir. Özellikle "traffic" ve "streets" kavramlarının yüksek TF-IDF değerlerine sahip olması, ulaşım altyapısı ve dolaşım organizasyonunun Le Corbusier'nin kent vizyonunda merkezi bir rol oynadığını ortaya koymaktadır. "Open" ve "modern" gibi kelimeler ise sağlıklı, düzenli ve işlevsel modern kent anlayışını destekleyen kavramsal çerçeveyi yansıtmaktadır. Eserde "traffic" kadar "garden" kavramının da belirginleşmesi, Le Corbusier'nin kent düşüncesinin yalnızca makineleşme ve ulaşım ekseninde değil, doğa ile teknolojiyi bütünleştiren bir çerçevede ele alındığını göstermektedir.

Üçüncü grafik olan The Modulor'da "tool", "human", "life", "world", "system" ve "scale" gibi kelimeler ön plana çıkmaktadır. Bu durum, Le Corbusier'nin mimarlığı insan bedeni ve evrensel ölçü sistemi üzerinden yeniden tanımlama çabasını göstermektedir. Özellikle "human" ve "scale" kavramları, Modulor sisteminin insan ölçeğine dayalı harmonik bir düzen arayışına odaklandığını açık biçimde ortaya koymaktadır. "Tool" ve "system" ifadeleri ise bu yaklaşımın sadece teorik değil uygulanabilir bir tasarım yöntemi olarak sunulduğunu göstermektedir.



Şekil 4. Le Corbusier'nin farklı dönemlere ait eserlerinde öne çıkan ayırt edici kavramların TF-IDF analizi.

Elde edilen bulgular, Moretti'nin (2013) uzak okuma kavramının mimarlık tarihine uyarlanabilirliğini somut bir pilot çalışma üzerinden doğrulamaktadır. Le Corbusier gibi kanonik bir figürün metinleri, yalnızca tek tek okunduğunda fark edilmesi güç olan kavramsal kırılmaları makine estetiğinden insan bedenine, manifestodan kurama ancak karşılaştırmalı ve veri temelli bir çerçevede bütünlüklü biçimde ortaya koymaktadır. Öte yandan bu çalışma, hesaplamalı analizin uzman yorumunu dışladığı bir model önermemektedir. McNutt vd. (2020) önerdiği near-by reading yaklaşımına paralel biçimde, buradaki analizler mimarlık tarihçisinin alansal bilgisini devre dışı bırakmak yerine onu veri görselleştirme araçlarıyla beslemekte; yakın ve uzak okuma arasındaki sınırı geçirgen kılmaktadır.

SONUÇ

Bu çalışma, doğal dil işleme ve metin madenciliği yöntemlerinin mimarlık tarihi araştırmalarında yeni okuma biçimleri sunduğunu ileri sürmektedir. Le Corbusier metinleri üzerinde gerçekleştirilen pilot analizler, geleneksel yakın okuma yöntemleriyle saptanması güç olan söylemsel örüntüleri, kavramsal dönüşümleri ve tarihsel eğilimleri farklı bir perspektiften görünür kılmıştır. Özellikle konu modelleme ve TF-IDF analizleri, Le Corbusier'in modernizminin yalnızca makine estetiğine dayanmadığını; klasik anıtsallık, doğa-kent ilişkisi ve insan ölçeği gibi temalarla iç içe geçtiğini açık biçimde ortaya koymuştur. Bu sonuç, hesaplamalı yöntemlerin mimarlık tarihindeki yerleşik yorumları sorgulamak ve zenginleştirmek için güçlü bir analitik zemin oluşturduğuna işaret etmektedir. Bulgularda da görüldüğü üzere, çalışma geleneksel yakın okuma ile hesaplamalı uzak okumayı birbirinin alternatifi değil tamamlayıcıları olarak konumlandırmaktadır; bu tutum "near-by reading" kavramıyla örtüşmektedir. Bu çalışma, mimarlık tarihinin dijital çağda araçsal bir dönüşüm geçirdiğini ve verilerin analizini dair bir genişleme yaşandığını savunmaktadır. Hesaplamalı yöntemlerin sağladığı ölçek ve karşılaştırmalı analiz olanakları, eleştirel tarih yazımıyla bir arada kullanıldığında mimarlık tarihine daha bütüncül, yeniden okunabilir ve disiplinlerarası bir araştırma zemini açmaktadır.

KAYNAKLAR

Bird, S., Klein, E., & Loper, E. (2009). *Natural language processing with Python*. O'Reilly Media.

Carpo, M. (Ed.). (2013). *The digital turn in architecture 1992-2012*. Wiley.

Cigliano, A., Fallucchi, F., & Gerardi, M. (2024). The impact of digital analysis and large language models in digital humanity. Proceedings of the 9th International Conference of Yearly Reports on Informatics, Mathematics, and Engineering (ICYRIME 2024), 1-8.

Jockers, M. L. (2013). *Macroanalysis: Digital methods and literary history*. University of Illinois Press.

Jurafsky, D., & Martin, J. H. (2026). *Speech and language processing: An introduction to natural language processing, computational linguistics, and speech recognition* (3rd ed. draft). Prentice Hall, Englewood Cliffs, New Jersey.

Le Corbusier. (1986). *Towards a New Architecture* (F. Etchells, Trans.). Dover Publications. (Original work published 1923).

Le Corbusier. (1987). *The City of Tomorrow and Its Planning* (F. Etchells, Trans.). Dover Publications. (Original work published 1925).

Le Corbusier. (2000). *The Modulor: A Harmonious Measure to the Human Scale Universally Applicable to Architecture and Mechanics*. Birkhäuser. (Original work published 1948).

McNutt, A., Kim, A., Elahi, S., & Takahashi, K. (2020). Supporting expert close analysis of historical scientific writings: A case study for near-by reading. Proceedings of the 2020 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems. https://doi.org/10.48550/arXiv.2009.02384

Morejón, A., Navarro-Colorado, B., García-Barceló, C., Berenguer, A., Tomás, D., & Mazón, J.-N. (2025). Automatic metadata extraction leveraging large language models in digital humanities. Electronics, 14(4962), 1-18.

Moretti, F. (2013). *Distant reading*. Verso Books.

Pedregosa, F., Varoquaux, G., Gramfort, A., Michel, V., Thirion, B., Grisel, O., Duchesnay, E. (2011). Scikit-learn: Machine learning in Python. Journal of Machine Learning Research, 12, 2825–2830.

Picon, A. (2010). *Digital culture in architecture: An introduction for the design professions*. In Digital Culture in Architecture. Birkhäuser.

Simons, A., Zichert, M., & Wüthrich, A. (2025). Large language models for history, philosophy, and sociology of science: Interpretive uses, methodological challenges, and critical perspectives. arXiv preprint arXiv:2506.12242v1. https://doi.org/10.48550/arXiv.2506.12242

Zhai, C., & Massung, S. (2016). *Text data management and analysis: A practical introduction to information retrieval and text mining*. ACM Books.

KENTSEL DÖNÜŞÜM SÜRECİNİN KENT KİMLİĞİ VE KENTSEL TASARIM ÜZERİNDEKİ ETKİLERİ: BAĞDAT CADDESİ ÖRNEĞİ

THE EFFECTS OF URBAN CHANGE ON IDENTITY AND URBAN DESIGN: THE CASE OF BAĞDAT AVENUE

Mimar Gülseren Nur ÖZÇAKIR
İstanbul Nişantaşı University, Faculty of Engineering and Architecture, Architectural Design Department, İstanbul, Turkey,
ORCİD: ID/0009-0006-4142-9403

Dr. Mahsa TEKİN
İstanbul Nişantaşı University, Faculty of Engineering and Architecture, Architectural Design Department, İstanbul, Turkey,
ORCİD: ID/0000-0002-0008-8087

Abstract
Although cities are defined as settlements where physical, social, and cultural phenomena converge, they have historically represented structures that continuously evolve over time. Contemporary urban transformation practices constitute not only a process of physical renewal but also a transformation affecting urban identity, quality of life, and the sense of spatial belonging. In this context, urban memory gains significance not merely through architectural change, but also through the relationship established between people and the spaces they inhabit. In line with changing periods and advancing technologies, the process of urbanization embedded within cultural memory is regarded as a multilayered structure. As one of Istanbul's most significant urban axes, Bağdat Avenue is a region where mansion settlements were once concentrated and which has, in recent years, undergone intense urban transformation, making it one of the areas most affected by change. This study examines the effects of transformation on urban identity and urban design through the Kalamış axis. Within the scope of the research, analyses were conducted on skyline and mass transformations, user experience, spatial perception, and the globalization-related criteria emerging from this process of change. The theoretical framework of the study is based on Kevin Lynch's concept of "imageability" of the city, Christian Norberg-Schulz's theory of "genius loci" (spirit of place), Edward Relph's approach to "placelessness," and Rana Aslanoğlu's concept of "globalization," particularly in relation to their reflections on human scale and lifestyle within urban environments. Field studies conducted along Bağdat Avenue revealed that beyond physical transformation, significant impacts have emerged on user experience and the preservation of the area's unique urban identity. Accordingly, in order to sustain urban identity and urban memory, human-centered approaches should be incorporated into urban design practices.
Keywords: Urban Design, Urban Identity, Urban Transformation, Collective Memory, Perception

Özet
Kentler, geçmişten günümüze fiziksel, toplumsal ve kültürel olguların birleştiği yerleşim alanları olarak tanımlansa da, tarih boyunca sürekli değişim gösteren bir yapılaşmadır. Günümüzde meydana gelen kentsel dönüşüm faaliyetleri yalnızca fiziksel bir yenilenme değil, aynı zamanda kent kimliği, yaşam kalitesi ve mekânsal aidiyet duygularının değişmesine yol açan süreçlerdir. Bu bağlamda kent hafızası, sadece mimari değişimiyle kalmayıp, insanların o mekânla kurduğu bağ ve aralarındaki ilişkiyle anlam kazanır. Değişen dönemler ve gelişen teknolojiler doğrultusunda kültürel hafızamızda yer edinen kentleşme süreci çok katmanlı bir yapı olarak değerlendirilir. İstanbul'un en önemli akslarından biri olan Bağdat Caddesi, geçmişte köşk yerleşiminin yoğunlaştığı ve günümüzde kentsel dönüşüm sürecine girmiş, değişimin en fazla yaşandığı bölgelerden biridir. Bu çalışma, Kalamış hattı üzerinden dönüşümün kent kimliği ve kentsel tasarımı üzerindeki etkilerini incelemektedir. Araştırma kapsamında, silüet ve kütle değişimleri, kullanıcı deneyimi, mekânsal algı ve değişimden meydana gelen küreselleşme kriterleri analiz edilmiştir. Çalışmanın kuramları; Kevin Lynch'in kentin 'okunabilirlik' kavramı, Christian Norberg-Schulz'un 'yerin ruhu' teorisi, Edward Relph'in 'yersizlik' yaklaşımı ve Rana Aslanoğlu'nun 'küreselleşme' kavramı üzerinden bir kentin insan ölçeğine ve yaşam tarzına yansıyan analizleriyle oluşturulmuştur.

Saha incelemeleri sonucunda Bağdat Caddesi'nde fiziksel değişimin önüne geçilerek kullanıcı deneyimi ve özgün kent kimliği üzerinde etkiler oluştuğu gözlemlenmiştir. Bu doğrultuda kentsel kimliğin ve kent hafızasının korunabilmesi için insan odaklı yaklaşımlar kentsel tasarımlara dahil edilmelidir.
Anahtar kelimeler: Kentsel Tasarım, Kent Kimliği, Kentsel Dönüşüm, Toplumsal Hafıza, Algı

RETRO-FÜTÜRİZM VE Y2K ESTETİĞİNİN GRAFİK TASARIMA ETKİLERİ[1]

THE INFLUENCE OF RETRO-FUTURISM AND Y2K AESTHETICS ON GRAPHIC DESIGN

Sena Erenel
Haliç Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü
ORCID: 0009-0008-8090-1824

Dr. Öğr. Üyesi Savaş Sarıhan
Haliç Üniversitesi, Güzel Sanatlar Fakültesi
ORCID: 0000-0003-4346-0077

ÖZET

Grafik tasarım, geçmişten günümüze insanların kendilerini ve duygularını ifade etme biçimlerinin önemli bir aracı olmuştur. Birçok sanatçı ya da tasarımcı bunu eserleriyle ortaya koymuştur. Renkler, biçimler, şekiller, tipografi bir tasarım dili hâline gelmiştir. Sanat akımlarının da etkisini ortaya koymasıyla farklı stiller, farklı tasarım anlayışları ortaya çıkmıştır. Retro-fütürizm ve Y2K Estetiği de bunlardan biridir. Retro-fütürizm, 20. yüzyılın bitişinden 21. yüzyılın başlarına dayanan bir süreci kapsayan geleceğe odaklı, yenilikçi, teknolojik ve sürdürülebilir mimari ve tasarım içeren bir sanat akımıdır.

Bu çalışma retro-fütürizm ve Y2K (year 2000) tasarım trendlerinin üzerindeki etkilerini incelemektedir. 2000'li yılların başlangıcına ait estetik anlayışın nostaljik biçimde yeniden yorumlanarak günümüz teknoloji ve kültür yapısıyla nasıl entegre edildiği araştırılacaktır. Araştırmada, milenyum başlangıcına ait görsel anlayışın nostaljik bir bakış açısıyla yeniden yorumlanarak günümüzün teknoloji ve kültür yapısı ile nasıl bütünleştiği ele alınacaktır. Çalışmanın ilk aşamasında, retro-fütürizm ve Y2K estetik yaklaşımının tarihsel ve kültürel kökenleri incelenerek bu akımların ortaya çıktığı dönemde neyi temsil ettiği ve hangi duygusal veya kültürel anlamları taşıdığı analiz edilecektir. Ardından, günümüzde öne çıkan tasarım eğilimleri değerlendirilerek bu trendlerin konu edinilen estetik akımlardan ne ölçüde etkilendiği araştırılacaktır. Bununla birlikte, retro-fütürizm ve Y2K estetik görüşlerinin günümüz teknolojik gelişmeleri ve kültürel dönüşümleriyle nasıl yeniden yorumlandığı ve modern tasarım pratikleriyle nasıl uyum sağladığı da incelenecektir.

Anahtar kelimeler: Retro-Fütürizm, Y2K, Grafik Tasarım, Tipografi, Estetik

ABSTRACT

Bu Graphic design has been an important medium through which people have expressed themselves and their emotions from the past to the present. Many artists and designers have reflected this through their works. Colors, forms, shapes, and typography have evolved into a visual design language. With the influence of various art movements, different styles and design approaches have emerged. Among these is Retro-futurism and the Y2K aesthetic. Retro-futurism is an art movement that encompasses a process extending from the end of the 20th century to the early years of the 21st century, focusing on the future and incorporating innovative, technological, and sustainable approaches in architecture and design.

This study examines the effects of retro-futurism and Y2K (Year 2000) design trends. It investigates how the nostalgic reinterpretation of the visual sensibility of the early 2000s is integrated with today's technological and cultural structures. In this research, the visual understanding of the turn of the millennium is reconsidered from a nostalgic perspective and analyzed in terms of how it merges with contemporary technological and cultural contexts. In the first stage of the study, the historical and cultural origins of retro-futurism and the Y2K aesthetic approach are examined, analyzing what these movements represented in their respective periods and what emotional or cultural meanings they carried. Subsequently, current design trends are evaluated in order to investigate the extent to which they are influenced by these aesthetic movements.

[1] Bu çalışma, Sena Erenel'in Haliç Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Grafik Tasarım Program'ında, Dr. Öğr. Üyesi Savaş Sarıhan danışmanlığında yürütülen "Retro-Fütürizm ve Y2K Estetiğinin 2025 Grafik Tasarım Trendlerine Yansımaları" başlıklı 2025–2026 tarihli tez çalışmasından türetilmiştir.

Furthermore, the study explores how retro-futurism and Y2K aesthetic perspectives are reinterpreted through today's technological developments and cultural transformations, and how they align with contemporary design practices.
Keywords: Retro-Futurism, Y2K, Graphic Design, Typography, Aesthetics

GİRİŞ

Bu çalışma retro-fütürizm ve Y2K estetiğinin grafik tasarım trendlerine yansımalarını incelemektedir. Araştırmada, bu iki estetik yaklaşımın tasarım üzerindeki etkileri; renk paleti, tipografi, çizgi ve desen kullanımı, doku ile psikolojik ve sosyolojik boyutları açısından ele alınmıştır. Retro-fütürizm, 20. yüzyılın sonları ile 21. yüzyılın başlarını kapsayan, geleceğe odaklı; yenilikçi, teknolojik ve sürdürülebilir tasarım yaklaşımlarını içeren bir sanat akımıdır. Bu akım, teknolojik ilerleme ve sanayileşmenin etkisiyle görsel ifadeyi anlamlı bir kavrama dönüştürmüştür.

Y2K estetiği ise 2000'li yılların başında ortaya çıkmış, parlak renkler, metalik dokular, degrade geçişler ve dijital gelecek kurgusunu temel alan bir tasarım anlayışıdır. Bu görsel yaklaşım, moda ve endüstriyel tasarım gibi farklı disiplinlerde de etkisini göstermiştir. Araştırmada, retro akım, dijital estetik ve teknolojik yenilikler açısından modern sanattaki biçimsel, lekesel ve tipografik devinimler incelenmektedir. Analiz süreci, tasarımcıların görsel dil oluşturma aşamalarını irdeleyerek gelecekteki tasarım pratiklerine yönelik öngörüler sunmayı hedeflemektedir.

Bu açıdan Y2K estetiği yalnızca görsel bir tasarım dili değil, aynı zamanda dijital çağın gerçeklik algısını dönüştüren kültürel bir olgu olarak değerlendirilebilir. Teknolojiyle iç içe gelişen bu estetik anlayış, gerçek ile yapay arasındaki sınırların giderek belirsizleştiği bir görsel dünya yaratmıştır. Özellikle dijital imgelerin yoğun üretimi ve tüketimi, bireylerin gerçekliği medya ve simülasyonlar aracılığıyla deneyimlemesine neden olmuş; bu durum ise hiper-gerçeklik kavramını yeniden gündeme taşımıştır.

Baudrillard'a göre modern toplumda gerçeklik, yerini simülasyonlar tarafından oluşturulan yapay bir düzene bırakmıştır. Bu nedenle insanlar artık gerçek olan ile kurgulanan arasındaki ayrımı giderek daha zor yapmaktadır. Baudrillard'ın hiper-gerçeklik kavramına ilişkin düşünceleri, dijital çağın gelişmesiyle birlikte günümüzde daha görünür ve anlaşılır hâle gelmiştir (Güzel, 2015). Birçok tasarım alanlarda etkisini gösteren bu estetik yaklaşımın, araştırma kapsamında özellikle grafik tasarım disiplini üzerinden incelenmesi amaçlanmaktadır.

ARAŞTIRMA VE BULGULAR

Retro-Fütürizmin Tasarımlara Etkisi

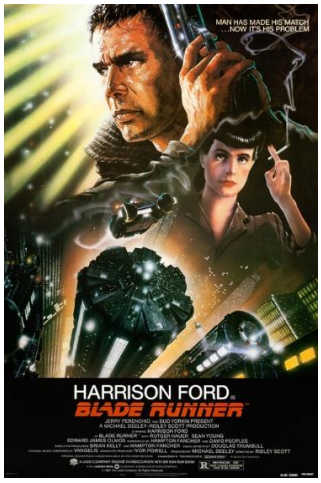
Fütürizm 1970'lerin başında hayal gücü üzerindeki popülerliğini yitirirken, yerini retro-fütürizm almıştır. Başta şüphe uyandırmış olsa da fütürizmin gelecek vizyonları gün geçtikçe hızla ama oldukça yoğun şekilde teknolojik yeniliklerle karakterize olmuştur. Teknolojinin giderek yaygınlaşması ile hayal dışı gelecek vizyonlarına karşı retro-fütürizm 'de dolaylı olarak bir tutum değişikliği meydana gelmiştir. Önceki varsayımları kabul eder ancak tahminlere ve yeni düşüncelere de alan açar (Guffey & Lemay, 2014). Retro-fütürizm, kelime anlamıyla geçmişin gelecek öngörüsü olarak ifade edilebilir. Fütürizm ve retro akımlarının birleşimiyle ortaya çıkan bu stil, dönemin teknolojik gelişmeleri ile geçmişin moda anlayışını sentezlemektedir (Çiftci & Demirarslan, 2022). Grafik tasarım dünyasında, özellikle afişler ve görsel iletişim çalışmalarında güçlü bir estetik ve tematik anlatım sunan retro-fütürizm, kökleri 1960'lara dayanan ve çağın estetik yaklaşımlarıyla geleceği sarmalayan bir yaklaşımdır (Bahattin Ceylan, 2025, s.122).

Retro-fütürizm doğrudan nostalji ile bağlantılı bir estetik görüştür. Retro yani nostaljik bakış açısı gerçekleşmemiş bir gelecek özlemini temsil eder. Taşıdıkları ortak düşünce, retro-fütürizm akımının yeni bir seçenek sunduğu, geçmişte kalmış aynı zamanda da unutulmaya yüz tutmuş idealleri ve umudu vurgulayan mevcut durumun mutsuzluğu ya da huzursuzluğudur (Özden, 2020). Retro-fütürizm, geçmişin gelecek hayallerini günümüz estetiğiyle yeniden yorumlayan bir tasarım anlayışıdır (Pena-Ruiz, 2025). Retro-Fütürizm, geçmişe duyulan özlem ile geleceğe yönelik tasarım yaklaşımlarını bir arada değerlendirerek kendine özgü bir görsel ifade biçimi ortaya koymaktadır. Bu anlayışın izleri yazı karakterlerinden renk seçimlerine, dijital uygulamalardan farklı tasarım disiplinlerine kadar geniş bir yelpazede görülmektedir.

Geçmişin tasarım anlayışını çağdaş teknolojik bakış açılarıyla buluşturan bu yaklaşım, tasarım alanına yeni perspektifler kazandırmakta ve yaratıcı üretim süreçlerini desteklemektedir. Geçmiş dönemlerin geleceğe ilişkin hayallerini günümüz estetik anlayışıyla yeniden yorumlayan Retro-Fütürizm, çağdaş görsel kültürün şekillenmesinde etkili bir konuma sahiptir (Demirkale Kukuoğlu, 2024). Retro-fütürizm, geleceğe ilişkin tasarımlarında gerçekçi ya da ideal çözümler sunma zorunluluğu taşımaz. Bu yönüyle belirli kurallara dayanan bir toplumsal hareketten ziyade, farklı disiplinlerde üretim yapan sanatçı ve tasarımcıların benimsediği estetik bir yaklaşım ve ifade biçimi olarak değerlendirilmektedir (Mamuş & Ayvaz Tunç, 2025).

Retro-fütürizm ’in tasarıma etkileri; estetik ve görsel doku, tema ve kavram, logo tasarımı ve tipografi ile dijital uygulamalar başlıkları altında incelenebilir. Retro-fütürist tasarımlar, geçmiş ve geleceği modern tekniklerle birleştirir. Neon mor, mavi, turuncu ve pembe tonlar; krom yüzeyler, ızgara zeminler ve yıldızlı arka planlar bu estetiğin temel öğeleridir. Tipografide ise geometrik formlar ve 3B efektler dikkat çeker. Bu anlayışa, Blade Runner ve Tron afişleri ile The Midnight albüm kapağı örnek gösterilebilir.

Ridley Scott'ın Blade Runner, güçlü görsel dili, derin temaları ve etkileyici atmosferiyle bilim kurgu sinemasının en önemli yapımlarından biri olarak kabul edilmektedir. Film, teknolojinin geliştiği ancak karanlık ve distopik bir geleceğin hâkim olduğu toplum tasviriyle büyük beğeni toplamış ve birçok eleştirmen tarafından türünün en başarılı örnekleri arasında gösterilmiştir (Shanahan, 2014).



Resim 1. Blade Runner film afişi, 1982 (Alvin, 1982).

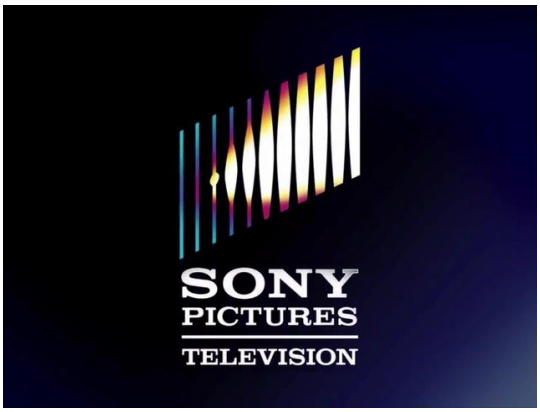
Resim 1’deki afiş; blok harfler, 3B figürler, elektrik mavisi vurgular ve neon renk kullanımıyla retro-fütürist tipografi ve estetik anlayışı yansıtmaktadır. Bu görsel yaklaşım, izleyicide hem nostaljik bir yakınlık hem de geleceğe yönelik dinamik bir atmosfer hissi oluşturmaktadır.

Resim 2. Tron film afişi, 1982 (Tron, 1982).

Resim 2'de bulunan Tron (1982) film afişinde, elektrik mavisi vurgular ve neon renklerin kullanımı ile retro-fütürist tipografi tercihleri öne çıkmakta; bu tasarım öğeleri, izleyicide hem geleceğe dair bir dinamizm hem de geçmişin nostaljik estetiğine referans veren bir görsel deneyim yaratmaktadır.
Retro etkili tipografi, geometrik formlar ve çizgisel kompozisyonlar dönemin dijital estetiğini yansıtır. Retro-fütürizm, yalnızca görsel bir stil değil; geçmişin gelecek hayallerini yeniden yorumlayan düşünsel bir yaklaşımdır. Yapay zekâ, uzay yolculuğu, robotlar ve insan-teknoloji ilişkisi gibi temalarla, geleceği daha renkli ve iyimser bir bakış açısıyla ele alır.
Günümüz teknolojisi çoğu zaman soğuk ve mekanik olarak algılansa da sanatçılar retro-fütürist yaklaşım sayesinde onu geçmiş dönemlerin sıra dışı gelecek hayalleriyle birleştirerek daha canlı, yaratıcı, nostaljik ve eğlenceli bir hale dönüştürmektedir (Mamuş & Ayvaz Tunç, 2025). Örneklerde de görüldüğü gibi retro-fütürizm, günümüzün minimal ve düz tasarım anlayışlarının aksine, duygusal bir gelecek nostaljisi sunar. Logo tasarım ve tipografi kullanımında ise çoğunlukla geniş harf yapıları, geometrik formlar ve sans-serif (tırnaksız) yazı karakterleri tercih edilir. Harflerde 3B efektler, ışık yansımaları ve dijital parlamalar sıkça kullanılır. Perspektifli tipografi ve üç boyutlu karakterler bu stilin belirgin özelliklerindendir. Logo tasarımlarında 70'ler ve 80'lerin elektronik markalarından (Sony, Panasonic, Atari gibi) ilham alınırken, günümüz tasarımlarında bu nostaljik yaklaşım modern ve minimalist bir teknoloji diliyle yeniden ele alınır.

Resim 3. George Opperman, Atari logo tasarımı, 1972 (Lemos, 2011).

Resim 3'teki logo tasarımında, neon renkler, blok harfler ve degrade renk geçişlerinin birleşimi, retro-fütürist estetiğin görsel ve kavramsal etkilerini güçlendirmekte; izleyicide hem geçmişin nostaljik havasını hem de geleceğe dair dinamizmi yansıtmaktadır.

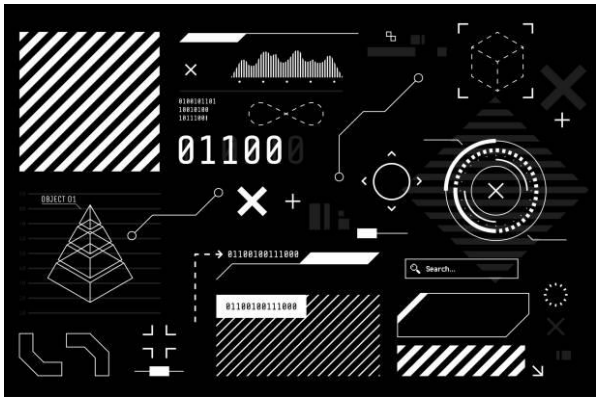


Resim 4. Sony Pictures Television, Sony logo tasarımı, 2002(Sony Pictures Television, 2002).

Resim 4'teki Sony logo tasarımına baktığımızda ise yine neon renk kullanımı, yinelenen tarama çizgiler, geometrik form kullanımı, parlak görünüm mevcuttur. Dijital uygulamalarda retro-fütürizm akımı dijital mecralarda da güçlüdür. Film afişleri, posterler ve albüm kapakları uygulama alanlarıdır. Synthwave ve Vaporwave müzik kültürü olarak retro-fütürizm görsel dilini kullanır.

Resim 5. Synthwave background tasarımı, 2020 (Craft, 2020).

Synthwave görsel örneklerine bakıldığında; neon ve parlak renk tonları, degrade geçişler ve uzay hissi yaratan yıldızlı gökyüzü efektleri öne çıkar (Resim 5). Grid zemin kullanımı ise dijital dünya ve sonsuz evren metaforunu güçlendirir. Koyu mor renk paleti, ufuk çizgisi ve lineer çizgiler retro-fütürizm etkisini belirgin hale getirir. Retro esintili tipografiyle birlikte modern arayüz tasarımları; üç boyutlu grid arka planlar ve parlak, dikkat çekici butonlarla desteklenir. Nostaljinin zamanla ilgisi özellikle synthwave ve diğer retro-fütürizm etkili sanat kollarında, etkili bir felsefi bakış sunar (Schwebel, n.d.). Retro-fütürist tasarımlar, geçmiş ve gelecek arasındaki sınırları bulanıklaştırarak kullanıcıya nostaljik fakat yenilikçi bir deneyim sunar. Hareketli tasarımlarda neon renkler, VHS efektleri, tarama çizgileri ve görüntü bozulmaları sıkça kullanılır. Bu anlayışa, Cyberpunk 2077'nin grafik dili ve tipografi stili örnek gösterilebilir.



Resim 6. Fütüristik Vektör HUD arayüz görsel tasarımı (Adobe Stock, n.d.).

Örnek arayüz tasarımında, koyu arka plan (Resim 6), tarama çizgileri, geometrik şekiller ve 3B efektlerin kullanımı, retro-fütürist estetiğin hem görsel hem de kavramsal etkilerini vurgulamakta; izleyicide teknolojik bir gelecek algısı yaratırken, geçmişin estetik görüşüne dair nostaljik bir referans sunmaktadır.

Resim 7. Cyberpunk 2077 oyunu tanıtım grafiği (Epic Games, n.d.).

Resim 8. Cyberpunk 2077 oyunu tanıtım grafiği tipografi örneği (Epic Games, n.d.).

Retro-fütürist tasarımlar duygusal ve kültürel açıdan incelendiğinde, izleyicide hem geçmişe hem de geleceğe dair bir aidiyet hissi uyandırmaktadır. Bu hissin tasarımcılar ve markalar açısından önemi büyüktür; zira nostaljik unsurlar, izleyicide samimiyet ve güven algısı yaratırken, fütürist öğeler yenilik, dinamizm ve geleceğe yönelik merak çağrışımları üretmektedir. Nostalji ve fütürizm boyutlarının bir araya gelmesi, tasarımın güçlü bir görsel ve kavramsal kimlik kazanmasını sağlamaktadır; böylece retro-fütürist tasarım, geçmişle gelecek köprüsü oluşturarak izleyiciye eş zamanlı olarak tanıdıklık ve yenilik algısı sunmaktadır.

Y2K Estetiğinin Tasarımlara Etkisi

Frutiger Aero estetiği, bazı görsel özellikleri bakımından Y2K akımıyla benzerlik gösterse de bu iki yaklaşımın teknolojiyi ele alış biçimleri arasında belirgin farklılıklar bulunmaktadır. Her iki estetik anlayışında da dijital görsellik, parlak yüzeyler, geçişli renk kullanımları ve geleceğe yönelik tasarım öğeleri öne çıkmaktadır. Ancak Y2K estetiği, milenyum dönemiyle birlikte ortaya çıkan teknolojik dönüşümlere ilişkin belirsizlikleri ve toplumsal endişeleri yansıtırken, Frutiger Aero teknolojiyi insan yaşamını destekleyen ve doğal çevreyle bütünleşen olumlu bir unsur olarak sunmaktadır. Bu yönüyle Frutiger Aero, geleceğe dair daha umut verici ve sürdürülebilir bir tasarım perspektifi geliştirmektedir (Avcı, 2024). Y2K estetiğinde tasarımlar sert ve mesafeli görünmek istemez; köşeler yumuşar, formlar akışkanlaşır ve teknoloji insana dokunmak isteyen, eğlenceli bir şeye dönüşür.

Y2K estetiği, dikkat çekici ve gösterişli bir görsel anlayışa sahiptir. 1990'ların canlı renk kullanımı, dijital çağın fütüristik etkileriyle birleşerek neon tonların öne çıktığı enerjik bir görünüm oluşturur. Parlak pembe, asit yeşili, sarı, kırmızı ve turuncu gibi güçlü renkler çoğu zaman bilinçli bir kontrast yaratacak şekilde bir arada kullanılır. Bu cesur renk kombinasyonları, tasarımlara hareketli, dinamik ve akılda kalıcı bir karakter kazandırır (AQR Studio, 2022). Elektrik mavisi gibi parlak renkler; metalik, krom ve holografik yüzeylerle birleşir ve geleceğin nasıl hayal edildiğini gösterir. Bu gelecek parlak, dikkat çeken ve dinamik bir olgudur.

Yeni yüzyılın estetik anlayışı, geçmişin karamsar ve durağan atmosferine karşı daha umut dolu ve yenilikçi bir bakış açısı geliştirmiştir. Canlı ve parlak renklerle desteklenen bu görsel dil, geleceğe duyulan heyecanı ve değişim isteğini yansıtır. Teknoloji odaklı bu estetik yaklaşım, insanların dönüşüm arzusunu ve daha dinamik bir geleceğe olan inancını görsel olarak ifade eder (Chen, 2023). Y2K Y2K estetiğinde tipografi ve arayüz tasarımı yalnızca işlevsel değil, aynı zamanda kimlik göstergesidir. Pixel fontlar, bilimkurgu etkili yazılar, 3B butonlar, gradient'ler ve glow efektleri dijital çağın enerjisini yansıtır. Katmanlı ve hareketli tasarımlar, dönemin hızlı ve deneysel dijital kültürünü temsil eder. Moda ve ürün tasarımında ise plastik, vinil ve metalik yüzeyler fütüristik bir görünüm oluşturur. Günümüzde Y2K'nin yeniden ilgi görmesi, modern tasarımın sade yapısına karşı daha cesur ve eğlenceli bir alternatif sunmasından kaynaklanır.

Grafik tasarımda bu estetik; metalik gümüş, neon pembe, mor ve mavi gibi dikkat çekici renklerle öne çıkar. Parlak yüzeyler, ışık yansımaları ve 3B efektler tasarıma derinlik kazandırırken teknoloji ve gelecek hissi yaratır. Tipografide ise Eurostile, Futura ve OCR A Extended gibi geometrik fontlar tercih edilir. Pixel efektleri, transparan katmanlar, dijital bozulmalar ve glitch detayları da Y2K tasarım dilinin önemli unsurlarıdır.

Ayrıca glitch efekti; siberpunk, distopya ve retro-fütürist tasarımların temel unsurlarından biri olmuştur (Bahattin Ceylan, 2025, s.360). Bu görsel kusurlar aslında bilinçli tercihlerdir ve siber dünya, veri akışı, dijital hatalar gibi kavramları temsil eder. Sonuç olarak tüm bu unsurlar bir araya geldiğinde grafik tasarım, sadece estetik bir yüzey olmaktan çıkar; teknolojik, deneysel ve geleceğe bakan bir anlatı aracına dönüşür.

Resim 9. Glitch efekti (Pexels, n.d.).

Y2K'nin moda tasarımındaki etkisi; metalik, saten, vinil ve transparan kumaşlarla oluşturulan fütüristik görünümlerde görülür. Pembe, parlak mavi, beyaz ve gümüş tonları cyber estetiği destekleyen dikkat çekici kombinasyonlar yaratır. Plastik takılar, mini çantalar ve dijital görünümlü güneş gözlükleri dönemin öne çıkan aksesuarlarıdır. Ayrıca Britney Spears ve Paris Hilton gibi isimlerden ilham alan girly ve bling tarzların yeniden popülerleşmesi, Y2K estetiğinin nostaljik dönüşünü göstermektedir. Moda araştırmacısı James Laver'ın belirttiği gibi moda döngüseldir; geçmiş trendler zamanla yeniden popüler hâle gelebilir (Yang, 2023). Dijital Y2K'nin dijital ve web tasarımındaki etkisi; 3B ikonlar, degrade arka planlar, animasyonlar ve üç boyutlu butonlarla görülür. Retro-fütürist anlayışla geçmiş, "gelecek hayali" üzerinden yeniden yorumlanırken; yoğun renk kullanımı ve görsel hareketlilik minimalist tasarıma karşı güçlü bir alternatif oluşturur.
1990'ların sonu ile 2000'lerin başında gelişen Y2K estetiği genel olarak iki farklı stile ayrılır. İlki; soğuk tonlar, metalik yüzeyler ve keskin çizgilerle oluşturulan daha karanlık ve teknolojik bir anlayıştır. İkincisi ise parlak renkler, yarı şeffaf materyaller ve fütüristik detaylarla şekillenen daha canlı ve dijital odaklı bir gelecek estetiğidir (Yang, 2023). Y2K felsefesi, teknolojiye ve geleceğe iyimserlik ve merakla yaklaşan bir anlayışı temsil eder. Gelecek; korkutucu değil, parlak, eğlenceli ve yenilikçi bir alan olarak görülmüştür. Bu düşünce, parlak renkler, fütüristik formlar, krom ve şeffaf yüzeyler gibi tasarım unsurlarıyla görselleştirilmiştir. Y2K aynı zamanda deneyselliği ön plana çıkarır; geleneksel tasarım kuralları yerine cesur, oyunbaz ve dikkat çekici yaklaşımlar benimsenir. Geçmişin dijital kültürü ile geleceğe dair hayallerin birleşmesi, Y2K estetiğini hem retro hem de modern bir görünüme sahip kılar.

Retro-Fütürizm ve Y2k Estetiğinin Günümüz Tasarımlarına Etkileri

Retro-fütürizm ve Y2K estetiği, nostalji ile teknolojiyi birleştirerek günümüz tasarımlarında güçlü bir görsel etki yaratır. Her iki yaklaşım da geçmişin gelecek hayallerini yeniden yorumlayarak çağdaş tasarımlarda dikkat çekici bir atmosfer oluşturur. Retro-fütürizm 'de metalik ve krom yüzeyler, neon ışıklar, grid zeminler, yuvarlak formlar ve uzay temalı görseller öne çıkar. Grafik ve dijital tasarımda ise bilimkurgu etkili tipografiler, analog hissi veren arayüzler ve synthwave estetiği taşıyan oyun ile film afişleri sıkça kullanılır.
Y2K estetiği, Parlak pembe, lime yeşili, mor ve mavi tonları; şeffaf plastikler, jel dokular ve holografik yüzeylerle birlikte sıkça kullanılmıştır. Tipografide yuvarlak formlar, 3B yazılar, gölgeler ve lens flare efektleri öne çıkarken, tasarımlar cesur ve deneyseldir. Y2K estetiği; moda, müzik, film, mimari ve grafik tasarım gibi birçok alanda etkili olmuş, geleceğe dair ütopik bir bakış açısını temsil etmiştir.
Diğer bir yandan, 2000'li yılların görsel kültürüne ait tasarım dili, günümüzde özellikle K-Pop endüstrisinde yeniden ilgi gören nostaljik bir eğilim olarak yeniden yorumlanmaktadır.

Özellikle NewJeans gibi grupların görsel kimliğinde görülen bu yaklaşım, parlak tonlar ve gelecek odaklı estetik öğelerle karakterize edilmektedir. Söz konusu görsel yönelim, milenyum döneminin dijital kırılma noktası olarak bilinen Y2K sürecine referans vererek geçmişe yönelik bir estetik yeniden canlandırma biçimi olarak değerlendirilmektedir (Himawan & Prawira, 2024). Dijital ürünler ve sosyal medya perspektifinden bakıldığında, özellikle UI tasarımında iki boyutluluktan üç boyutluluğa dönüştürülen öğelerin yeniden görünür olması, eğlenceli ikonlar ve sticker estetiği bu dönemin etkilerini taşır. Sosyal medya görsellerinde ise filtreler, glitch efektleri ve düşük çözünürlüklü imgeler, nostaljik ve deneysel bir atmosfer yaratır.

Tablo 1. Retro-Fütürizm ve Y2K Estetiğinin Tasarım Üzerindeki Temel Felsefeleri

Retro-Fütürizm	**Y2K**
Geçmişin gelecek hayali	Erken dijital çağ etkisi
Uzay çağı, bilim kurgu	İnternet, pop kültürü
Sinematik	Eğlenceli ve kitsch

YÖNTEM

Bu çalışmada, nitel araştırma yöntemleri kapsamında yer alan betimsel analiz tekniği kullanılmıştır. Bu yaklaşım çerçevesinde, elde edilen temalar derlenir ve kapsamlı biçimde yorumlanır (Yıldırım & Şimşek, 2011). Nitel araştırma, bireylerin ya da toplumsal olguların içinde bulundukları bağlam içerisinde nasıl anlamlandırıldığını ve yorumlandığını ortaya koymayı amaçlayan bir yaklaşım olarak tanımlanmaktadır. Nitel araştırma yaklaşımları, geleneksel nicel yöntemlerden ayrılmaktadır (Creswell & Creswell, 2018). Bu yönüyle nitel analiz yöntemleri, sayısal verilerden ziyade anlam, bağlam ve yorum odaklı bir inceleme sunmakta ve araştırma konusunun çok yönlü biçimde ele alınmasına olanak sağlamaktadır (Aydın, 2018). Bu araştırmada, retro-fütürizm ve Y2K estetik anlayışlarının grafik tasarım üzerindeki etkileri farklı dönemlere ait tasarım örnekleri üzerinden incelenmiştir. Çalışmada afiş, dijital tasarım ve görsel iletişim ürünleri; tipografi, renk kullanımı, kompozisyon ve dijital estetik unsurlar açısından değerlendirilmiştir. Analiz sonucunda bu estetik yaklaşımların tarihsel dönüşümü ve günümüz grafik tasarımına yansımaları ortaya konulmuştur.

Veri Toplama Süreci

Araştırma verilerinin toplanmasında kapsamlı bir literatür taraması gerçekleştirilmiş ve retro-fütürizm ile Y2K estetik yaklaşımlarının grafik tasarım alanındaki yansımaları incelenmiştir. Çalışmada amaçlı örnekleme yöntemi kullanılarak, neo-fütürist etkiler taşıyan ve Y2K estetiğini yansıtan grafik tasarım örnekleri seçilmiştir. İncelenen veri seti; 40 logo tasarımı, 15 web arayüzü ve 30 dijital illüstrasyonu kapsamaktadır. Örneklerin seçimi, estetik akımların karakteristik görsel özelliklerini net biçimde yansıtması ve literatürde sıklıkla referans gösterilen tasarımlar olmasına göre yapılmıştır.

Verilerin Analizi

Analiz sırasında görsel örnekler hem geçmiş dönem estetikleri hem de günümüz çağdaş tasarım pratikleri bağlamında değerlendirilmiştir. Görsel ifade, tipografik yapı, renk seçimi, psikolojik etkiler ve teknolojik unsurlar bütüncül bir bakış açısıyla ele alınmıştır. Bu süreç, retro-fütürist ve Y2K estetik görüşlerinin grafik tasarımda tarihsel dönüşümünü ve güncel yansımalarını ortaya koymayı amaçlamaktadır.

SONUÇ VE TARTIŞMA

Bu çalışmada retro-fütürizm ve Y2K estetik anlayışlarının grafik tasarım üzerindeki etkileri incelenmiştir. Bulgular, tipografi, renk, doku, kompozisyon ve efekt kullanımının her iki yaklaşımda da belirgin bir görsel kimlik oluşturduğunu göstermektedir. Retro-fütürizm geçmişin gelecek hayallerini yansıtan ütopik bir yaklaşım sunarken, Y2K estetiği parlak renkler ve teknoloji odaklı iyimser bir görsel dil oluşturur. Blade Runner ve Tron gibi tasarımlar bu estetiklerin önemli örnekleri arasında yer alır. Her iki estetik anlayış da izleyicide nostalji ve geleceğe dair merak duygusu yaratmaktadır. Neon renkler, grid yapıları, blok tipografiler ve 3B efektler gibi unsurlar, geçmiş ile gelecek arasında görsel bir bağ kurarak çağdaş tasarım anlayışını güçlendirmektedir.

Retro-fütürizm ve Y2K estetiğinin günümüz dijital tasarım yaklaşımları yalnızca görsel bir stil değil, aynı zamanda teknolojiye ve geleceğe yönelik iyimser bir bakış açısını temsil etmektedir. Farklı kültürel bağlamlar ve dijital platformlarda kullanım biçimleri, gelecekte yapılacak araştırmalar için yeni inceleme alanları sunmaktadır.

Her ne kadar bu iki estetik anlayış tasarımlara farklı bir boyut getirmiş olsa da olumsuzluk yarattığını savunanlar da var. Örneğin Fisher ve Fredric Jameson'a göre çağdaş nostalji kültürü, geçmiş dönemlerin sürekli yeniden üretilen ve tüketilen görüntülerine dayanmaktadır. 1960'lar, 1970'ler, 1980'ler ve 1990'lar gibi dönemler gerçek tarihsel bağlamlarından koparılarak tekrar dolaşıma sokulur. Bu durum, geçmişin doğrudan deneyimlenmesinden çok, yeniden kurgulanmış ve idealize edilmiş bir tarih algısının oluşmasına neden olur. Böylece zaman kavramı; geçmiş, şimdi ve gelecek arasında sürekli tekrar eden estetik bir döngüye dönüşür (Lindblom, 2018).

20. yüzyıl pozitif teknolojik ütopyaları bugün hayal olarak kaldığından yitirilmiş gelecek estetiği olarak görülür. Jean Baudrillard'ın simülasyon teorisi hipergerçeklik ortaya koyar ve gerçeklik yerini tamamen stilize edilmiş imgelere bırakır (Güzel, 2015). Y2K moda ve popüler kültür etkisiyle yeniden ambalajlanmış bir trend yaratarak ticarileşme gerçekleştirir. Balenciaga özellikle Y2K estetiğinin pazarlamasını yaparak alt kültür yapısından ayırır. Bu estetik algının hâkim olduğu dönem internet için özgürleştirici ve pozitif bir inanç besler ancak günümüze dönüldüğünde veri kontrolü, algoritma analizleri ve platform öznelliği bu iyimser bakışı sorgulatır. Her iki estetik yaklaşım için de olumsuz açıdan öne sürülen ortak düşünce gelecek krizi, zaman karmaşası ve kapitalizm destekçiliğidir.

Sonuç olarak, eleştirel tarafları varsayılıyor olsa da retro-fütürizm ve Y2K estetiği, grafik tasarımda yalnızca görsel bir dil oluşturmakla kalmayıp, izleyicide duygusal ve kültürel bir deneyim yaratmakta; geçmişin hayal gücü ile modern estetiği birleştirerek hem akademik hem de pratik açıdan tasarım alanına önemli katkılar sağlamaktadır.

KAYNAKÇA

AQR Studio. (2022). *Why Y2K aesthetic returns as graphic design trend 2022*. Erişim adresi https://aqrstudio.com/blog/why-y2k-aesthetic-returns-as-graphic-design-trend-2022. Son Erişim 10 Nisan 2026.

Avcı, E. (2024). Physical reflections of digital aesthetics: The influence of frutiger aero on interior design. *Yeni Medya Elektronik Dergisi*, 8(3), 456-482.

Aydın, N. (2018). Nitel araştırma yöntemleri: Etnoloji. *Uluslararası Beşeri ve Sosyal Bilimler İnceleme Dergisi*, *2*(2), 60-71.

Bahattin Ceylan, H. (2025). Kasıtlı kusur olarak glitch efekti ve grafik tasarımda kullanımı. *Sinop Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 9(1), 356-374.

Bahattin Ceylan, H. (2025). Post-Dijital çağda tasarım estetiği ve yükselen trendler. *Art and Interpretation*, 46, 119-127.

Chen, Y. (2023*). Exploring the style of Korean girl group NewJeans in the context of contemporary consumerism*. SHS Web of Conferences, 174, 03024, EDP Sciences. https://doi.org/10.1051/shsconf/202317403024

Creswell, J. W., & Creswell, J. D. (2018). *Research design: Qualitative, quantitative, and mixed methods approaches* (5th ed.). Sage Publications.

Çiftci, S. K., & Demirarslan, S. (2022). Cyberpunk mekân oluşumuna etki eden başlıca üsluplar: Minimalizm, fütürizm ve retro-fütürizm. *Avrasya Sosyal ve Ekonomi Araştırmaları Dergisi, 9*(4), 345-364.

Demirkale Kukuoğlu, O. C. (2024). Grafik tasarımda retro-fütürizm ve film afişlerine yansıması. *Uluslararası Sanat ve Sanat Eğitimi Dergisi*, 7(17), 139-154.

Guffey, E., & Lemay, K. C. (2014). Retrofuturism and steampunk. Rob Latham (Ed.), *The Oxford handbook of science fiction (*ss.434-450), Oxford University Press.

Güzel, M. (2015). Gerçeklik ilkesinin yitimi: Baudrillard'ın simülasyon teorisinin temel kavramları. *FLSF Felsefe ve Sosyal Bilimler Dergisi*, 19, 65–84.

Himawan, A. H., & Prawira, N. G. (2024). Estetika visual dalam industri hiburan Korea: Analisis budaya populer Y2K dalam K-Pop group newjeans. *Gestalt: Jurnal Desain Komunikasi Visual,* 6(1), 51–60.

Lindblom, J. (2018). *Mark Fisher in memoriam, part 1: Capitalist Realism and beyond*. Modernism Unbound. https://modernismunbound.com/wp-content/uploads/2018/08/Mark-Fisher-in-Memoriam-Part-1-Capitalist-Realism-and-Beyond.pdf

Mamuş, M. H., & Ayvaz Tunç, Ö. (2025). Retrofütürizm perspektifinden steampunk estetiği. *Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi, 26*(1), 232-247.

Özden, V. (2020). *Uncanny and retrofuturistic space in dystopian sci-fi cinema* (Tez No. 611998) [Yüksek lisans tezi, Abdullah Gül Üniversitesi]. Ulusal Tez Merkezi.

Pena-Ruiz, H. (2025). *The future sounds familiar: Retrofuturism, nostalgia, and capitalism in the music of Fallout 4, Cyberpunk 2077, and Final Fantasy VII* [Master's thesis, University of Washington]. University of Washington. https://hdl.handle.net/1773/53712

Schwebel, D. (n.d.). *Synthwave and nostalgia: A philosophical and psychological undertaking*. Synth Centric. Erişim adresi https://www.synth-centric.com/articles/synthwave-and-nostalgia-a-philosophical-and-pscyhological-undertaking. Son Erişim 01 Mart 2026.

Shanahan, T. (2014). *Philosophy and Blade Runner*, Palgrave Macmillan.

Yang, X. (2023). Retro futurism: *The resurgence of Y2K style in the fashion field*. SHS Web of Conferences, 167, 02003, EDP Sciences. https://doi.org/10.1051/shsconf/202316702003

Yıldırım, A., & Şimşek, H. (2011). *Sosyal bilimlerde nitel araştırma yöntemleri* (8. baskı). Ankara: Seçkin Yayıncılık.

GÖRSEL KAYNAKÇA

Resim 1. Alvin, J. (1982). *Blade Runner* [Film posteri]. Intralink Film Graphic Design. Movie Poster Gallery. Erişim adresi http://www.impawards.com/1982/blade_runner.html. Son Erişim 08 Ocak 2026.

Resim 2. *Tron* [Film posteri]. (1982). Movie Poster Gallery. Movie Poster Gallery. Erişim adresi http://www.impawards.com/1982/tron_ver2.html. Son Erişim 12 Ocak 2026.

Resim 3. Lemos, T. A. (2011). *Brief Atari brand history*. Logoblink. Erişim adresi https://logoblink.com/atari-logo-history/. Son Erişim 20 Şubat 2026.

Resim 4. Sony Pictures Television. (2002). *Sony Pictures Television logo* [Logo]. Retro Media Library. Erişim adresi https://retromedialibrary.fandom.com/wiki/Sony_Pictures_Television. Son Erişim 22 Şubat 2026.

Resim 5. Craft, P. (2020). *Retro futuristic synthwave retrowave styled night cityscape* [Stock illustration]. Shutterstock. Erişim adresi https://www.shutterstock.com/tr/image-vector/retro-futuristic-synthwave-retrowave-styled-night-1652606221. Son Erişim 04 Mart 2026.

Resim 6. Adobe Stock. (n.d.). *Vector HUD graphic in futuristic style: High tech interface elements…* [Stock illustration]. Adobe Stock. Erişim adresi https://stock.adobe.com/tr/search?k=futuristic+hud. Son Erişim 08 Mart 2026.

Resim 7. Epic Games. (n.d.). *Cyberpunk 2077: Ultimate Edition* [Video game]. Erişim adresi https://store.epicgames.com/tr/p/cyberpunk-2077--ultimate-edition. Son Erişim 10 Nisan 2026.

Resim 8. *Epic Games. (n.d.). Cyberpunk 2077: Ultimate Edition* [Video game]. Erişim adresi https://store.epicgames.com/p/cyberpunk-2077?lang=tr. Son Erişim 10 Nisan 2026.

Resim 9. Pexels. (n.d.). *Abstract colorful glitch art* [Stock photograph]. Pexels. Erişim adresi https://www.pexels.com/photo/abstract-colorful-glitch-art-11774186/. Son Erişim 15 Nisan 2026.

OFİS MEKANLARINDA GÜN IŞIĞI KAYNAKLI KAMAŞMA PROBLEMİ
GLARE PROBLEMS CAUSED BY DAYLIGHT IN OFFICE SPACES

Res. Asst. Sümeyra AKGÜN
Altınbas University, Faculty of Engineering and Architecture, Department of Interior Architecture and Environmental Design, Istanbul, Turkey,
ORCİD: ID/0000-0002-0539-3603

Prof. Dr. Ümit Turgay ARPACIOĞLU
Mimar Sinan Fine Arts University, Faculty of Architecture, Department of Architecture, Istanbul, Turkey,
ORCİD: ID/ 0000-0001-8858-7499

Abstract
The quality of working conditions in office spaces has a direct impact on employee health, visual comfort, and productivity. One of the primary factors determining these conditions is the way daylight is admitted into and controlled within the interior environment. Daylight contributes to the regulation of biological rhythms, supports users' mood and psychological well-being, and also has positive effects on spatial satisfaction and cognitive performance. However, the variable nature and high illuminance levels of daylight may cause various visual comfort problems, particularly in computer-based working environments.
Among these problems, glare is one of the most significant. Glare occurs through two main mechanisms: the saturation effect caused by excessively high amounts of light reaching the eye, and the contrast effect resulting from brightness differences within the field of view. The user's position, viewing direction, distance from the window, and the location of the light source within the visual field directly affect the perception of glare. Glare may occur when direct sunlight reaches the eyes, when window surfaces exhibit high luminance, or when there are excessive brightness differences between the task area and surrounding surfaces. It can lead to negative consequences such as visual fatigue, headaches, distraction, and decreased performance. Research indicates that excessive natural light may, in some cases, negatively affect cognitive performance and mood, whereas controlled and balanced daylight increases employee satisfaction and productivity.
Therefore, careful control of daylight is essential to ensure visual comfort in offices. The orientation, size, shape, and placement of windows, as well as the arrangement of workspaces according to daylight conditions, are of great importance. In addition, shading devices and advanced façade systems help control direct sunlight, reduce brightness contrasts, and improve users' visual comfort. Consequently, in order to benefit optimally from daylight in office environments, it is necessary to adopt holistic design approaches that support both employee health and performance while minimizing glare.
Keywords: Glare, Visual Comfort, Office Spaces, Daylight

Özet
Ofis mekânlarında çalışma koşullarının kalitesi; çalışan sağlığı, görsel konforu ve verimliliği üzerinde doğrudan etkili olmaktadır. Bu koşulları belirleyen temel unsurlardan biri, gün ışığının iç mekâna alınma biçimi ve kontrolüdür. Gün ışığı; biyolojik ritmin düzenlenmesine katkı sağlamakta, kullanıcıların ruh hâli ve psikolojik iyi oluşunu desteklemekte, aynı zamanda mekânsal memnuniyet ve bilişsel performans üzerinde olumlu etkiler yaratmaktadır. Bununla birlikte, gün ışığının değişken yapısı ve yüksek aydınlık düzeyi, özellikle bilgisayar temelli çalışma ortamlarında çeşitli görsel konfor problemlerine neden olabilmektedir.
Bu problemlerin başında kamaşma gelmektedir. Kamaşma; göze ulaşan toplam ışık miktarının aşırı yüksek olmasından kaynaklanan saturasyon etkisi ve görüş alanındaki parlaklık farklarından doğan kontrast etkisi olmak üzere iki temel mekanizma üzerinden oluşmaktadır. Kullanıcının konumu, bakış yönü, pencereye uzaklığı ve ışık kaynağının görüş alanındaki yeri, kamaşmanın algılanma düzeyini doğrudan etkilemektedir. Kamaşma; doğrudan güneş ışığının gözlere ulaşması, pencere yüzeylerinin yüksek parıltıya sahip olması ya da görev alanı ile çevresindeki yüzeyler arasındaki aşırı parlaklık farkları sonucunda ortaya çıkmaktadır.

Kamaşma; görsel yorgunluk, baş ağrısı, dikkat dağınıklığı ve performans düşüşü gibi olumsuz sonuçlara yol açabilmektedir. Araştırmalar, aşırı doğal ışığın bazı durumlarda bilişsel performansı ve duygu durumunu olumsuz etkileyebildiğini; buna karşılık kontrollü ve dengeli gün ışığının çalışan memnuniyeti ile verimliliğini artırdığını göstermektedir.
Bu nedenle ofislerde görsel konforun sağlanabilmesi için gün ışığının dikkatli biçimde kontrol edilmesi gerekmektedir. Pencerelerin yönü, boyutu, biçimi ve yerleşimi ile çalışma alanlarının gün ışığı koşullarına göre düzenlenmesi büyük önem taşımaktadır. Ayrıca gölgeleme elemanları ve gelişmiş cephe sistemleri, doğrudan güneş ışığını kontrol ederek parlaklık farklılıklarını azaltmakta ve kullanıcıların görsel konforunu artırmaktadır. Sonuç olarak, ofislerde gün ışığından optimum düzeyde yararlanabilmek için hem çalışan sağlığını hem de performansı destekleyen, kamaşmayı minimize eden bütüncül tasarım yaklaşımlarının benimsenmesi gerekmektedir.
Anahtar kelimeler: Kamaşma, Görsel konfor, Ofis mekanları, Gün ışığı

THE RELATIONSHIP BETWEEN SPATIAL QUALITY AND USER SATISFACTION IN THE REPURPOSING OF URBAN DERELICT SPACES: THE CASE OF TERMINAL KADIKÖY

KENTSEL ATIL ALANLARIN YENİDEN İŞLEVLENDİRİLMESİNDE MEKÂNSAL KALİTE VE KULLANICI MEMNUNİYETİ İLİŞKİSİ: TERMİNAL KADIKÖY ÖRNEĞİ

Aslıhan HÜNÜK
Maltepe Üniversitesi, Mimarlık ve Tasarım Fakültesi
ORCID: ID/0009-0006-5984-7873

Dr. Öğr. Üyesi Nuşin KARA
Maltepe Üniversitesi, Mimarlık ve Tasarım Fakültesi
ORCID: ID/0000-0002-2607-9082

ABSTRACT
Rapid, uncontrolled change driven by industrialization has significantly transformed the physical and social structures of cities. Large-scale transportation infrastructures, such as viaducts, while ensuring connectivity, have introduced spatial challenges, creating derelict areas characterized by security risks and spatial fragmentation. Urban revitalization strategies aim to reintegrate these idle areas into urban life through adaptive reuse. In this process, spatial quality is a primary determinant of user satisfaction and public adoption of new functions. This study examines the Terminal Kadıköy project, implemented beneath the Söğütlüçeşme High-Speed Train (YHT) viaducts in Istanbul, within the framework of the relationship between spatial quality and user satisfaction. The research employs a mixed-methodology approach. Following a literature review on indicators of user satisfaction in repurposed spaces, a survey was conducted with users via random sampling as part of a Post-Occupancy Evaluation (POE). The data were statistically analyzed to evaluate spatial quality across four primary dimensions: functional, technical, aesthetic, and socio-economic performance. Findings reveal that 77.8% of participants found the lighting level adequate, and 84.4% perceived the space as a comfortable waiting area. While 80% of respondents stated that the project provides a significant public benefit, thermal comfort emerged as one of the lowest satisfaction categories. The results demonstrate that the adaptive reuse of derelict transportation infrastructure enhances user satisfaction and fosters the creation of high-quality public spaces that support social utilization. This study concludes that transforming underutilized urban voids through qualified spatial interventions contributes positively to the urban social fabric and enhances overall user experience.
Keywords: Urban Derelict Spaces, Urban Regeneration, Spatial Quality, User Satisfaction, Post-Occupancy Evaluation (POE).

ÖZET
Sanayileşme süreciyle ortaya çıkan hızlı ve kontrolsüz değişim, kentlerin fiziksel ve sosyal yapısında önemli dönüşümlere yol açmıştır. Bu süreçte artan ulaşım sorunlarına bağlı olarak demiryolu hatları, köprüler ve viyadükler gibi büyük ölçekli yapılar inşa edilmiştir. Ancak bu yapılar, ulaşım sürekliliğini sağlarken ölçekleri ve fiziksel özellikleri nedeniyle kentsel dokuda çeşitli mekânsal sorunları da beraberinde getirmiştir. Özellikle viyadük altı ve çevresinde oluşan atıl alanlar; güvenlik problemleri, mekânsal kopukluklar ve sosyal kullanım eksikliği gibi olumsuzluklara neden olmaktadır. Bu sorunlara yönelik geliştirilen kentsel yeniden canlandırma stratejileriyle, söz konusu alanlar farklı işlevlerle düzenlenerek kentsel yaşama kazandırılmaktadır. Bu dönüşüm sürecinde mekânsal kalite, yeni işlevin kamusal alanda benimsenmesinde belirleyici rol oynamaktadır. Mekânsal kalitenin yüksekliği kullanıcı memnuniyetini artırırken, düşük kalite düzeyi kullanımın sınırlı kalmasına yol açabilmektedir. Bu çalışma kapsamında, İstanbul Kadıköy'deki Söğütlüçeşme YHT hattı viyadükleri altında hayata geçirilen Terminal Kadıköy projesi, mekânsal kalite ile kullanıcı memnuniyeti arasındaki ilişki çerçevesinde incelenmiştir. Bu çalışmanın amacı, Terminal Kadıköy örneğinde mekânsal kalite kriterlerinin kullanıcı memnuniyeti üzerindeki etkisini değerlendirmektir. Araştırmada nitel ve nicel yöntemlerin bir arada kullanıldığı karma metodoloji benimsenmiştir. İlk aşamada literatür taramasıyla yeniden işlevlendirilmiş alanlarda kullanıcı memnuniyetini belirleyen göstergeler ele alınmıştır.

Ardından, kullanım sonrası değerlendirme (KSD) yöntemi kapsamında tesadüfi örnekleme yöntemiyle Terminal Kadıköy kullanıcılarına anket uygulanmıştır. Elde edilen veriler yüzde dağılımları ve betimsel istatistikler aracılığıyla test edilmiş ve mekânsal kalite; işlevsel, teknik, estetik ve sosyo-ekonomik performans olmak üzere dört ana başlıkta değerlendirilmiştir. Bu değerlendirme kriterleri ilgili literatürde yer alan mekânsal kalite ve kullanım sonrası değerlendirme çalışmalarından yararlanılarak oluşturulmuştur. Araştırma bulgularına göre katılımcıların %77,8'i alanın aydınlatma düzeyini yeterli bulurken, %84,4'ü mekânı konforlu bir bekleme alanı olarak değerlendirmiştir. Katılımcıların %80'i projenin kamusal fayda sağladığını düşünürken, ısıl konfor en düşük memnuniyet düzeyine sahip başlıklardan biri olmuştur. Bulgular, atıl ulaşım altyapısının yeniden işlevlendirilmesinin kullanıcı memnuniyetini artırdığını ve sosyal kullanımı destekleyen kullanıcılar tarafından olumlu algılanan nitelikli bir kamusal mekân oluşturduğunu göstermektedir.
Anahtar Kelimeler: Kentsel Atıl Alanlar, Yeniden Canlandırma, Mekânsal Kalite, Kullanıcı Memnuniyeti, Kullanım Sonrası Değerlendirme (KSD).

1. GİRİŞ

Kentler, tarih boyunca üretim biçimleri, teknolojik gelişmeler ve sosyo-ekonomik dönüşümlerin etkisiyle sürekli yeniden şekillenen dinamik sistemlerdir. Bu süreçte kentsel mekânın fiziksel organizasyonu kadar kamusal niteliği de dönüşüme uğramakta; özellikle sanayileşme sonrası dönemde üretim, ulaşım ve hizmet odaklı altyapıların yeniden örgütlenmesi kent formunu belirleyen temel etkenlerden biri hâline gelmektedir. Ancak hızlı kentleşme, taşıt odaklı ulaşım politikaları ve yoğun altyapı yatırımları, kamusal mekânın sürekliliğini zayıflatarak mekânsal parçalanmalara yol açmaktadır (Kızıltaş ve Masatlıoğlu, 2024). Bu bağlamda otoyol köprüleri ve viyadükler gibi büyük ölçekli ulaşım yapıları, erişilebilirliği artırmakla birlikte çevreleriyle işlevsel ve mekânsal kopukluklar oluşturarak kent dokusunda süreksiz alanlar üretmektedir. Trancik (1986), bu yapıların çevresinde zamanla oluşan ve aktif kullanımdan yoksun kalan bölgeleri kayıp mekânlar olarak tanımlanmakta ve kentsel bütünlüğün zayıfladığı alanlar olarak değerlendirilmektedir. Söz konusu alanlar çoğunlukla güvenlik algısının düşük olduğu, sosyal etkileşimin sınırlı kaldığı ve kamusal yaşamdan dışlanan mekânlar olarak kent deneyimini olumsuz yönde etkilemektedir (Rahmann ve Jonas, 2011).

Bu doğrultuda, atıl ulaşım altyapılarının yeniden değerlendirilmesi, günümüz kentsel tasarım ve planlama yaklaşımlarında sürdürülebilirlik ve mekânsal bütünleşme açısından önemli bir strateji olarak öne çıkmaktadır (Karadağ ve İncedere, 2020). Köprü ve viyadük altı alanlar, bu dönüşüm yaklaşımı kapsamında kamusal mekâna yeniden kazandırılabilecek potansiyel bölgeler arasında yer almaktadır. Uluslararası ve yerel ölçekte gerçekleştirilen uygulamalar, bu alanların farklı tasarım müdahaleleri aracılığıyla yeniden işlevlendirilebildiğini göstermektedir. Bu müdahaleler; peyzaj düzenlemeleri, aydınlatma tasarımları, geçici veya kalıcı yapısal eklemeler ve kamusal kullanım senaryolarının geliştirilmesi gibi çeşitli ölçeklerde gerçekleşmektedir (Özübek ve Manisa, 2021).

Dünya genelinde atıl ulaşım altyapılarının dönüştürülmesine yönelik örnekler, bu alanların kültürel, rekreatif ve ekonomik işlevlerle yeniden kentsel yaşama entegre edilebildiğini ortaya koymaktadır. Paris'te Viaduc des Arts, New York'ta High Line ve Londra'da Coal Drops Yard gibi projeler, kullanılmayan demiryolu ve viyadük yapılarının kamusal yeşil alanlara, yürüyüş rotalarına ve karma kullanımlı kentsel odaklara dönüştürülmesine örnek oluşturmaktadır. Bununla birlikte, bazı örneklerde dönüşüm süreçlerinin özellikle toplumsal kapsayıcılık ve yerel katılım açısından eleştiriye konu olduğu görülmektedir. Ekonomik getirinin öncelenmesi ve ticari işlevlerin baskın hâle gelmesi, bu alanların kamusal niteliğini sınırlayabilmektedir. Nitekim Coal Drops Yard örneğinde, lüks tüketim odaklı kullanım senaryolarının mekânın erişilebilirliğini düşürdüğü ve kamusal kullanımın demokratik yapısıyla çelişebildiği ifade edilmektedir (Öztürk ve Koramaz, 2020). Türkiye'de ise Mecidiyeköy köprü altı düzenlemesi gibi örnekler, benzer bir yaklaşımın yerel ölçekte uygulandığını göstermekte; atıl ulaşım alanlarının peyzaj ve yaya odaklı düzenlemelerle kamusal kullanıma açıldığı görülmektedir (Özübek ve Manisa, 2021).

Bu dönüşüm örnekleri, yeniden işlevlendirme süreçlerinde fiziksel müdahalenin tek başına yeterli olmadığına, mekânın kamusal değer üretme kapasitesinin kullanıcı deneyimi ile doğrudan ilişkili olduğuna işaret etmektedir. Bu bağlamda atıl alanların yeniden kentsel yaşama kazandırılmasında mekânsal niteliklerin belirleyici bir rol üstlendiği kabul edilmektedir.

Bu çerçevede, yeniden işlevlendirilmiş kentsel alanların değerlendirilmesinde mekânsal kalite ve kullanıcı memnuniyeti temel analiz ölçütleri olarak ele alınmaktadır.
Mekânsal kalite, literatürde yapının yeni kullanım senaryosuna uyum düzeyini açıklayan ve başta işlevsel, teknik, estetik ve sosyo-ekonomik boyutlar olmak üzere çeşitli bileşenler üzerinden tartışılan bütüncül bir kavramdır (Voordt ve Wegen, 2005; Can, 2021). Kullanıcı memnuniyeti ise mekân deneyimi sonucunda oluşan fiziksel ve algısal geri bildirimlerin kullanıcı beklentileriyle örtüşme düzeyini ifade etmektedir (Uşma ve Akıncı, 2021). Bu iki kavram, kamusal mekânların performansını değerlendirmede birbirini tamamlayan göstergeler olarak birlikte ele alınmaktadır.
Bu çalışma kapsamında, İstanbul Kadıköy'de Söğütlüçeşme YHT hattı viyadükleri altında konumlanan Terminal Kadıköy projesi, mekânsal kalite ve kullanıcı memnuniyeti ilişkisi çerçevesinde incelenmiştir. Yaklaşık 40 dönümlük bir alana yayılan proje, 11 yatay ve 1 dikey sokaktan oluşan açık hava kurgusuna sahip çok işlevli bir kültür ve yaşam alanı olarak tasarlanmıştır. Mevcut viyadük strüktürünün korunarak yeniden işlevlendirilmesi, yıkım gerektirmeyen yaklaşımıyla karbon salımını azaltmayı hedefleyen sürdürülebilir bir dönüşüm modeli sunmaktadır. Araştırmada öncelikle mekânsal kalite, kullanıcı memnuniyeti ve kullanım sonrası değerlendirme (KSD) kavramlarına ilişkin kuramsal çerçeve oluşturulmuştur. Ardından Terminal Kadıköy örneği üzerinden kullanım sonrası değerlendirme yöntemi kapsamında elde edilen veriler doğrultusunda mekânsal kalite kriterlerinin kullanıcı memnuniyeti üzerindeki etkisi analiz edilmiştir. Bu kapsamda mekânsal kalite göstergeleri ilgili literatür doğrultusunda işlevsel, teknik, estetik ve sosyo-ekonomik boyutlar altında ele alınmış; atıl ulaşım altyapılarının yeniden işlevlendirilmesinin kamusal mekân üretimi ve kullanıcı deneyimi üzerindeki etkileri ortaya konulmuştur.

2. KAVRAMSAL ÇERÇEVE

Atıl alanların başarılı ve sürdürülebilir bir şekilde kente kazandırılması, fiziksel dönüşümün yanı sıra kullanıcı algısını, memnuniyetini ve kamusal kullanım potansiyelini göz önünde bulunduran mekânsal kalitenin sağlanmasına bağlıdır (Kızıltaş ve Masatlıoğlu, 2024). Bu doğrultuda çalışmanın kuramsal zemini; fiziksel performansın karşılığı olan mekânsal kalite, bu kalitenin kullanıcı üzerindeki yansıması olan kullanıcı memnuniyeti ve bu ilişkinin değerlendirilmesini sağlayan kullanım sonrası değerlendirme kavramları üzerinden kurgulanmıştır.

2.1. Mekânsal Kalite

Mekânsal kalite, bir yapının fiziksel çevre denetimi performansının (ısıtma, soğutma, aydınlatma, akustik, güvenlik, nem vb.) kullanıcı konforunu sağlama ve mekânın yeni işlevinin gerektirdiği gereksinimleri karşılayabilme düzeyi olarak tanımlanmaktadır (Aydın ve Yaldız, 2010; Uşma ve Çardak, 2023). Biçim, işlev ve teknik performans arasındaki uyumu ifade eden somut parametrelerin yanı sıra algısal nitelikler, kültürel değerler ve sembolik anlamlar gibi soyut boyutları da kapsayan çok katmanlı bir yapıya sahiptir (Aydın ve Yaldız, 2010). Bu nedenle mekânsal kalite yalnızca fiziksel konfor koşullarıyla sınırlı olmayıp, kullanıcının mekânı algılama, deneyimleme ve benimseme biçimiyle doğrudan ilişkilidir.
Özellikle yeniden işlevlendirilen yapılarda mekânsal kalite, mevcut strüktürün fiziksel özellikleri ile yeni işlevin gereklilikleri arasındaki uyum üzerinden şekillenmektedir (Aydın ve Yaldız, 2010; Uşma ve Çardak, 2023). Mekânsal organizasyonun insan eylemlerini desteklemesi ve kullanılan malzeme niteliği gibi performans unsurları da bu kaliteyi belirleyen temel etkenler arasında yer almaktadır (Can, 2021). Bu uyumun sağlanamadığı durumlarda, özgün işlevini yitirmiş alanların kullanıcı tarafından benimsenmesi ve sürdürülebilir biçimde kullanılması zorlaşabilmektedir. Bu bağlamda, yapısal özelliklerin mekânın kimliğini ve karakterini yansıtacak biçimde korunması, mekânsal kalitenin sürdürülebilirliği açısından önemli bir unsur olarak değerlendirilmektedir.

2.2. Kullanıcı Memnuniyeti

Kullanıcı memnuniyeti, kullanıcı ile yapı arasındaki etkileşim süreci sonunda mekânın kullanıcı ihtiyaçlarını, beklentilerini ve psikolojik konforunu karşılama performansı olarak tanımlanmaktadır (Hamida ve Hassanain, 2020). Genel anlamda memnuniyet; bir sistem, ürün veya hizmet kullanımından kaynaklanan fiziksel, bilişsel ve duygusal tepkilerin mevcut beklentilerle ne ölçüde örtüştüğünü ifade eden bütüncül bir durumdur (Uşma ve Akıncı, 2021). Yapının fiziksel ve işlevsel tasarımının yanı sıra

teknik performansının birey üzerinde bıraktığı etki, memnuniyet düzeyini belirleyen temel unsurlardan biridir (Hamida ve Hassanain, 2020).
Bu doğrultuda nitelikli bir mekânsal kurgu, kullanıcının mekânı benimsemesini ve kendini o alana ait hissetmesini destekleyerek memnuniyet düzeyini doğrudan yükseltmektedir (Uşma ve Akıncı, 2021).
Kamusal mekânlarda kullanıcı memnuniyeti yalnızca bireysel konforla sınırlı olmayıp; erişilebilirlik, güvenlik, sosyal etkileşim ve aidiyet hissi gibi kolektif kullanım deneyimini belirleyen unsurları da kapsamaktadır. Bu nedenle kullanıcı memnuniyeti, yeniden işlevlendirilmiş alanlarda koruma ve kullanım dengesinin sürdürülebilirliğini belirleyen kritik bir performans göstergesi olarak değerlendirilmektedir. Güncel kullanıcı ihtiyaçlarına yanıt veremeyen mekânlar, memnuniyet düzeyinin düşmesiyle birlikte kullanıcı tarafından zamanla terk edilme eğilimi gösterebilmekte; buna karşılık yüksek mekânsal kalite algısı, kullanıcı ile mekân arasında daha güçlü ve sürekliliği olan bir etkileşim kurulmasını desteklemektedir (Bekar ve Cürgül, 2024; Hamida ve Hassanain, 2020; Uşma ve Akıncı, 2021).

2.3. Kullanım Sonrası Değerlendirme (KSD)

Kullanım sonrası değerlendirme (KSD), bir yapının kullanıma açılmasından belirli bir süre sonra performansının teknik, işlevsel, estetik ve kültürel açılardan sistematik biçimde değerlendirilmesi sürecidir (Preiser vd., 1988). Kullanım sonrası değerlendirme çalışmaları, yapılı çevrenin kullanıcı gereksinimlerini karşılama düzeyini sorgulayan ve kullanıcı deneyimini merkeze alan bir değerlendirme yaklaşımıdır (Yaldız ve Asatekin, 2016). Bu yöntem; tasarım ve kullanım sürecinde ortaya çıkan sorunların belirlenmesini, kullanıcı geri bildirimleri doğrultusunda mekânsal niteliğin geliştirilmesini ve gelecekteki projeler için veri üretilmesini amaçlamaktadır (Parlak ve Şeker, 2025; Cebe vd., 2019).
Yeniden işlevlendirilmiş yapılarda kullanım sonrası değerlendirme, yeni kullanım kararlarının yapının fiziksel özellikleriyle uyumunu değerlendiren önemli bir geri besleme aracı olarak kullanılmaktadır (Yaldız ve Asatekin, 2016). Bu yönüyle, yalnızca mevcut kullanıcı memnuniyetini ölçen bir yöntem değil; aynı zamanda yeniden işlevlendirme projelerinin uzun vadeli sürdürülebilirliğini değerlendirmeye katkı sağlayan bir analiz aracı olarak da önem taşımaktadır.
Sonuç olarak; mekânsal kalite yapının fiziksel ve algısal temelini oluştururken, bu kalitenin kullanıcı üzerindeki karşılığı memnuniyet olarak ortaya çıkmaktadır. Kullanım sonrası değerlendirme ise bu iki kavram arasındaki ilişkiyi kullanıcı deneyimi üzerinden değerlendiren bir yöntemdir.

3. YÖNTEM

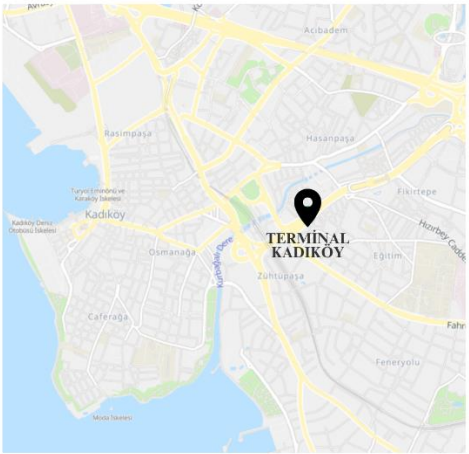
Terminal Kadıköy örneğinde mekânsal kalite ile kullanıcı memnuniyeti arasındaki ilişkinin incelenmesinde kullanım sonrası değerlendirme (KSD) yöntemi kullanılmıştır. Araştırma, nitel ve nicel veri toplama tekniklerinin birlikte kullanıldığı karma metodoloji yaklaşımı doğrultusunda kurgulanmıştır. Bu kapsamda çalışma, kullanıcı deneyimini merkeze alan uygulamalı bir araştırma niteliği taşımaktadır.
Araştırma kapsamında öncelikle literatür taraması gerçekleştirilerek yeniden işlevlendirilen kentsel alanlar, mekânsal kalite parametreleri ve kullanıcı memnuniyeti kavramları incelenmiştir. Literatür değerlendirmesi sonucunda, yeniden işlevlendirme projelerinde öne çıkan mekânsal kalite göstergeleri belirlenmiş ve araştırmanın kavramsal çerçevesi oluşturulmuştur. Ardından Terminal Kadıköy örneği üzerinden mekânın kullanım biçimleri, dolaşım kurgusu, kamusal kullanım potansiyeli ve kullanıcı deneyimi değerlendirilmiştir.
Çalışmada, Terminal Kadıköy'ün mekânsal performansını analiz etmek amacıyla işlevsel, teknik, estetik ve sosyo-ekonomik performans olmak üzere dört temel değerlendirme başlığı oluşturulmuştur. Bu değerlendirme kriterleri, mekânsal kalite ve kullanım sonrası değerlendirme literatüründe yer alan çalışmalar doğrultusunda geliştirilmiştir. Araştırma kapsamında, Terminal Kadıköy'ü deneyimleyen kullanıcılarla 5'li Likert tipi ölçekten (1: Kesinlikle Katılmıyorum – 5: Kesinlikle Katılıyorum) oluşan 25 soruluk anket çalışması yürütülmüştür. Anket çalışması tesadüfi örnekleme yöntemi doğrultusunda gerçekleştirilmiş olup örneklem grubunu 18 yaş ve üzerindeki 45 kullanıcı oluşturmaktadır.
Katılımcılar gönüllülük esasına göre belirlenmiş, veriler Mayıs 2026 tarihinde gerçekleştirilen yerinde anket çalışmasıyla elde edilmiştir. Anket formu; erişilebilirlik, konfor, estetik algı, sosyal kullanım ve kamusal aidiyet gibi kullanıcı deneyimini etkileyen mekânsal kalite bileşenlerini değerlendirmeye

yönelik hazırlanmıştır. Elde edilen veriler yüzde dağılımları üzerinden analiz edilmiş ve kullanıcı memnuniyet düzeyleri mekânsal kalite başlıkları doğrultusunda yorumlanmıştır.
Bulgular, yeniden işlevlendirilen ulaşım altyapılarının kullanıcı deneyimi ve kamusal kullanım üzerindeki etkilerini Terminal Kadıköy örneği üzerinden ortaya koymaktadır.

4. ALAN ÇALIŞMASI: TERMİNAL KADIKÖY

İstanbul'un Anadolu yakasında, sosyal canlılığı ve ulaşım ağlarının merkezinde yer alan Kadıköy ilçesinde hayata geçirilen Terminal Kadıköy projesi, Söğütlüçeşme Tren İstasyonu'nun altında konumlanmaktadır. Yaklaşık 27.000 metrekarelik bir alana yayılan bu uygulama, metrobüs, Marmaray ve Yüksek Hızlı Tren (YHT) gibi ulaşım sistemlerinin kesişim noktasındaki atıl demiryolu viyadüklerinin yeniden işlevlendirilmesi esasına dayanmaktadır (Şekil 1). Tarihsel süreçte demiryolu altyapısının gelişimiyle rekreasyonel değerini yitirerek bir kayıp mekân haline gelen bu bölge, proje kapsamında gerçekleştirilen kentsel akupunktur müdahalesiyle atıl bir altyapıdan aktif bir kamusal alana dönüştürülmüştür.
Projenin temel tasarım felsefesi, mevcut viyadük yapısını kentsel bir sınır olarak değil, topluluk yaşamını destekleyen bir omurga olarak kurgulamak üzerine inşa edilmiştir. Bu doğrultuda, viyadüğün altına ve yanına yerleştirilen endüstriyel çelik çerçeveli modüler bir iskele sistemi tercih edilerek; düşük karbon ayak izine sahip, sürdürülebilir ve düşük etkili bir mimari strateji izlenmiştir (URL-1).
Mekânsal kurgusu itibarıyla geleneksel çarşı kültürünü modern bir yaklaşımla yorumlayan proje, açık hava yerleşimiyle kentle geçirgen bir ilişki kurmaktadır. Viyadüğün 6,5 metreye ulaşan en yüksek noktalarına yerleştirilen farklı boyutlardaki hacimler, iç geçitler ve canlı sosyal koridorlar oluşturarak mekânsal bir süreklilik sağlamayı hedeflemiştir (Buzlu, 2025).

TERMİNAL KADIKÖY	
Konum	Söğütlüçeşme, Kadıköy / İstanbul
Mimari Tasarım	Tabanlıoğlu Mimarlık
İç Mekân Tasarımı	TA_Tabanlıoğlu Mimarlık & Autoban
Tamamlanma Yılı	2025
Toplam Alan	~26.575 m²
Proje Tipi	Yeniden İşlevlendirme (Ulaşım, Ticaret, Kültür)
Ana İşlevler	Restoran, Perakende ve Performans Merkezi



Şekil 1. Terminal Kadıköy künyesi (Hünük, 2026).

Alanın içeriğinde 19 restoran, 27 sokak yemeği büfesi ve 24 perakende biriminin yanı sıra, mekânın kültürel boyutunu güçlendiren 2.500 kişi kapasiteli bir performans sanatları merkezi yer almaktadır. Geri çekilebilir koltuk sistemiyle 632 kişiye kadar oturma düzeni sunabilen bu çok amaçlı salon, tiyatro ve konser gibi etkinliklere ev sahipliği yaparken, doğrudan yeşil bir avluya açılan yapısıyla iç ve dış mekân akışını maksimize etmektedir (URL-1).
Teknik detaylar ve malzeme seçimlerinde, açık hava konseptinin beraberinde getirdiği çevresel faktörlere yönelik müdahaleler gerçekleştirilmiştir. Özellikle kış aylarında kullanıcıların ısıl konfor ihtiyacını karşılamak amacıyla, dış mekân kullanımına uygun radyant ısıtma sistemleri projeye entegre edilmiştir (Ünlü, 2025; Candaş, 2025). Söz konusu sistemlerin, dış çeperdeki rüzgâr akımlarını sınırlamaya yönelik seramik plakalı yapısıyla, açık alanlardaki kullanım süresini artırması hedeflenmiştir (Ünlü, 2025). Çevre peyzajında tercih edilen yabani çiçekler ile endemik ve yerli bitki türleri, görsel bir katman oluşturmanın yanı sıra projeyi çevredeki yoğun trafik gürültüsünden ayıracak fiziksel bir bariyer olarak kurgulanmıştır (URL-1). Sonuç olarak Terminal Kadıköy; semtin sokak kültürünü ve çok katmanlı kimliğini yansıtmayı amaçlayan, sürdürülebilir malzeme seçimlerinin denendiği ve kentsel dokuya eklemlenmeye çalışan bir dönüşüm modeli sunmaktadır.

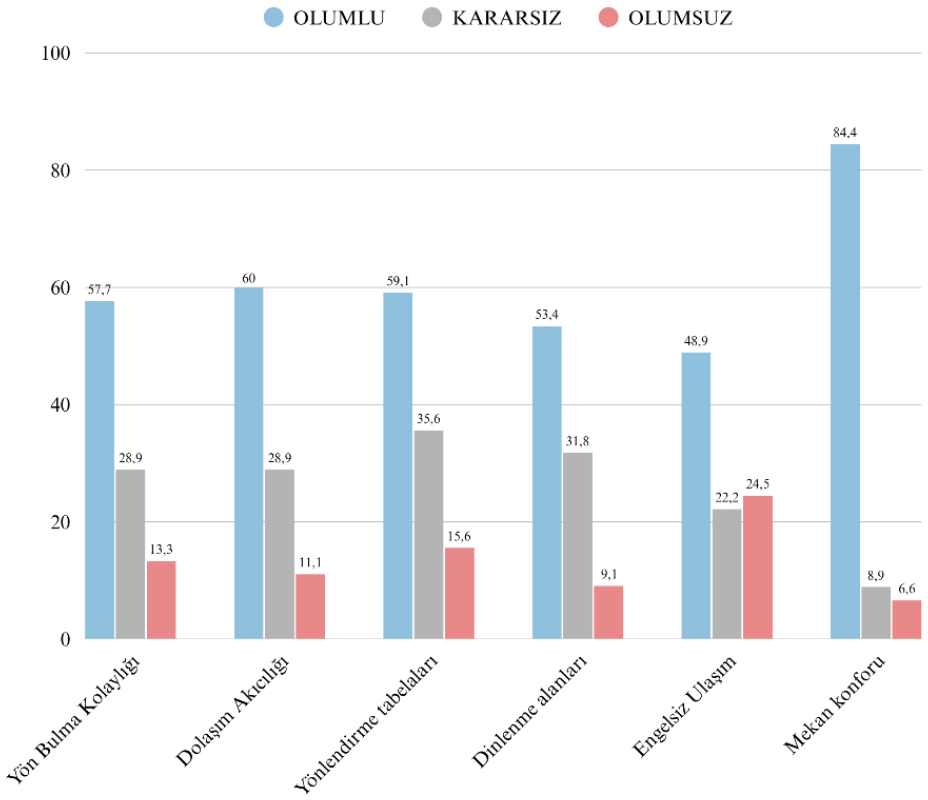
5. ARAŞTIRMA VE BULGULAR

Viyadük altı atıl alanların kentsel yaşama kazandırılması amacıyla hayata geçirilen proje, mekânsal kalitenin kullanıcı memnuniyeti üzerindeki etkisini incelemek açısından önemli bir örnek oluşturmaktadır. Bu kapsamda gerçekleştirilen anket çalışmasından elde edilen veriler; işlevsel, teknik, estetik ve sosyo-ekonomik performans parametreleri doğrultusunda değerlendirilmiştir.

Örneklem grubunun demografik verileri incelendiğinde, katılımcıların yarısından fazlasının (%53,3) 18-24 yaş aralığındaki genç nüfustan oluştuğu görülmektedir. Bu veriler, projenin kullanıcı profilinin büyük ölçüde genç bireylerden oluştuğunu göstermektedir. Bununla birlikte, alanın ulaşım ağlarıyla güçlü bağlantısı, Terminal Kadıköy'ün yalnızca bir geçiş noktası değil, aynı zamanda kullanıcıların kısa süreli vakit geçirdiği bir kamusal alan olarak da kullanıldığını ortaya koymaktadır.

5.1. İşlevsel Performans ve Kullanıcı Deneyimi

Terminal Kadıköy'ün işlevsel performansı, kullanıcıların alandaki eylem biçimleri ve mekânsal kurgunun bu eylemlere yanıt verme kapasitesi üzerinden değerlendirilmiştir. Katılımcıların kullanım sıklığı incelendiğinde, alanın büyük oranda %46,7 ile ayda birkaç kez ve %44,4 ile nadiren ziyaret edilen bir nokta olduğu görülmektedir. Kullanım amaçları açısından mekânın kentsel doku içerisindeki stratejik rolü ön plana çıkmaktadır; nitekim katılımcıların %77,8 gibi baskın bir oranı alanı ulaşım ve aktarma merkezi olarak kullanırken, bu kullanımı yeme-içme faaliyetleri (%53,3), sosyalleşme (%17,8) ve bekleme (%15,6) ihtiyaçları takip etmektedir. Bu veriler, mekânın yalnızca bir geçiş güzergâhı değil, aynı zamanda farklı kullanıcı ihtiyaçlarına yanıt verebilen çok işlevli bir kamusal odak olarak kullanıldığını göstermektedir.



Şekil 2. İşlevsel performans diyagramı (Hünük, 2026)

Mekânsal kalitenin işlevsel göstergelerinden biri olan dolaşım hatlarının verimliliği açısından, katılımcıların %60'ı yürüme yollarını akıcı ve konforlu olarak değerlendirmiştir. Bununla ilişkili olarak mekânın yönlenebilirliği ve okunabilirliği, kullanıcıların alan içerisindeki hareket deneyimini doğrudan belirleyen temel bir unsur olarak öne çıkmaktadır. Ankete katılanların %57,7'si gitmek istediği noktayı kolayca bulabildiğini, %59,1'i ise yönlendirme tabelalarının ve işaretlerin yeterli düzeyde olduğunu

ifade etmiştir. Bu bulgular, kullanıcıların önemli bir bölümünün alan içerisindeki dolaşımı anlaşılır ve okunabilir olarak değerlendirdiğini göstermektedir.

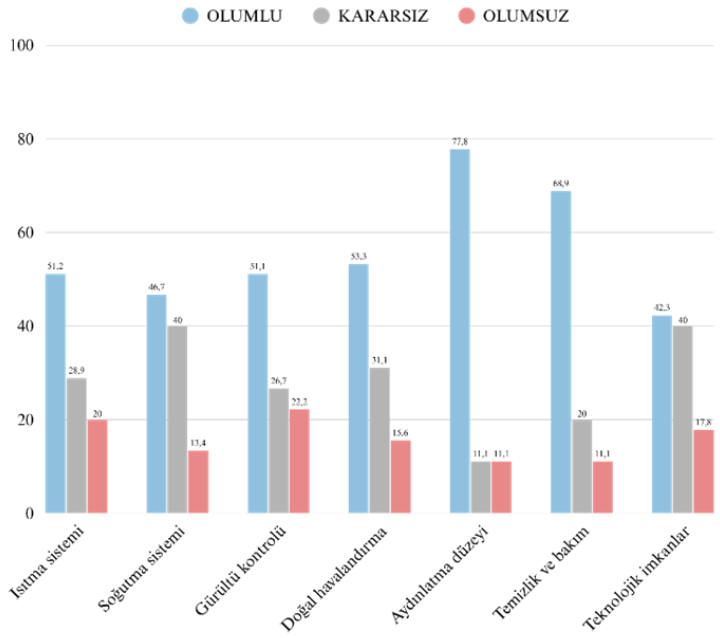
Teknik ve işlevsel donatıların yeterliliği kapsamında, oturma ve dinlenme alanlarının sayısı katılımcıların %53,4'ü tarafından olumlu karşılanmıştır. Bununla birlikte, mekânın kapsayıcılığına dair kritik bir gösterge olan engelsiz ulaşım parametresinde, katılımcıların %48,9'u alanın her noktasına sorunsuz erişebildiğini belirtmiştir (Şekil 2). Bu oran, diğer işlevsel göstergelere kıyasla daha düşük bir memnuniyet düzeyine işaret etmekte ve fiziksel erişilebilirliğin, mekânsal kalitenin geliştirilmesi gereken bileşenlerinden biri olduğunu ortaya koymaktadır.

İşlevsel performans parametreleri bütüncül olarak değerlendirildiğinde, Terminal Kadıköy'ün çevredeki yoğun ulaşım hatları arasında ihtiyaç duyulan konforlu bir bekleme ve mola noktası olma işlevini %84,4 gibi yüksek bir memnuniyet oranıyla karşıladığı görülmektedir. Kullanıcıların büyük çoğunluğunun bu görüşte birleşmesi, alanın kamusal kullanım açısından olumlu algılandığını ve işlevsel bir bekleme ve mola noktası olarak değerlendirildiğini göstermektedir.

5.2. Teknik Performansın Konfor Üzerindeki Etkisi

Terminal Kadıköy projesinin teknik performansı, viyadük altı gibi fiziksel çevre denetimi açısından zorlayıcı bir alanın kullanıcı konforuna sağladığı katkı üzerinden analiz edilmiştir. Yapının teknik bileşenleri içinde en yüksek memnuniyet oranına sahip parametre aydınlatma kalitesidir; katılımcıların %77,8 gibi belirgin bir çoğunluğu mekândaki aydınlatmayı yeterli bulmuştur. Özübek ve Manisa (2021), kentsel planlamada çoğu zaman göz ardı edilen ve güvensiz alanlara dönüşebilen viyadük altlarında uygulanan nitelikli aydınlatma çözümlerinin, kullanıcı güvenliği ve mekânsal algı üzerinde olumlu etkiler yarattığını vurgulamaktadır. Bu bağlamda elde edilen yüksek memnuniyet oranı, aydınlatma tasarımının kullanıcı güvenliği ve mekânsal algı üzerindeki etkisini destekler niteliktedir.

Yarı açık kentsel mekânlarda teknik performansın en kritik bileşenlerinden biri olan iklimlendirme ve ısıl konfor parametrelerinde ise mevsimsel değişkenlere bağlı olarak farklı kullanıcı eğilimleri gözlenmektedir. Kış aylarındaki ısıl konfor (ısıtma) performansına yönelik değerlendirmelerde, katılımcıların %20'si olumsuz görüş bildirirken, %28,9'u bu konuda nötr bir tutum sergilemiştir. Yaz aylarındaki soğutma performansında ise katılımcıların %46,7'si mekânı yeterli bulurken, %40 gibi yüksek bir oran bu parametrede kararsız kalmıştır. Bu veriler, açık hava konseptine sahip viyadük altı alanlarda doğal havalandırma stratejisinin ve teknolojik ısıtma çözümlerinin kullanıcı konforu üzerindeki etkisinin, çevresel faktörler ve mevsimsel geçişlerle yakından ilişkili olabileceğine işaret etmektedir.

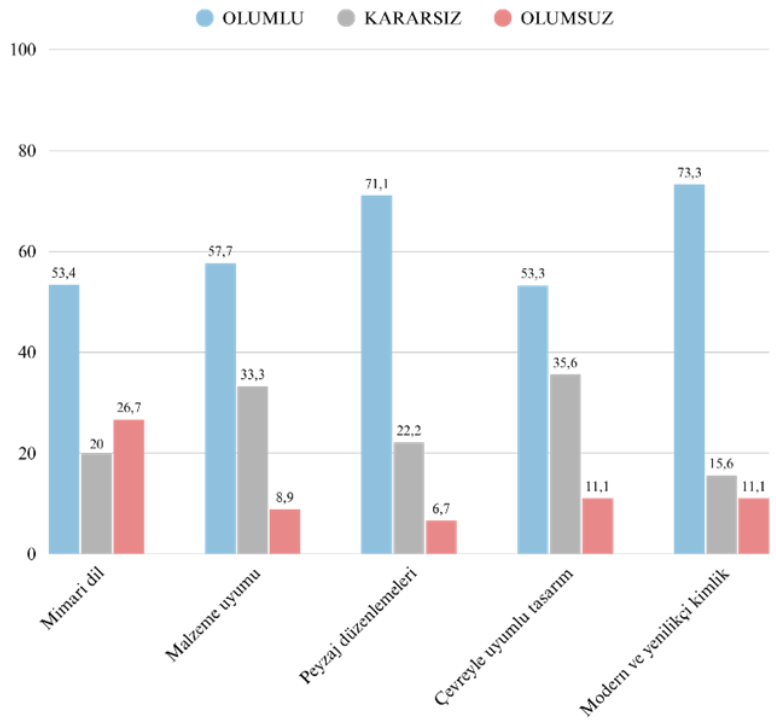


Şekil 3. Teknik performans ve fiziksel konfor diyagramı (Hünük, 2026)

Mekânın teknik kalitesini destekleyen teknolojik altyapı parametresi kapsamında elektrik prizleri, internet erişimi ve dijital kullanım olanaklarının yeterliliğine ilişkin değerlendirmelerde katılımcıların %42,3'ü olumlu görüş bildirmiş, %40'lık bir kesim ise kararsız kalmıştır. Bu dağılım, söz konusu teknolojik imkânların mekân içerisinde tamamen görünür ve sürekli bir kullanım deneyimi üretmediğini, kullanıcıların önemli bir bölümünün bu altyapıyı ya sınırlı düzeyde deneyimlediğini ya da ihtiyaçlarına doğrudan yanıt alıp alamadığı konusunda net bir yargıya ulaşamadığını göstermektedir. Mekânsal kalitenin sürdürülebilirliğini sağlayan operasyonel süreçlerden temizlik ve bakım düzeyi ise kullanıcılar tarafından %68,9 oranında olumlu karşılanmıştır; katılımcıların %20'si ise bu konuda kararsız kalmıştır (Şekil 3). Bu veriler, viyadük altı gibi çevresel kirliliğe açık alanlarda yüksek bakım standartlarının korunmasının, mekânın estetik ve işlevsel cazibesini sürdürmek adına temel bir kalite göstergesi olduğunu ortaya koymaktadır.
Teknik performans parametreleri bütüncül olarak değerlendirildiğinde; Terminal Kadıköy'ün atıl bir altyapıyı işlevselleştirirken sunduğu aydınlatma kalitesi ve yüksek bakım standartları ile mekânsal kaliteye önemli bir katkı sağladığı görülmektedir. Ancak soğutma ve ısıtma parametrelerindeki göreceli kullanıcı çekinceleri, bu tür yeniden işlevlendirme projelerinde yaşanabilirlik performansının fiziksel çevre koşullarına ne denli duyarlı olduğunu ve teknik kalitenin kullanıcı memnuniyetini artırmak için sürekli denetlenmesi gereken dinamik bir süreç olduğunu teyit etmektedir.

5.3. Estetik Performans ve Kent Kimliği İlişkisi

Mekânın görsel ve algısal nitelikleri, kullanıcıların bir alanı tanımlı bir yer olarak kodlamasında ve kentsel kimlik ile ilişki kurmasında belirleyici bir rol oynamaktadır. Terminal Kadıköy'e ilişkin bulgularda, katılımcıların %53,4'ü alanın genel atmosferi ve mekânsal dili açısından olumlu görüş bildirmiş, %26,7'lik bir kesim ise olumsuz değerlendirmede bulunmuştur. Bu durum, estetik algının kullanıcılar arasında farklı düzeylerde değerlendirildiğini göstermektedir.
Mekânda kullanılan malzemelerin uyumuna ilişkin değerlendirmelerde olumlu görüş oranı %57,7 olarak belirlenirken, %33,3'lük önemli bir kesim kararsız kalmıştır. Kararsızlık oranının görece yüksek olması, malzeme kullanımına ilişkin kullanıcı değerlendirmelerinin tam olarak ortaklaşmadığını göstermektedir. Buna karşılık yalnızca %8,9'luk düşük bir olumsuz oran, malzeme kullanımına ilişkin temel bir reddin olmadığını, ancak algısal netlik eksikliğinin baskın olduğunu göstermektedir.



Şekil 4. Estetik performans diyagramı (Hünük, 2026)

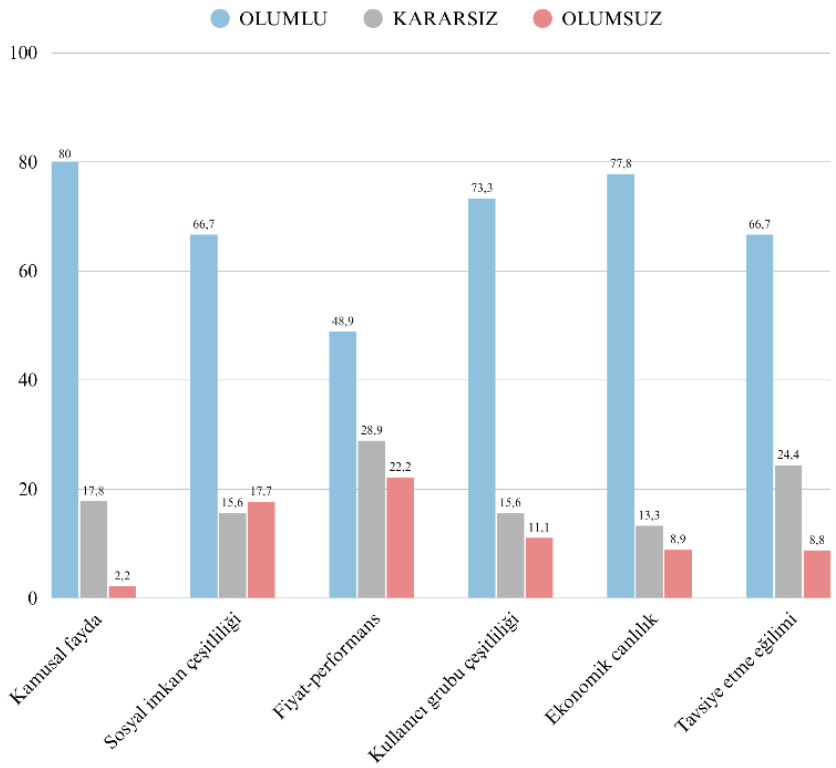
Peyzaj düzenlemelerinin mekân atmosferine katkısına ilişkin bulgular ise daha güçlü bir olumlu eğilim göstermektedir. Katılımcıların %71,1'i peyzaj unsurlarını mekânsal deneyimi destekleyici bulurken, yalnızca %3'lük bir kesim olumsuz görüş bildirmiştir (Şekil 4). Bu sonuç, açık alan ve yeşil tasarım bileşenlerinin estetik deneyim üzerinde doğrudan ve belirleyici bir etkiye sahip olduğunu göstermektedir.

Elde edilen bulgular bütüncül olarak değerlendirildiğinde, Terminal Kadıköy'de estetik performansın en güçlü bileşeninin peyzaj ve açık alan kurgusu olduğu; buna karşılık malzeme dili ve genel atmosfer algısının daha değişken ve kullanıcı gruplarına göre farklılaşan bir yapı sergilediği görülmektedir. Bu durum, estetik kalitenin yalnızca görsel modernlik üzerinden değil, peyzaj, malzeme organizasyonu ve mekânsal atmosferin birlikte ürettiği çok katmanlı bir algısal sistem üzerinden değerlendirilmesi gerektiğini göstermektedir. Terminal Kadıköy örneğinde bu çok katmanlı yapı, mekânın kent kimliğiyle ilişkisini güçlendiren ancak kullanıcı deneyiminde tam anlamıyla homojenleşmemiş bir estetik karşılık üretmektedir.

5.4 Sosyo-Ekonomik Performans ve Kamusal Katkı

Terminal Kadıköy'ün kentsel dokuya katkısı, atıl bir ulaşım altyapısının fiziksel dönüşümünün ötesinde sosyal ve ekonomik yeniden üretim süreçlerini tetikleyen bir kamusal mekânlaşma örneği olarak değerlendirilmektedir. Bulgular, katılımcıların %80'inin uzun süre işlevsiz kalmış viyadük altı bir alanın kamusal kullanıma açılmasını yüksek düzeyde faydalı bulduğunu göstermektedir. Bu durum, alanın kentsel bağlamla ilişkisi zayıflamış, işlevsizleşmiş bir mekânsal boşluk niteliğinden çıkarak aktif bir kentsel odak hâline geldiğine işaret etmektedir.

Sosyal kullanım verileri, mekânın farklı kullanıcı grupları arasında karşılaşma ve birlikte kullanım üretme kapasitesine sahip olduğunu göstermektedir. Katılımcıların %73,3'ü alanın çeşitli yaş ve sosyal grupları bir araya getirdiğini belirtirken, %66,7'lik bir oran alanın sosyal imkânlar (kafe, etkinlik alanı vb.) açısından yeterli çeşitlilik sunduğunu ifade etmektedir. Buna karşılık %15,6'lık kararsızlık oranı, sosyal donatı çeşitliliğinin bazı kullanıcılar açısından tam olarak okunamadığını veya kullanım yoğunluğuna bağlı olarak değişken algılandığını göstermektedir. Bu bulgular, kullanıcıların alanın sunduğu sosyal imkânları ve kullanım çeşitliliğini genel olarak olumlu değerlendirdiğini göstermektedir.



Şekil 5. Sosyo-ekonomik performans ve kamusal katkı diyagramı (Hünük, 2026)

Kullanıcı deneyimine ilişkin değerlendirmede katılımcıların %66,7'si Terminal Kadıköy'de vakit geçirmekten keyif aldığını belirtmiş, %9'luk bir kesim ise kararsız kalmıştır (Şekil 5). Bu sonuç, mekânın genel atmosferi ve kullanım senaryosunun kullanıcı deneyimi açısından büyük ölçüde olumlu karşılık bulduğunu, ancak deneyimin tüm kullanıcı grupları için eşit derecede güçlü bir karşılık üretmediğini göstermektedir.

Ekonomik performans açısından katılımcıların %77,8'i alanın bölgesel canlılığa katkı sağladığını ifade etmektedir. Bu sonuç, yeniden işlevlendirilen kentsel altyapıların çevresel çekim gücü oluşturarak ekonomik aktiviteyi desteklediğini göstermektedir. Terminal Kadıköy'de yer alan ticari birimler, bu canlanmanın mekânsal taşıyıcıları olarak öne çıkmaktadır. Bununla birlikte, fiyat–performans dengesine ilişkin %28,9 oranındaki kararsızlık, ekonomik sürdürülebilirlik açısından dikkat çekici bir kırılganlık alanına işaret etmektedir. Bu durum, kamusal mekânların giderek ticarileşmesiyle birlikte erişilebilirlik ve kapsayıcılık arasındaki dengenin yeniden düşünülmesi gerektiğini göstermektedir.

Elde edilen bulgular, yüksek memnuniyet ve tavsiye eğilimi (%66,7) ile birlikte değerlendirildiğinde, Terminal Kadıköy'ün hem sosyal hem ekonomik düzlemde güçlü bir kamusal kabul ürettiğini göstermektedir. Bu çerçevede proje, atıl kentsel altyapının yeniden işlevlendirilmesi sürecinde mekânsal kalitenin yalnızca fiziksel dönüşümle değil, aynı zamanda sosyal çeşitlilik, kullanıcı deneyimi ve ekonomik canlılık üzerinden kamusal sahiplenmeyi belirleyen temel bir unsur olduğuna işaret etmektedir.

6. SONUÇ VE TARTIŞMA

Terminal Kadıköy projesi, Trancik'in (1986) kayıp mekân olarak tanımladığı, kentsel bağlamla ilişkisi zayıflamış atıl altyapı alanlarının yeniden işlevlendirme yoluyla kamusal yaşama kazandırılabileceğini ortaya koyan bir örnek oluşturmaktadır. Araştırma bulguları, viyadük altı bir ulaşım altyapısının yalnızca fiziksel olarak dönüştürülmediğini; aynı zamanda kullanıcı deneyimini destekleyen işlevsel, teknik, estetik ve sosyo-ekonomik performans bileşenlerine sahip çok boyutlu bir kamusal odak hâline geldiğini göstermektedir.

İşlevsel performans verileri, Terminal Kadıköy'ün ulaşım odaklı kullanım ile kısa süreli sosyalleşme pratiklerini bir arada barındıran hibrit bir kamusal mekân modeli ürettiğini ortaya koymaktadır. Katılımcıların %77,8'inin alanı aktarma ve ulaşım merkezi olarak kullanması, mekânın güçlü ulaşım ağlarıyla entegre olduğunu göstermektedir. Bunun yanında yeme–içme (%53,3), sosyalleşme (%17,8) ve bekleme (%15,6) gibi ikincil kullanım biçimleri, alanın yalnızca bir geçiş noktası değil, çok işlevli bir kamusal ara mekân olarak da kullanıldığını göstermektedir. Dolaşım verimliliğine ilişkin olumlu değerlendirmeler (%60), yön bulma kolaylığı (%57,7) ve yönlendirme yeterliliği (%59,1), lineer mekânsal kurgunun okunabilir bir kullanıcı deneyimi sunduğunu göstermektedir.

Teknik performans açısından en yüksek memnuniyet oranı aydınlatma kalitesinde gözlenmiştir (%77,8). Bu bulgu, viyadük altı alanlarda sıklıkla karşılaşılan düşük güvenlik algısının azaltılmasında aydınlatma tasarımının belirleyici bir rol oynadığını göstermektedir. Temizlik ve bakım düzeyine ilişkin %68,9 oranındaki olumlu değerlendirme de mekânsal süreklilik açısından önemli bir göstergedir. Buna karşılık ısıl konfor ve iklimlendirme parametrelerinde gözlenen kararsız ve olumsuz eğilimler, yarı açık kamusal mekânlarda çevresel kontrolün kullanıcı deneyimi üzerindeki etkisini ortaya koymaktadır. Bu durum, teknik performansın yalnızca görsel değil, iklimsel konfor parametreleriyle birlikte ele alınması gerektiğini göstermektedir.

Estetik performans bulguları, mekânın güçlü bir görsel karakter üretmesine rağmen kullanıcı algısında tam anlamıyla ortaklaşmış bir estetik deneyim oluşmadığını göstermektedir. Peyzaj düzenlemelerine ilişkin yüksek memnuniyet oranı (%71,1), açık alan ve yeşil doku tasarımının kullanıcı deneyiminde belirleyici olduğunu göstermektedir. Buna karşılık malzeme uyumuna ilişkin %33,3 oranındaki kararsızlık, estetik bütünlüğün algısal düzeyde farklılaştığını göstermektedir. Bu durum, estetik performansın yalnızca biçimsel tasarım kararlarıyla değil; peyzaj, malzeme dili ve mekânsal atmosferin birlikte oluşturduğu bütüncül bir yapı üzerinden değerlendirilmesi gerektiğini göstermektedir.

Sosyo-ekonomik performans bulguları, projenin yüksek düzeyde kamusal kabul gördüğünü ortaya koymaktadır. Katılımcıların %80'i viyadük altı atıl alanın yeniden işlevlendirilmesini kent açısından faydalı bulurken, %77,8'i alanın bölgesel ekonomik canlılığa katkı sağladığını belirtmiştir. Ayrıca kullanıcıların %73,3'ü alanın farklı sosyal grupları bir araya getirdiğini ifade etmiştir.

Buna karşılık fiyat–performans dengesine ilişkin %28,9 oranındaki kararsızlık, kamusal kullanım ile ticari işlevler arasındaki dengenin daha dikkatli ele alınması gerektiğini göstermektedir.
Sonuç olarak Terminal Kadıköy, ulaşım altyapısı çevresinde oluşan atıl kentsel boşlukların yeniden işlevlendirilmesine yönelik çok boyutlu bir kamusal mekân üretimi örneği olarak değerlendirilmektedir. Bulgular, mekânsal kaliteye ilişkin olumlu kullanıcı değerlendirmeleri ile kullanıcı memnuniyeti arasında ilişki bulunduğuna işaret etmektedir. Özellikle lineer dolaşım kurgusu ve aydınlatma tasarımı kullanıcı deneyimini güçlendiren temel unsurlar olarak öne çıkarken, peyzaj düzenlemeleri mekânın algısal kalitesini artırmaktadır. Buna karşılık, yarı açık kamusal mekânlarda iklimsel konforun değişkenliği, çevresel tasarım stratejilerinin daha belirleyici bir parametre olarak ele alınması gerektiğini göstermektedir. Bu doğrultuda, gelecekteki benzer projelerde iklim duyarlı tasarım yaklaşımlarının mekânsal kaliteyi destekleyen temel bileşenlerden biri olarak değerlendirilmesi gerekmektedir. Terminal Kadıköy örneği, atıl altyapı alanlarının kullanıcı deneyimiyle ilişkili farklı performans kriterleri dikkate alınarak yeniden değerlendirilmesinin kamusal kullanım açısından olumlu sonuçlar üretebileceğini göstermektedir.

KAYNAKLAR

Aydın, D., & Yaldız, E. (2010). Yeniden kullanıma adaptasyonda bina performansının kullanıcılar üzerinden değerlendirilmesi. *METU Journal of the Faculty of Architecture, 27*(1), 1–22. https://doi.org/10.4305/METU.JFA.2010.1.1

Bekar, İ. Ve Cürgül, T. (2024). Fonksiyonlu Geleneksel Evlerde Kullanıcı-Bina Etkileşiminin Onlıne Yorumlar Üzerinden Değerlendirilmesi: Trabzon Ortamahalle Örneği. *Karadeniz Araştırmaları Enstitüsü Dergisi,* 10 (21), 77-93. https://doi.org/10.31765/karen.1458506

Buzlu, A. C. (2025, Temmuz-Ağustos). Terminal Kadıköy: Çok işlevli modern bir kültür ve yaşam alanı. *Şantiye Dergisi*, (412), 34-39.

Can, M. K. (2021). Kalite Parametrelerinin İç Mekân Tasarımı Özelinde Yorumlanması ve Barselona Tasarım Müzesi Üzerine Bir Değerlendirme. Megaron, 16(3),468-487.

Candaş, T. (2025, Temmuz-Ağustos). Terminal Kadıköy projesi mekanik tesisat ve sürdürülebilirlik çözümleri. *Şantiye Dergisi*, (412), 34-39.

Cebe, M., Özen, N., & Akın, C. T. (2019). Yeniden işlevlendirilen Hasan Paşa Hanı'nın kullanım sonrası değerlendirmesi. *Dicle Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Mühendislik Dergisi, 10*(3), 1145–1163.

Hamida, M. B., & Hassanain, M. A. (2020). Post occupancy evaluation of adaptively reused buildings: Case study of an office building in Saudi Arabia. *Architecture, Civil Engineering, Environment, 13*(1), 29–40.

Karadağ, A., & İncedere, L. (2020). Kentsel belleğin sürdürülebilirliği açısından İzmir'deki endüstri miras alanlarının önemi: Alsancak Liman Ardı Bölgesi örneği. *Ege Coğrafya Dergisi, 29*(1), 57–71.

Kızıltaş F. Z. ve Ersine Masatlıoğlu C. S., (2024). Kentsel Mekânda Kamusallığı Yeniden Kuran Tasarım Yaklaşımları: Taktiksel Şehircilik, Kentsel Akupunktur ve Kentsel Kürasyon, Çukurova Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi, 33 (2), 349-372

Manisa, K., & Özübek, M., (2021). Kentsel Âtıl Alanların İşlevlendirilmesi, Köprü ve Viyadük Alanları Üzerinden Analizi. VI. Uluslararası Kent Araştırmaları Kongresi (s.157-165). Ankara, Turkey

Öztürk, S. S., & Koramaz, E. K. (2020). Endüstri mirasının yeniden işlevlendirilmesi ve Londra Coal Drops Yard alışveriş merkezi örneği. *İstanbul Ticaret Üniversitesi Teknoloji ve Uygulamalı Bilimler Dergisi, 3*(1), 121–135.

Parlak, T. M., & Şeker, N. N. (2025). Yeniden İşlevlendirilen Kültürel Miras Yapılarının Kullanım Sürecinde Değerlendirilmesi: Bigalı Kalesi Örneği. Sanat ve Tasarım Araştırmaları Dergisi, 6(11), 197-216. DOI:10.65660/stardergisi.1540505

Preiser, W. F. E., Rabinowitz, H. Z., & White, E. T. (1988). *Post-occupancy evaluation*. Van Nostrand Reinhold.

Rahmann, H., & Jonas, M. (2011). *Urban voids: The hidden dimension of temporary vacant spaces in rapidly growing cities.* State of Australian Cities National Conference 2011.

Trancik, R. (1986). Kayıp Mekânı Bulmak; Kentsel Tasarım Teorileri. Van Nostrand Reinhold Company, New York.

Uşma, G., & Akıncı, N. F. (2021). Konut yapılarında kullanıcı memnuniyeti üzerine kavramsal bir inceleme. *Journal of Academic Social Science Studies, 14*(86).

Uşma, G., & Çardak, F. S. (2023). Yeniden işlevlendirmede yapının fiziksel çevre denetimi performansının kullanıcı üzerinden değerlendirilmesi. *Nevşehir Hacı Bektaş Veli Üniversitesi SBE Dergisi, 13*(İhtisaslaşma), 119–133.

Ünlü, K. (2025, Temmuz-Ağustos). Terminal Kadıköy projesinde dış mekân konforu ve radyant ısıtma uygulamaları. *Şantiye Dergisi*, (412), 34-39.

Van der Voordt, T. J. M., Van der Wegen, H. B. R. (2005). Architecture in Use: An Introduction to the Programming, Design and Evaluation of Buildings. Bussum: Architectural Press.

Yaldız, E., & Asatekin, G. (2016). Anıtsal yapıların kullanım sürecinde değerlendirilmesine yönelik bir model önerisi. *METU Journal of the Faculty of Architecture*, *33*(2), 161-182.

İnternet Kaynakları

URL-1: Tabanlıoğlu Architects. (2025, 20 Mart). *Terminal Kadıköy / Tabanlıoğlu Architects*. ArchDaily. 02.05.2026 tarihinde https://www.archdaily.com/1038948/terminal-kadikoy-tabanlioglu-architects adresinden erişildi.

PANOPTICON VE SİNEMA: *WALL-E* FİLMİ ÜZERİNE BİR İNCELEME
THE PANOPTICON AND CINEMA: AN ANALYSIS OF THE FILM WALL-E

Bora ÇOLAKOĞLU
İstanbul University, Institute of Social Sciences, M. A. Radio Television and Cinema. İstanbul, Turkey.
ORCID ID: 0009-0002-4744-1025

Assoc. Prof. Dr. Yüksel BALABAN
İstanbul University, Faculty of Communication, Radio, TV and Cinema, İstanbul, Turkey.
ORCID ID: 0000-0001-7083-9598

ABSTRACT
The panopticon, which takes its name after the prison model designed by British philosopher Jeremy Bentham in 1785, means to observe the whole. The main idea underlying the concept of the panopticon is the era's desire to control large populations. Since the dawn of history, humans have instinctively resisted, sometimes passively and sometimes actively, any action that restricted their freedom. On the other hand, humanity has also needed the existence of a superior power. This superior power is sometimes a creator, and sometimes a manager/leader role assigned to a human being. One of the darker aspects of this role is the desire to control power and surveillance. From past to present, the desire for control, particularly by those in power, has transformed the concept of surveillance into a control mechanism. Furthermore, the panopticon, a fundamental concept in both sociology and philosophy, is a type of prison model. This word, a combination of the words "pan" and "opticon," means to monitor a place completely. This model consists of single-room cells arranged in a circular structure, consisting of several floors. Designed to spread surveillance anxiety and fear, these structures appear as a central control tower. From the tower, each cell can be seen individually. However, the occupants cannot see the person monitoring them (Özdağ, 2022). This study will draw on the model developed by Bentham. The model will be examined as a philosophical theory of coercion and power, specifically as a center of power within the framework of what Michel Foucault termed “the eye of power.” In this context, the study aims to examine how the model is presented by analyzing the film *Wall-E*.
Keywords: *Wall-E*, Panopticon, Michel Foucault, Jeremy Bentham, Power.

ÖZET
İsmini İngiliz filozof Jeremy Bentham’ın 1785 yılında tasarlamış olduğu hapishane inşa modelinden alan Panoptikon; bütünü gözetlemek anlamına gelmektedir. Panoptikon kavramının altında yatan ana düşünce dönemin geniş kitleleri kontrol altına alma isteğidir. İnsan, tarihin başlangıcından bu yana içgüdüsel olarak özgürlüğünü kısıtlayan her türlü eylem karşısında bazen pasif bazen de aktif bir direniş içerisine girmiştir. Öte yandan, insanlık üstün bir gücün varlığına da ihtiyaç duymuştur. Bu üstün güç bazen bir yaratıcı, bazen de bir insana yüklenen yönetici / lider rolüdür. Bu rolün karanlık taraflarından birisi ise gücü kontrol etme isteği ve gözetimdir. Geçmişten günümüze özellikle iktidarın kontrolü elinde bulundurma arzusu gözetim anlayışını bir çeşit kontrol mekanizmasına dönüştürmüştür. Öte yandan hem sosyoloji hem de felsefenin temel kavramlarından olan panoptikon, bir çeşit hapishane modelidir. “Pan” ve “Opticon” kelimelerinin birleşiminden oluşan bu kelime bir yeri tamamıyla gözetlemek anlamına gelmektedir. Bu model, yuvarlak bir düzeneğe kurulmuş, birkaç kattan oluşan tek odalı hücrelerden oluşmaktadır. Gözetleme endişesi ve korkusu yaymak için tasarlanan bu yapılar merkezi bir kontrol kulesi olarak karşımıza çıkmaktadır. Kuleden tüm hücreler tek tek görülmektedir. Ancak hücrelerdeki kişiler gözetleyen kişiyi görememektedir (Özdağ, 2022). Bu çalışmada Bentham’ın yarattığı bu modelden yola çıkılacaktır. Model felsefi boyutta bir baskı-iktidar kuramı haline Michel Foucault’un geliştirdiği “iktidarın gözü” olarak tanımladığı kapsamda bir güç odağı olarak ele alınacaktır. Bu bağlamada *Wall-E* filmi ele alınarak modelin nasıl ortaya konulduğunun incelenmesi hedeflenmektedir.
Anahtar Kelimeler: *Wall-E*, Panoptikon, Michel Foucault, Jeremy Bentham, İktidar.

GİRİŞ

Wall-E filmi kendi içerisinde yarattığı distopik evreniyle öne çıkmaktadır. Dünya; iklim krizleri ve insanlığın açgözlülüğü dolasıyla adeta artık içinde yaşanamayacak hale gelmiş, neredeyse dünyanın bütün doğal kaynakları tüketilerek kendini yenilemesine imkânsız bir biçime getirilmiştir. Bu noktada artık insanlığın kendi türünü devam ettirebilmesi olası gözükmemektedir. Bundan dolayı gelişen teknolojiyle beraber insanlar dünyaya çekidüzen vermesi için "Wall-E" adını verdikleri gelişmiş robotları üretir ve bu robotlara dünyayı yeniden yaşanabilir hale gelme görevini verirler. Bu süre içerisinde insanlar beş yıllık bir uzay yolculuğuna çıkararak dengesi bozulan dünyanın toparlanmasını beklemek üzere gezegeni terk eder. Bu bağlamda kapitalizmin insan doğasını değiştirdiği ve bu kapsamda doğal kaynaklara da tehdit haline geldiği görülmektedir. İnsanların yaşadığı uzay gemisinin (Axiom'un) içerisinde ise daha gelişkin, emperyal ya da tekel halini almış olarak niteleyebileceğimiz bir piyasa döngüsü mevcuttur. Burada uzay gemisinin görevi beş yıl sürecek şekilde tasarlandığı için devamlı bir döngü içinde olduğu görülmektedir. Ne pahasına olursa olsun düzenin kendisini devam ettirmesi ve bu çerçeve içerisinde ise insanların olağan yaşam akışını sürdürmesi gerekmektedir. İnsanların düşünmesini engellemek amacıyla Axiom gemisinde sürekli bir ekran kullanımının olduğu ve bu yolla sürekli olarak uyarıldıkları görülmektedir. Ayrıca, bu durumun gören ve görünen ilişkisi üzerinden güncellenmiş bir "Panoptikon" tasviri çerçevesinde, dolaylı bir gözetim sistemi olarak işlediği anlaşılmaktadır. Bu en temel manasıyla filmin ilerleyen sekanslarında da rastlanacağı gibi bir kontrol mekanizmasına ve insanlığın yine robotlara-yapay zekaya olan bağımlılığını ve Axiom içerisinde Panoptikon kapsamının getirdiği bir sistem olarak yeşil ve tekelci kapitalizm düzeninin işleyişini göstermek üzere kullanılan bir araç olduğunu seyirciye sunmaktadır. Bu noktada ekoloji-iktidar ve diktatorya ideası ile baskı/iktidar-birey ilişkileri tam olarak Foucault'un güncellediği birey-iktidar; yani gözleyen ve gözetlenen şekline uygun biçimde gösterilmektedir. Distopik ve görece yakın bir gelecekte kurgulanan bu evren, teknoloji ve yapay zekâ alanındaki gelişmeler dikkate alındığında günümüzden bütünüyle uzak bir tablo sunmamaktadır. Bu bağlamda *Wall-E*, sürekli gözetim, ekran bağımlılığı ve insani değerlerin aşınması gibi temalar aracılığıyla izleyiciye eleştirel bir bakış açısı kazandırmaktadır. Film, günümüzde sıradan veya olağan kabul edilen bazı olguların gelecekte distopik sonuçlar doğurabileceğini göstererek bir uyarı niteliği taşımaktadır.

Panoptikon Kavramı

Kavramı anlamak ve tam bir sözlüksel karşılığını ortaya koymak ve tarihsel olarak oluşumunu göz ardı etmemek üzere Çoban ve Özarslan'ın derlediği, "Gözün İktidarı" eserinden bir pasajı, olduğu şekliyle, perspektif geliştirmesi için birebir şekilde aktarmakta fayda vardır.

"1813 yılında, yirmi yıldan fazla süren bir çabadan sonra, Jeremy Bentham sonunda Londra'da Panoptikon hapishanesinin inşaat planları üzerinde çalışmaktan vazgeçti. Aslında, Panoptikon kavramının kökeni yıllar öncesine dayanır ve yüzlerce kilometre uzaklıktaki Rusya'nın Cricheff kentine dek uzanır. 1780'de Jeremy Bentham 'm kardeşi, Samuel, Büyük Katherina'nın gözdesi olan Prens Potemkin için birkaç yıl çalışacağı Rusya'ya gider. 1784'de ise Samuel, esasında bir gemi inşa mühendisi olarak çalışmak amacıyla Potemkin'in Cricheff'deki malikânesine gider. Malikânenin temel işlevi Karadeniz'deki donanmaya destek olmaktır, ama tersane ile ilintili imalathanelere ek olarak Cricheff'de cam imalatı, çelik imalatı, dericilik, damıtılmış içki imalatı, bira imalatı gibi birçok başka endüstriler de bulunmaktadır. Samuel Bentham yetkili birkaç yardımcısıyla birlikte, çok sayıda Rus köylüsünün çalıştığı malikânenin tüm yönetiminin sorumluluğunu üzerine alır. Bu sıralarda, bir mucit ve mühendislik dehası olan Samuel Bentham, merkezi denetim ilkesine dayanan ve bu sayede çok sayıda işçinin denetim altında tutulmasını sağlayan Panoptikon'u tasarlar." (Bentham, J., Pease-Watkin, C., & Werret, S., 2016, s.78-79).

Ek olarak yine 'Panopticon' kavramının politik olarak değerlendirilmesine ve yine güncel haliyle incelemekte olduğumuz *Wall-E* filmindeki gözetleme ve ekran fikrinin vücut bulmasına dair şu paragrafı aktarmakta da yarar vardır;

"Başka bir deyişle, panoptik gözetim literatürü esas olarak Panoptikon kavramını yeni teknolojik gelişmelere uyarlamaya odaklanmıştır. Panoptik gözetimin evrimini izleyen literatürde dört tema vardır. Birinci tema, İngiliz filozof Jeremy Bentham tarafından 18. yüzyılın sonlarında ortaya konan Panoptikon'un temelleri ve planlarıdır. İkinci tema, Foucault'nun Panoptikon yorumu ve panoptizmin 1970'lerde hapishaneden topluma yayılmasıdır.

Üçüncü tema, bilgi teknolojilerindeki gelişmeler ve "Panoptikon 1.0" olarak adlandırılabilecek CCTV sistemleri nedeniyle panoptikon kavramının modern gözetim sistemlerine uygulanmasıdır. Son tema ise, panoptik gözetimin Web 2.0 teknolojilerine ve sosyal medyaya uygulanmasıdır. Literatür, sinoptikon, omnioptikon ve katılımcı Panoptikon gibi Panoptikon'un evrimini ve çeşitli versiyonlarını vurgulamaktadır. Güncel tartışmalar esas olarak sosyal medyanın yaygınlaşmasının bir sonucu olarak ortaya çıkan katılımcı Panoptikon kavramına odaklanmaktadır. Bu tartışma önemlidir çünkü panoptik gözetimin mevcut versiyonu, yani "katılımcı çok yönlü Panoptikon", önceki Panoptikon versiyonlarından önemli ölçüde farklıdır. Ancak, yapıya odaklanan katılımcı çok yönlü Panoptikon literatürü, gizliliğe yönelik potansiyel tehditleri ve siyasi ayrımcılık gibi olumsuz sonuçları ele alan literatürden daha gelişmiştir" (Ateş, 2021, s.204).

Şimdi, bu kavram ışığında Foucault'un yorumunu da aktarmak yerinde olacaktır:

"On sekizinci yüzyılın ikinci yarısına bir korku musallat olmuştur. Şeylerin, insanların, hakikatlerin tümüyle görünürlüğüne engel oluşturan karanlık perdeden, loş uzamdan korkulur. Işığın karşıtı olan gece kırıntılarını dağıtmak, toplumda loş uzam kalmamasını sağlamak, siyasi zorbalığın, hükümdar kaprislerinin, dini batıl inançların, tiranların ve papazların komplolarının, cehaletin göz bağcılığının, salgınların tezgâhlandığı bu karanlık odaları yıkmak. Şatolar, hastaneler, kemiklikler, tutukevleri, manastırlar, Devrim öncesinden itibaren abartılı bir güvensizliği ya da kini kışkırtmıştır, yeni siyasi ve ahlaki düzen bunlar ortadan kaldırılmadan inşa edilemez. Devrim dönemindeki korku romanları, eşkıyaları ve aristokratları, keşişleri ve hainleri anlamlı bir suç ortaklığı içinde barındıran büyük surlardan, kuytuluktan, izbeliklerden ve zindanlardan ibaret fantastik her şeyi sergiler. Ann Radcliffe'in çizdiği tablolarda; dağlar, ormanlar, mahzenler, harabe şatolar, karanlığı ve sessizliğiyle korkutan manastırlar vardır. Oysa, bu hayali uzamlar, oluşturulmak istenen şeffaflık ve görünürlüklerin "karşı figürü" gibidir. O dönemde sık sık başvurulan "kamu görüşünün" bu hükmü, şeylerin biliniyor olacağı ve insanların bir tür dolaysız, kolektif ve anonim bakış tarafından görüleceği olgusuna bağlı olarak iktidarın işleyebileceği bir işlevsellik kipidir. Temel itkisi kamu görüşü olan bir iktidar loş bölgeler karşısında hoşgörülü olamaz. Bentham'ın projesiyle ilgilenilmiş olmasının nedeni, onun "şeffaflığa dayalı iktidar", "gün ışığına çıkarma" yoluyla tabi kılmanın çok farklı alanlara uygulanabilen formülünü vermiş olmasıdır. Panoptik, biraz da "şato" (surlarla çevrili burç) biçiminin kullanılmasıdır; paradoksal olarak, ayrıntılı bir okunabilirlik uzamı yaratmak için." (Foucault, 2012, s.93-94).

AMAÇ VE YÖNTEM

Çalışamada *Wall-E* filmi Bentham'ın Panoptikon teorisi kapsamında incelenecek ve Yapay Zeka-üretim ilişkileri üzerinden film içerisinde yeni bir Panoptikon yaratımı çözümlenecektir. Bu doğrultuda Michel Foucault'un *İktidarın Gözü* eserindeki adaptasyonu kapsamında kuramsal bir sentez gerçekleştirilerek ortaya çıkan sonuçların açıklanması hedeflenmektedir. Çalışmada "betimsel" (tanımlayıcı) metod kullanılmış, bu doğrultuda literatür taraması yapılarak *Wall-E* filminde Bentham'ın Panoptikon teorisiyle, Michel Foucault'un *İktidarın Gözü* eseri kapsamında birey-iktidar ilişkisi kapsamında değişim ve filmdeki kullanıma dair yayınlar taranmıştır.

Wall-E Filminin evreni ve Ütopya, Distopya kavramları

Wall-E filminde, baş karakter Wall-E aracılığıyla tüketim çılgınlığı ve iklim değişikliğinin sonuçları ele alınmakta; insanlığın yaşanmaz hâle getirdiği dünyayı yeniden canlandırma çabası aktarılırken, aşırı tüketimin dünyayı nasıl devasa bir çöp yığınına dönüştürdüğü gözler önüne serilmektedir. Gezegende yaşamın neredeyse tamamen ortadan kalktığı bir ortamda, varlığını sürdüren Wall-E'lerin ve hamamböceklerinin gündelik yaşamını konu alan açılış sekansı, filmin pastel ve toprak tonlarından oluşan renk paletiyle birleşerek eserin tipik bir distopya örneği olarak değerlendirilmesine olanak tanımaktadır.

Distopya kavramına değinirken en basit manasıyla gündelik seyircinin bildiği varsayılan, alışılagelmiş olarak toplumsal bellekte yer etmesi mümkün olan sıradan bilimkurgu türünün portre edilmesine karşı gelişmiş bir kavram olarak karşımıza çıkan anti-ütopya kavramına değinmek yerinde olacaktır. Ütopya, kelimesini ele almak gerekirse ilk önce Ütopya teriminin kökenine ve ortaya çıkışına bakmak gerekir. "16. yüzyılın başlarında İngiliz Sir Thomas More tarafından ortaya çıkartılan bu terim "hiçbir yer" anlamına gelen Yunanca "outopia" ve "iyi bir yer" anlamına gelen "eutopia" kelimelerinden türemiştir.

Bu kombinasyon, var olmayan ama kişinin olmak istediği bir dünyada yaşama isteğini aktarır" (Ertuğrul ve Parlas, 2015). Bu kavramın yaygın kullanımına sebebiyet veren, önayak olan kişi ise 19. yüzyıl itibariyle teorik perspektifle roman ve akademik kavramda ütopya ve distopyayı yeniden tanımlayacak olan Friedrich Engels'tir. Engels; "Ütopik Sosyalizm ve Bilimsel Sosyalizm" eserinde More'un kavramını bilimsel dayanaklara oturtur ve sermaye-birey ilişkisi kapsamında tarihte zaman içinde boy göstermiş ütopyacıları ve tavırlarını eleştirerek bir ek sunar. Engels'in eserinde Fransa ve İngiltere örnekleri görülmektedir. Kârlarını işçileriyle paylaşan İngiltere'de öne çıkan Robert Owens, Fransa'da ise aynı prensipleri teşvik etmesiyle öne çıkan Saint-Simon, Fourier, Cabet ve Pierre Leroux gibi örnekler el alınmaktadır" (Engels, 2012, s.56-65). Distopya kavramına gelecek olursak, bu türün ilk kavramsal olarak ortaya çıkması ise genel kanının aksine, George Orwell'in 1984 eseri olarak biliniyor olsa dahi aslında Yevgeni Zamyatin'in "Biz" eserine dayanmakta ve Distopya kavramı ilk bu eser içerisinde tarih sahnesine çıkmaktadır (Connors, 1974).

***Wall-E* ve İnsanlık kavramının yitirilmesi**

Her şeyin bu kadar otomatikleştiği bir evren çevresinde film boyunca gösterilen denetimin yanı sıra bir ek kavram olarak, görece seyirciden esirgendiği veyahut göz önünde saklandığını savunabileceğimiz bir gizli mesajda aslında filmin büyük bir kısmı boyunca (Axiom'un içinden, Dünya'ya dönene kadar ki süre içerisinde) insan olmak, hayatta kalmak ve yeni bir düzlemde yaşamak görülmektedir.

"*Wall-E* filmi tüketiciliği eleştiriyor ve yıkıcı etkilerini gözler önüne seriyor. Tüketim toplumları aracılığıyla insanlar, şirketlerin hayatlarına hükmetmesine izin veriyor ve tüketimlerinin yol açtığı israfı umursamıyorlar. Filmde, insanlar eylemsizlikten yoksun ve tüketebilecekleri şeylerin dışında etraflarındaki dünyaya ne olduğunu umursamıyorlar. Film, bu ideolojinin yalnızca dünyanın yıkımına yol açmakla kalmayıp, aynı zamanda insanların insanlıklarını da kaybetmelerine neden olduğunu gösteriyor. Dijital dünyalarda yaşıyorlar ve hayatlarında üretken hiçbir şey yapmıyorlar. İnsanların çevrelerini umursamayıp sadece tüketmelerinin neden olabileceği zararı göstererek, *Wall-E* tüm insan izleyicilerine harekete geçme çağrısında bulunuyor. Film, bizden Axiom'daki insanlar gibi olmamamızı ve fiziksel dünyamızı önemsememizi istiyor. Tükettiğimiz ve israf ettiğimiz şeylere dikkat etmemizi istiyor, böylece *Wall-E* 'de sunulan insanlığın kaderinden kaçınabiliriz" (Treadaway, 2019, s.12-13).

Bu kavram film içerisinde çok önemli bir noktaya oturmaktadır. Üç yüzyıllık yolculuk içerisinde dünyayla bağı olan jenerasyon yitirilmiş, ardından soyunu devam ettiren insanlığın aslında özüyle (dünya ile) herhangi bir bağı kalmamış, insanlık neredeyse insansı özellikler taşıyan yeni bir ırk-tür haline evrilmiştir. Film içerisinde insanlığın devamlı kullandığı ve adeta bağımlısı olduğu araçlar bu yitirilişe yegâne örnek niteliği taşımaktadır. Filmin sonunda bir şekilde gelen bitki örneğinin yeniden ekilmesiyle bu bağ onarılmaya çalışılmakta ve böylece bir "köklere dönüş" yaşanmaktadır.

***Wall-E*'de Panoptikon üzerinden Yapay Zeka ve Tekelci Kapitalizmin portre edilişi**

Bu aşamada dikkat edilmesi gereken esas konu her şeyi gören göz olarak yorumlanacak olan Auto karakteridir. Gemide hareket eden, işleyen her kişi-robot ve nesne ona bağlıdır. Kendisinin, içten içe, Stanley Kubrick'in ölümsüz eseri 2001: A Space Odyssey filmindeki HAL 9000 karakterine benzerlik gösterdiği söylenebilir. Nitekim HAL 9000'de, Auto gibi bir yapay zekâ örneği olarak, dünyaya dönmeye çalışan bir uzay gemisini kontrol altına almış ve içerisindeki insanları boyunduruğu altına sokmuştur. Tek farkları Auto karakterinin belirli bir alanda hareket edebilmesidir. (Kaptanla dövüş sahnesinde bu farkı ortaya koyduğunu görebiliyoruz) Burada bir gönderme, daha doğrusu bir karikatürizasyon bulunmaktadır. Bu durum göz önünde bulundurulduğunda, aynı esaslara dayanan baskıcı distopik atmosferin tam anlamıyla bir hegemonya oluşturduğu ve tüm akışı kontrol eden bir "gözlem kulesi" havası yarattığı görülmektedir. Bu düzlemde, gözlemin yegâne temsilcisi film içerisinde tek göz motifiyle öne çıkan Auto olduğundan, aynı zamanda tam anlamıyla tekelci bir kapitalizm örneği de ortaya çıkmaktadır. Yapay zekanın teknolojik gelişimi ve insanlığın gezegeni (Dünyayı) terk edişi doğru orantılıdır. Bu kapsamda Auto da insanlığın yeni bir şeyler keşfetmesini, kendilerini saf dışı bırakmalarını engellemek için büyük bir çaba göstermekte, bunun için "Eve" karakterinin gemiye getirdiği "tanımlanamayan yaşam formunu" yani bitkiyi yok etmeye, eve dönüş yolunu tamamen kapatmaya çalışmaktadır. Bunu, kendi kontrolünden çıkmaya çalışan insanlığı denetim altında tutma; yani pazarın değişim yönünün tersine dönmesini ve kontrolün kaybedilmesini engelleme çabası olarak okumak mümkündür.

Ancak bu Auto karakterinin suçu değil, bu onu bu şekilde programlayan 'BnL' şirketinin yegâne amacıdır. Bu şekilde aslında amaç hiçbir zaman dünyayı restore etmek değildir, filmin ilerleyen hikâye parçalarında, özellikle Amerikan başkanının video sekansında bu inançsızlık ve umutsuzluk gayet ortaya konulmuştur. Bu sahneyle ilgili Michelle Yates şöyle bir görüş belirtiyor:
"Bana göre bu sahne *Wall-E* 'nin çevresel mesajını vurguluyor, ancak uyarıcı bir hikâye olarak değil. Filmin mesajının nihayetinde, CEO/Başkan'ın tavsiye ettiği şey olduğunu savunuyorum: "Yolumuza devam etmeliyiz." Film, insanların mevcut hızlarında tüketmeye ve israf etmeye devam etmesi durumunda ne olacağına dair distopik, kıyamet sonrası bir vizyon sunuyor gibi görünse de filmin anlatı yapısı, hayatlarımızı şu anki gibi yaşamaya devam ettiğimize işaret ediyor. Özellikle *Wall-E'*nin anlatı yapısı, Batı çevreciliğinin karakteristik bir özelliği olan, Carolyn Merchant'ın Cennetvari bir iyileşme anlatısı olarak adlandırdığı bir mitle yakından bağlantılı. *Wall-E* görünüşte tüketimcilik ve mega şirketler aracılığıyla kapitalist topluma önemli bir eleştiri sunarken, bu makale filmin nihayetinde kapitalist toplumu oluşturan iki temel toplumsal kategoriyi kucakladığını ve hatta doğallaştırdığını gösteriyor: emek ve meta biçimi. *Wall-E*'nin mesajı, ekolojik krizi sürdüren ve teşvik eden çağdaş kapitalist sistemin kültürel değerleriyle örtüşmektedir. Bu bağlamda *Wall-E,* ekolojik krizin kökenlerini anlama ve eleştirmedeki başarısızlığıyla güçlü bir "yeşil" kapitalizmin "yolundan sapma" mesajını sunmaktadır" (Yates, 2014, s.526-527).
Yates, burada belirtildiği üzere kapitalizmin varlığını vurgulamaktadır. Burada ele alınışı her ne kadar yeşil-kapitalizm üzerinden olsa da bu bir monopol (tekel-tekeliyet) oluşturduğu gerçeğini değiştirmemektedir. Aksine farklı bir varyasyonla varlığını pekiştirmektedir. Özellikle "BnL" şirketinin sloganın "Buy, Shop, Live" yani satın al, alışveriş et, yaşa olduğunu göz önünde bulundurmamız halinde, uzay gemisi içinde (Axiom'da) bu gayet nitelikli bir tekel kurmanın yegâne bir örneği olarak okunabilmektedir.

Auto ve Panoptikon

Auto, "Buy n Large" (BnL) şirketi tarafından programlanmış ve kukla kaptanın arkasında (serbest piyasanın) şirketin "görünmez eli" konumunda olan ve uzay gemisinde (Axiom'da) her şeyi yöneten yegâne karakterdir. Auto, tanıtım sekansında da görüldüğü üzere, adeta bir bürokrat gibi, kaptanlar değişse dahi sistemin yegâne temsilcisi ve muhafızı olarak her şeyin şirketin önceden planlayıp programladığı şekilde işlemesini sağlayan temel unsurdur. Auto olmadan uzay gemisinin olduğu gibi işlemesi imkansızdır. Bu yönüyle bakmamız halinde Auto'nun film içerisinde Panoptikon kavramını birebir yansıttığı görülmektedir, bu süreçte "her şeyi gören göz" geminin çeşitli yerlerindeki dikiz (kamera) organlarıyla Auto'dur. Auto burada Foucault'un devlet-birey çatışmasını ve sürekli gözlem altında, bireyin özgürlüğünün nasıl kısıtlandığını da göstermektedir. Auto denetleyen, gemideki bireyler ise denetlenen konumundadır. Auto'nun (ve uzay gemisi Axiom'un da) "BnL" şirketi tarafından üretilmiş olması ve kaptanın da bu role özellikle yerleştirilmiş bulunması, sistemsel bir krize ve düzene karşı herhangi bir başkaldırının önlenmesine yönelik bir tedbir olarak yorumlanabilirken, Kaptan'ın Axiom'u dünyaya döndürme talebi ise bir isyan çağrısı olarak okunmalıdır. Çünkü Auto (sistemin) programının (rejimin) dışına çıkamaz ve bu doğrultuda hamle yapması olası olan herhangi bir harekete de izin veremez. Bu noktada Kaptanla (isyancı) olan kavga sahnesi bu rolünü gayet pekiştirir bir konumdadır. Bu yüzden Auto, Panoptikon kavramının yegâne temsilcisi ve uygulayıcısı olarak film içerisinde seyircinin karşısına çıkmakta ve bu çerçevede birey-iktidar kavgası (conflict) içerisinde sistem-iktidar yanında yer alır. Auto'nun aktif rol oynadığı iki sekans boyunca öne çıkan özellikler olarak gördüğümüz iki ana tema vardır. Auto gemi içerisinde bir yöneticiden ziyade (yukarıda belirtildiği üzere her şeyi gören göz veya görünmez el) Mobese (CCTV) temsiliyeti de taşımaktadır. "CCTV genellikle panoptik gözetimin güncel versiyonu olarak tasvir edilir (Lippert, 2009). O suçun gerçekleşmeden önce önlenmesi amacıyla tasarlanmıştır çünkü suç faaliyetine karışılması durumunda gözlemlenme ve cezalandırılma olasılığını artırır" (Deagon, 2015). Bu kaynaklarla da desteklenecegi üzere Axiom içerisindeki Auto bir otorite kurar. Bu doğrultuda Auto yegâne bir bekçi ve düzenin koruyucusu konumundadır, bu yüzden Auto, Wall-E gemiye gelir gelmez onu düzen bozucu olarak algılar ve böyle damgalar. Auto'nun gözünde Wall-E en basit tabiriyle imha edilmesi gereken/ortadan kaldırılması şart olarak görülen bir 'Persona non Grata' yani istenmeyen kişidir. Wall-E'nin direkt bir tehlike, oyun bozucu ve sorunun bir sembolü olarak görülmesi ve ne pahasına olursa olsun, etkisiz hale getirilmesi gerektiği ya da en azından bu şekilde Auto tarafından bertaraf edilmeye çalışılması

gerektiğine karar verilmesi, gemideki diğer robotların da Wall-E'yi leke ya da saf kir olarak görmesiyle beraber Wall-E çöplüğe gönderilir. Ancak bu noktada reformun yüzü/temsili olarak yorumlanması gayet mümkün olan Eve karakterini görürüz. Eve, Wall-E'yi destekler ve gemi en sonunda korku ve bilinçsizlik duvarlarını aşarak dünyaya döner, insanlık uyanır ve rejim el değiştirir. Rejim değişikliğiyle Auto, uysallaşır ve tam manasıyla kaptana tabi duruma gelir.

TARTIŞMA VE SONUÇ

Wall-E filminde Jeremy Bentham'ın teorik temellerine oturttuğu ve daha sonra Michel Foucault tarafından yirminci yüzyıl ortalarında geliştirilen "Panoptikon" kavramının filmde ne ölçüde yer aldığı ve hangi noktalara temas ettiği açıktır. Yirmi birinci yüzyıl içerisinde, bu teorinin film üzerinden "possible tomorrows" (mümkün yarınlar) bağlamında nasıl ortaya çıkabileceği ele alınmıştır. Bu çerçevede, insanlığın tepkisi ve evrilen teknoloji karşısında alacağı konum incelenmiştir. Ayrıca yapay zekânın etkisiyle Axiom uzay gemisi içerisinde insanlığın giderek yitirilmesi süreci değerlendirilmiştir. Bu süreçte ütopya ve distopya kavramlarının teorik bir çerçevede önemli bir rol oynadığı ortaya konulmuştur. Wall-E ve Eve karakterleri üzerinden, değerli olanın korunması ve özün savunulması teması tartışılmıştır. Son olarak, iklim krizine yönelik önlemler alınmaması durumunda filmin gelecekte hangi olasılıklara evrilebileceği analiz edilmiştir. Bu olasılıkların, gerçeklikle örtüşme ihtimali de ayrıca değerlendirilmiştir. Bu doğrultuda *Wall-E* filminde Panoptikon kavramının kullanımı mevcuttur. Bu kullanım, Jeremy Bentham'ın geliştirdiği panoptikon konseptiyle uyumlu bir şekilde ilerlemektedir. Ayrıca Michel Foucault'un birey–iktidar teorisi kapsamında değerlendirilerek, film evreninde gözetim ve kontrol mekanizmaları bu kuramsal çerçeveye uygun biçimde temsil edilmiştir.

Wall-E ve Panoptikon kavramlarının uyuşması göz önünde bulundurulduğunda engin biçimde kaynaklarla zenginleştirilmesi olasıdır. Ancak bu konuda yeteri kadar literatür ortaya konulamamış ve bu doğrultuda yararlanılabilecek kaynaklar sınırlı kalmıştır. *Wall-E* filmi, birey–iktidar ve ekolojik düzlemde, rejimsel çatışmalar çerçevesinde incelenebilir. Ancak literatürde genellikle bu yönleriyle ele alınmış, distopik anlatı çerçevesinde ise literatüre katkı sağlayacak doyurucu bir kaynak eksikliği olduğu görülmektedir.

KAYNAKÇA

Ateş, A. (2021). The evolution of panoptic surveillance and its impact on political discrimination. *Iğdır Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi, 28,* 202–216. https://izlik.org/JA88PU44RM

Bentham, J., Pease-Watkin, C., & Werret, S. (2016). *Panoptikon: Gözün iktidarı* (B. Çoban & Z. Özarslan, Çev.; 2. bs.). Su Yayınevi.

Connors, J. (1975). Zamyatin's "We" and the genesis of 1984. *Modern Fiction Studies, 21*(1), 107–124.

Deagon, A. (2015). Sovereignty, surveillance and speeding: Considering the panopticon as a method of policing. *Justice and Social Democracy Conference*.

Engels, F. (2012). *Ütopik sosyalizm ve bilimsel sosyalizm* (10. bs.). Sol Yayınları.

Ertuğrul, G., & Parlas, B. (2015). Education in Thomas More's utopia. *Dumlupınar Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi, 29,* 1–8.

Foucault, M. (2012). *İktidarın gözü* (3. bs.). Ayrıntı Yayınları.

Lippert, R. (2009). Signs of the surveillant assemblage: Privacy regulation, urban CCTV, and governmentality. *Social & Legal Studies, 18*(4), 505–522.

Özdağ, D. E. (2022). Sanat ve güç kavramı üzerinden "panoptikon". *International Journal of Social, Humanities and Administrative Sciences, 8*(59), 1744–1754. https://doi.org/10.29228/JOSHAS.65828

Treadaway, A. (2019). The loss of humanity through consumerism in *WALL-E. Coastlines, 1*(6), 6–13.

Yates, M. (2014). Labor as "nature," nature as labor: "Stay the course" of capitalism in *WALL-E*'s Edenic recovery narrative. *Interdisciplinary Studies in Literature and Environment, 22,* 525–543. https://doi.org/10.1093/isle/isu124

SİNEMANIN KARTOGRAFİSİ: LAKONİK BİR İFADE ARACI OLARAK KASITLI DURAĞANLIK EDİMİ

THE CARTOGRAPHY OF CINEMA: THE ACT OF INTENTIONAL STILLNESS AS A MEANS OF LACONIC EXPRESSION

Asst. Prof. Canan Gülseren İNAN KONUKOĞLU
Istanbul Topkapi University, Faculty of Communication, Film Design and Management Department, Şişli, Istanbul.
ORCİD: ID/0000-0002-9350-9329

Abstract
It can easily be argued that cinema possesses a unique power to create a new possibility of reality, a form of communication, and a narrative universe. In this context, the concept of "intentional stillness" in cinema is striking as a stylistic strategy manifested through the suspension of the narrative. At the Beckett Theatre, the style of reduction achieved by the elimination or compression of the body through an existentialist lens forms an aesthetic foundation; simultaneously, the space itself becomes barren, implying an existential dead-end. In contrast, in Japanese Noh Theater, the deliberate suppression of everyday body language through physical absence or slowness bestows a spiritual richness and depth upon the space. In parallel with this radical use of bodily expression in theater, Chris Marker's film *La Jetee* (1962), which was composed of still photographs narrating frozen memories using the photoroman technique, can also be seen as an allegory of the logic of moving images. In both art forms, the fundamental tools have been rejected, and absence has been aestheticized. The dreaming, imagining (homo demens) and playing (homo ludens) human, as Bruno discusses in his *Atlas of Emotion* (2002), sees a map of space unfolding on the screen before them. Furthermore, thanks to the psychocinetic effect achieved through cinema, one can speak of experiences in which the viewer is drawn into both spatial and emotional landscapes. The slowed-down or stagnant images in a film, as seen in auteur directors such as Antonioni, Godard, Angelopoulos, Metin Erksan, and Nuri Bilge Ceylan, are actually designed as a mental and emotional trajectory. Consequently, the director's intentional concept of stillness embedded in the cinematography can transform into a laconic expression in cinema. Undoubtedly, the manifestation of intentional stillness in cinema, which finds its counterpart in a specific aesthetic, is highly meaningful as a passage or even a threshold that enables the alienated individual, who questions their ontological existence, to confront their own self and inner map.
Keywords: Cinema, arthouse, intentional stillness, cinematic city, auteur.

ÖZET
Sinemanın; yeni bir gerçeklik imkânı, iletişim biçimi ve anlatı evreni yaratma yolunda benzersiz bir güce sahip olduğu kolayca iddia edilebilir. Bu bağlamda, sinemadaki "kasıtlı durgunluk" kavramı, anlatının askıya alınmasıyla kendini gösteren bir üslup stratejisi olarak çarpıcıdır. Beckett Tiyatrosu'nda varoluşçu bakışla bedenin ortadan kaldırıldığı veya sıkıştırılmasıyla ortaya koyulan eksiltme stili estetik bir temel oluşturur; yanısıra, mekânın da varoluşsal çıkışsızlığı ima ederek çoraklaşması söz konusudur. Oysa, Japon Noh Tiyatrosu'nda bilinçli olarak bastırılan gündelik beden dili, bedensel eksiklik ya da yavaşlık mekâna tinsel bir zenginlik ve derinlik kazandırır. Bu şekilde bedensel ifadenin tiyatroda radikal biçimde kullanılmasına paralel olarak, Chris Marker'ın, fotoroman tekniği kullandığı, donmuş anıları anlatan hareketsiz fotoğraflardan oluşan *La Jetee* (1962) filmi de hareketli görüntü mantığının alegorisi gibi görülebilir. Her iki sanat formunda da temel araçlar reddedilerek yokluk estetize edilmiştir. Düşleyen, hayal eden (home demens) ve oynayan (homo ludens) insan, Bruno'nun *Atlas of Emotion* (2002) eserinde sözettiği gibi, önünde açılan ekranda bir mekân haritası görür. Dahası, sinema aracılığıyla gerçekleşen psikosinematik etki sayesinde seyircinin hem mekânsal hem de *duygusal coğrafyalara* sürüklendiği deneyimlerden bahsedilebilir. Sinema filmindeki yavaşlamış veya akmayan görüntüler, Antonioni, Godard, Angelopoulos, Metin Erksan ve Nuri Bilge Ceylan gibi auteur yönetmenlerde görüldüğü üzere, aslında zihinsel ve duygusal bir güzergâh olarak tasarlanmıştır. Dolayısıyle, yönetmenin sinematografisine yerleştirdiği kasıtlı durağanlık düşüncesi sinemada lakonik bir ifadeye dönüşebilir. Kuşkusuz, belirli bir estetikle sinemada karşılık bulan kasıtlı durağanlık

tezahürü, çoğu zaman yabancılaşmış, ontolojik varlığını sorgulayan bireyin kendi benliği ve öz haritasıyla yüzleşmesine olanak sağlayan bir geçit; hatta bir eşik olarak oldukça anlamlıdır.

Anahtar kelimeler: Sinema, sanat sineması, kasıtlı durağanlık, sinematik şehir, auteur.

Kuramsal Çerçeve

Edebiyat, fotoğraf, resim, tiyatro gibi alanlarla göbekbağı olan sinema, yedinci sanat olarak karnavalesk bir anlatı yaratımı demektir; sinemada mekân ve zaman kurgulanır, hayali imgeler yaratılır, mitolojik referanslara yer verilirken metinlerarası bir bağ kurulur. Modern anlatı sinemasında olay örgüsü parçalara bölünür, zamanın doğrusal algısı bozulur ve farklı anlatılara gönderme yapan pastiş ilkeleri kullanılır. Dahası, anlamın sabitliği yoktur; sinema, kültürel bir metin olarak çokanlamlılığa açıktır. Kontrastlar yaratan, farklı ifade arayışlarına olanak tanıyan ve aynı zamanda parodik düşünceye sahip olan sinema bize yeni anlam katmanlarından oluşan başka dünyaların geçidini gösterir. Bundan başka, barındırdığı düşsellik ve imge zenginliği nedeniyle sinemayı kent mekânıyla buluşturan pek çok film, modern kentlinin varoluş kaygısını sanatsal bir estetikle işler.

Şehir özgürleştirirken, aynı zamanda bireyi aidiyet duygusundan uzaklaştırır, onu tekilleştirir ve ontolojik bir ıssızlığa maruz bırakır. Özgürlüğün bedeli olarak zihinsel mesafe, yalnızlık ve yabancılaşma, büyük şehirlerde yaşayanlar için acımasız olabilir. Dahası, metropoldeki uyarıcıların çeşitliliği kendi ritmini ve karmaşık akışını yaratırken, bireyde farklı bir bilinç durumu gelişir. Zihin, bu uyarıcılara karşı bireyde psikomental içe dönüklük ve dış dünya ile arasına mesafe koyma refleksi yaratır; böylece birey için kayıtsızlık başlar. Simmel'in "blase attitude" kavramı bu olguyu karşılayan bir kavramdır. "Lefebvre'nin heterotopi kavramıyla (Foucault'nunkinden derin farklılıklar gösteren) tanımladığı eşik sosyal alanlar, sadece "farklı bir şey"i mümkün kılmakla kalmaz, aynı zamanda bu farklılığı devrimci bir yol tanımlamanın temeli olarak alır. Bu 'farklı şey'in bilinçli olarak planlanmış olması gerekmez" (Harvey, 2015, s. 27-28).

"Mekânlar dini, sosyal, kültürel, sanatsal ve hatta politik kimliklere sahiptir; bu kimliklerin hayali ve sembolik içerikleri, onlarla temas halinde olan insanların kimliklerinin oluşumu üzerinde önemli etkilere sahiptir." (Narlı, 2014, s. 32). Kendi kendini ifade etme biçimlerini keşfeden birey için içsel benlik ile dış dünya arasında bir ayrım yoktur. Mekânsal deneyimler, kolektif bilinçdışının inşa edildiği bir alan açarak benlikle buluşur. Bunun ötesinde Lefebvre, modern dönemde mekân algısının dönüşümüne ve ortadan kalkmasına değinir (Lefebvre, 2014, s. 120). Lefebvre, "mekânın ortadan kaybolması" konusunu ele alırken, mekânın coğrafi değişimini, dağılmasını ya da dönüşümünü hayali niteliklerle açıklamaya çalışır. Başka bir deyişle, bireysel ve toplumsal algıya atıfta bulunarak, mekânın tamamen ortadan kaybolduğunu değil, aynı zamanda belirsiz bir yere ya da başka bir yere dönüştüğünü belirtir. Günümüzün neoliberal politikalarıyla hızla gentrifikasyona uğrayan veya dönüşen kentsel mekân da, içerdiği geçmişi şimdiki zamana bağlayan hayali referansları ve öznel nitelikleri yitirerek benzer şekilde kaybolur ve böylece sakinleri için tanımlanamaz hale gelir. Halbuki iyi bir şehrin bir rüya ve düş kurma mekânı olması beklenir.

Sonuç olarak, bu noktada, özdeşleştiği, imgesel ve ontolojik olarak benliğini bulduğu mekândan sürülen kentli birey için sinemada çokça yer bulan 'şehir sıkıntısı (city spleen)' kavramıyla karşılaşmak mümkündür. Dolayısıyla, başkalaşan kent mekânının içkin olduğu parçalanmış öznellik ve yabancılaşma deneyimine eşlik eden kavram, sinema diliyle yaratılan lakonik ifadelerle karşılanır.

Sinematik Modern Kent ve Kasıtlı Durağanlık Ediminin Sinemada Anlam İnşası

Mekân öznel duyguların salınımına olanak verecek biçimde soyulur, tıpkı her türden belirlenimi reddeden bir yorgunluk mekânı olarak beden gibi. Bu şekilde üretilen görsel kodlar, eylemin algıya yön veren "hareket-imge" kavramından uzaklaşarak, salt zamanın ve mekânın yarattığı düşünce ve duygulanımlara açılır; Deleuzyen ifadeyle "zaman-imge" ye. Mekân, bu koşullarda zamanın akışı yoluyla deneyimlenen şeye dönüşür. "Zaman artık hareketin ölçüsü değil, hareketten bağımsız olarak doğrudan sunulur" (Deleuze, 1989, p. 17). Ayrıca, kasıtlı durağanlık, alegorik bir kentsel deneyim olarak "blase attitude" ile karşılaştırılabilir.

Duygu Atlası, bunu daha geniş perspektiften çerçevelemeye yardımcı olur (Bruno, 2002, ss. 171–178). Bruno, sinemanın görsel olduğu kadar dokunsal da olabilen etkisinden bahsederek, onun duygusal bir güzergâh olduğunu söyler ve ekranın seyirciyi öz benliğiyle yüzleştiren bir mekân haline gelişini

vurgular. Dolayısıyle biz film izlerken psikosinematik bir deneyim alanıyla karşılaşır ve o karşılaştığımız duygu haritasının içinden geçeriz.

Night, (La Notte), Michelangelo Antonioni, 1961

Antonioni, belki de lakonik durgunluğun en büyük mimarıdır. *Gece* adlı filmde, Giovanni ve Lidia'nın evliliklerinin tek bir gece boyunca yavaş yavaş parçalanışını izleriz, ancak klasik anlamda ortada bir 'olay' yoktur. Filmin ağırlık merkezi, Lidia'nın Milano'da yaptığı uzun ve yalnız yürüyüştür; esasen bir olay örgüsü olmayan, bir kadının kent mekânında sürüklendiği bir sekans. Milano sokaklarında yaptığı uzun yürüyüşle mekânın yarattığı öznel deneyimlere kendini bırakan Lidia'nın yaşadığı yabancılaşma ve şehir sıkıntısı sinema yoluyla ifade bulur. Kentsel mekândaki dönüşüme tanıklık eden Lidia'nın varlığında duyumsadığı yersizyurtsuzluk bu dönüşümle örtüşür ve görsel bir retorik olarak karşımıza çıkar. Yıkık dökük, tanımsızlaşan kent mekânı bireyin yüzünün de tanımsızlaştığını ima eder. İnşaat halindeki yerlerden iradesizce geçen Lidia mekânı araştırarak (exploring space) aslında kendisini arar; Godard'ın dediği gibi "Bir yüz gibidir peyzaj". (*Onun Hakkında bildiğim İki veya Üç Şey*, Jean-Luc Godard, 1967).

Antonioni burada içselliği mekanla bütünleşir. Lidia'nın duygusal uyuşukluğu diyaloglarla ifade edilmez; boş sokakların, yıkık duvarların ve ıssız kenar mahallelerin geometrisine kazınmıştır. Ayrıca, şehir, Bruno'nun "duygusal coğrafya" olarak adlandıracağı bir psişik manzaraya dönüşür (Bruno, 2002, ss. 171–178). Kamera; yüzeylerde, mimari boşluklarda, insanların olduğu metruk ya da boş ve tanımsız görünen alanlarda oyalanır. Karakterler, kendileri için fazla büyük olan kadrajlarda dururlar; kendi duygusal boşluklarını yansıtan modernist yapılar karşısında küçücük kalırlar.

Antonioni'nin durağanlığı, tam anlamıyla burjuva durağanlığıdır; yabancılaşma duygusunu taşımaktan yorgun düşmüş bir sınıfın felç hali. Şafak vakti golf sahasındaki o meşhur son sahne; Giovanni'nin Lidia'ya uzanması, Lidia'nın önce geri çekilmesi, sonra da teslim olması; bu sahne, evlilik çoktan sona erdiği için matem dolu bir yavaşlıkla ilerler; geriye kalan, anlamını yitirmiş mekanik reflekslerdir.

Simmel'in "blase attitude" (medeni kayıtsızlık) kavramı (Simmel, 1950, p. 414), Giovanni'nin "Artık duygularım yok, sadece hatıralarım var" iç monoloğuyla örtüşür. Bu tutum; "parasal ekonominin tüm şeylerin niteliksel farklarını düzleyerek 'ne kadar?' sorusuna indirgemesi" ve kapitalist mantığa göre düzenlenen kent mekânının dayattığı aralıksız uyarımların bireyde yarattığı kayıtsızlık ve psikolojik dirençle açıklanabilir.

Lidia'nın yürürken iradesizce duraksadığı; hatta kadrajdan çıkıp gittiği görülür. Aynı zamanda yürüme eylemi konuşmanın metaforu haline gelmiştir; "yürüyüş, bir sözcelem edimidir... yürüyen, kentin metnini bedeniyle yazar" (de Certeau, 1984, pp. 97–98). Benjamin'in "bakma hazzı" burada devreye girer (Benjamin, 1999, pp. 429–430). Bir noktada, karakterin elini herhangi birşeyin üzerinde dolaştırmasıyla görselleşen haptik dokunuş ile beraber bireyin ontolojik olarak kendi benliğiyle bağ kurması ima edilir. Düz yüzeyler, cam cepheler, geometrik soğuk formlarıyla, tüm o modernist karakterdeki mimarisi, karakterlerin duyumsadığı yabancılaşma ve ona eşlik eden duygusal donukluğuyla Milano "algılanan mekân" olarak patolojik bir ironi yaratır. Mekânlar, kişilerin orada nasıl yer aldıkları, giysiler, nesneler, hareket düzeni, ses ve sessizlik, Antonioni'de deyim yerindeyse kuyumcu terazisinde tartılır.

Godard'ın yukarıda geçen "Bir yüz gibidir peyzaj (Landscape is like a face)" sözü yine anımsanır; kentsel mekânla bireylerin iç coğrafyası, bir diğer değişle içerdeki yüzü birbirine benzer. Bu noktada, Bruno'nun "duygulanım haritası" olarak adlandırdığı şey yine karşımıza çıkar (Bruno, 2002, ss. 171–178). Doğal ışığıyla "algılanan mekân" dan görsel kod olarak kullanılan "tasarlanan mekân"a; yapay ışıklı ortamıyla bir burjuva gece partisine geçilir. Lidia'nın artık varolmayan eviyle çocukluğunun geçtiği mahalle ise "yaşanan mekân"dır.

Godard, Le Mépris (1963)

Antonioni kadrajı boşaltırken, Godard onu mit, ticaret, sinemanın kendisi gibi çelişen konularla buluşturarak seyirciye bir anlam yığını ve durağanlık sunar.

Bir sekansta Paul ve Camille, modern tarzdaki dairelerinde yaklaşık otuz dakika boyunca birbirlerinin etrafında hiçbir ilerleme, hiçbir çözüm üretmeden sadece dolaşırlar. Yanal ve uzun kamera hareketleriyle izlenen çift soğuk mekân düzenlemesi içinde duygusal bir mesafe yaşarlar. Takip çekimi bu defa eylemin değil durgunluğun göstergesi olarak belirir.

Film bir Odysseia uyarlaması olarak, gerçekleşmeyen bir dönüşün alegorisidir. Klasik sinemanın temsilcisi Fritz Lang, kendini canlandırırken, yapımcı Prokosch ise sermayenin gösteri talebini temsil ediyor. Paul ise sevgilisiyle olan ilişkisindeki gibi mesafeli ama arada kalmış, varoluş sancıları çeken bir sinemacı. Bu noktada, sinemanın sanatsal ve ticari yanının çarpışmasıyla ortaya koyulan durağanlıkla, büyük olasılıkla sinemanın durgunluğuna da gönderme yapılır.
Cinemascope kompozisyonlarıyla Capri manzarası, taşıdığı anlam ağırlığı nedeniyle Akdeniz'de mitik bir durağanlık mekânı haline gelir. Kral Odysseus da orada hakikati aramış, savaşmış ve uzun yılların sonunda yurduna dönerek yaşadığı dönüşümü göğüslemişti. Camille ise sevgilisinin iş yaptığı erkeğin kendisine kur yapmasına hiçbir tepki vermeyen Paul'e ve böylece modern dünyaya yabancılaşır, adımları yavaşlar, susar ve kasıtlı olarak durgunlaşır. Camille'in durağan tavrına benzer biçimde, Beckett'te de dil iletişimi sağlamaktan çıkarak sessizliği dolduran ve varoluşsal boşluğu örten işlevini yitirmiş bir araca dönüşmüştür.
Camille, duyumsadığı yabancılaşmayla birlikte küçük görme ve donukluk duyguları içindedir ve şehri terketmek üzere Amerikalı yapımcıyla yola çıkar. Ancak geçirdikleri kaza sonucu hayatı sona erer; zira, modern bireyin yozlaşan dünyadan kaçamayışı metaforik olarak anlatılır. Modern ve çarpıcı mimarisiyle filmin aktörü olan Capri'deki malikane ise, göğe doğru yükselen merdivenleriyle modern bireyin çürümüş burjuva değerleri karşısında yabancılaşmasını ve hiçbir yere gidemeyişini varoluşçu bir edayla adeta kutsar.

Kurosawa, Ran (1985) ve Noh Tiyatrosu

Kurosawa'nın durgunlukla olan ilişkisi, Noh Tiyatrosunun biçimsel dili aracılığıyla şekillenir. Noh'da durgunluk, yokluk ve eylemsizlik değildir; tam tersine, insanın manen olabileceği en yüksek düzeye erişmesidir. "Ma" kavramı, yani anlam yüklü durağanlık, Noh felsefesinin temel düşüncesidir. hareketler arasındaki duraklama, sözcükler arasındaki sessizlik, jestin ya da sözün kendisinden daha anlamlıdır.
Ran'ın sinematografisiyle bu prensip Üçüncü Kale'nin kuşatılması sahnesinde daha da belirgin hale gelir; burada Kurosawa, katliam sırasında tüm diegetik sesleri ortadan kaldırır; onun yerine kasıtlı bir durağanlık ve onur duygusunun kutsiyetini temsil eden ritüel benzeri bir beste koyar. Shakespeare'in bilinen yapıtı Kral Lear'ın feodal Japon yorumundaki karşılığıdır Kral Hidetora. Onun deliliğe sürüklenmesi, Kurosawa'nın Noh tiyatrosundan ilhamla dönüştürdüğü stilize bir üslupla anlatılır; yüzünde bir maske vardır, belli bir stilde hareket eder, bedeni ise manevi bir ıstırabın taşıyıcısına dönüşür.
Kaede Hanım, Noh Tiyatro anlayışından en belirgin şekilde esinlenen karakterdir; onun kasıtlı durağanlığı yırtıcı ve gergindir. Bir anda ortaya çıkan patlamalarıyla (Jiro'nun boğazına bıçak dayadığı ve kan akıttığı sahne) tam da öncesindeki uzun durgun hareketleri nedeniyle sarsıcıdır. Noh'ta, başrol oyuncusu bir oluşum içindeymişçesine genellikle uzun zaman hareketsiz görünür; nihayet hareket ettiğinde ise bir anlam yoğunluğu içersinde oldukça yavaş hareket eder. Kurosawa'nın sinema dilinde bu karakteristik özgün biçimde tezahür eder; savaşlardan önceki geniş plan uzun manzara görüntüleri, savaşanların donmuş görüntüleri ve etrafında dünya yıkılırken yanan kalenin merdivenlerinde öylece oturan Kral Hidetora.
Ran'daki durgunluk kozmolojik yapıdadır; acının ve felaketin ortasındaki hareketsizlik Budist düşünceye dayanır; acı kaçınılmaz olarak sonsuz bir döngü olarak yaşamın içersindedir, eylemleri ne olursa olsun insan bu kozmik koşulu aşamaz ve onun boyunduruğu altına girer.

Angelopoulos, Eternity and a Day (1998)

Angelopoulos, ontolojik bir koşul olarak durgunluğa tümüyle bağlı kalan bir yönetmendir. Genellikle birkaç dakika süren, kameranın yavaş, özenli kavisler çizerek hareket ettiği uzun çekimleri; sinema sayesinde yaratılan zamansal deneyimin oldukça özgün bir ifadesidir.
Ölmek üzere olan şair Alexandre son gününde Selanik'te bir flanör gibi gezinir. Angelopoulos, kuzey Yunanistan'ın gri, yağmurla ıslanmış şehir manzarasını bir tür sınır; dahası eşik-mekân olarak kullanır; tarihsel olarak ne tamamen bugünü ne de tamamen geçmişi olan askıda kalmış bir bölge. Alexandre'ın sahilde arabayla dolaştığı ünlü sekans, bu eşik-mekâna ve montaja başvurmadan zamanın yekpare oluşuna gönderme yapar; herhangi bir kesme veya görsel kod olmaksızın şimdiki zaman ile geçmişteki bir anısı arasında geçiş yapmasıyla anlatılır bu. Zamanın kendisi durgunlaşır, ağırlaşır.

Şair, tanıştığı küçük göçmen bir çocukla bağ kurar, ona yurduna dönmesi konusunda yardım eder; mekânsal, dilsel ve varoluşsal bakımdan ikisinin de yaşadığı yersizyurtsuzluk özellikle Arnavutluk sınırında geçen sekansla anlatılır. Sınırdaki tellerde asılı bedenlerin mikro hareketleri, hava, ışık matemsel bir değişim içindedir. Sınır geçişlerinde görülen Arnavut çocuk, kaçakçılar, otobüs sahneleri bu durgunluğa politik bir zemin kazandırır. İmparatorluklardan oluşan geçmişi ve geleceği arasında sıkışmış Balkanlar insan coğrafyası da dahil toplumsal ve tarihsel açıdan durağandır. Şair eski mutlu zamanlarının sahnesi olan sahil evinin satıldığını öğrenir, çocuk da yurdundan uzaktır; aslında mülteci çocuğun okuduğu şiirdeki gibi şiirde geçen o sürgün kuştur adam ve çocuk.

Erksan, Sevmek Zamanı (1965)

Erksan'ın filmi, bir kadının kendisine değil, fotoğrafına aşık olan bir adamın modern ve geleneksel arasında sıkışmışlığını anlatan bir patoloji öyküsü olduğu kadar başlı başına bir durağanlık alegorisidir; bir surete saplantılı biçimde sevdalanmış Halil'in, aşkına karşılık bulduğu halde o karşılaşmanın akışkanlığı yerine temsilin durağanlığını arzu etmesi konu edilmiştir. Öte yandan, sevilen bir insanın nezdinde evrensel aşkın yüceltildiği manevi bir durağanlık da sözkonusudur. Halil'in içeride resme dönük oturduğu ve Meral'in tersi yönde balkonda durup camdan içeriye baktığı sekans büyük bir anlatının sinematik ifadesidir. Diğer bir sekansta, Meral'in resmi ve üzerinde gelinlik olan cansız mankenle sandalda süzülürken görülür. Kıyıda bekleyen Meral sandala atladığında resim ve manken suya atılır. Ancak gelenekselle modernin çatışması burada zirve yapar, kıyıda onları gözetleyen üçüncü kişi onlara ateş ederek bu aşkın asla gerçekleşemeyecek bir sahne olduğunu kanıtlar. Fotoğraf; donmuş ve ulaşılamaz bir imge olarak paradoksal biçimde duygusal yoğunluğun en çok toplandığı yerdir. Halil'in kadına yaklaştığı oranda, aşkının nesnesinden de o kadar uzaklaştığı tersine duygusal bir coğrafyaya şahit oluruz. Zamansal akışı durdurma güdüsüyle fotoğraf gibi durağan olmayı tercih eden Halil'in yaşadığını, yalın ve soyut bir sinema diliyle ortaya koayan bu tarz lakonik ifadelerdir.

Bulgular ve Sonuç

Bu filmleri ortak bir sanatsal anlayış biraraya birleştirir; Sinemanın en güçlü etkisi film ilerlediğinde değil, durduğunda ortaya çıkar. Her auteur yönetmen, sinematografisiyle durgunluğun farklı bir yönünü keşfeder; Antonioni'nin duygusal entropisi, Godard'ın diyalektik felci, Kurosawa'nın törensel durağanlığı, Angelopoulos'un tarihselliği askıya alması, Erksan'ın anakronik saplantısı.

Bruno'nun "duygu atlası" kavramı, bu filmleri birbirine bağlayan dokuyu ifade eder; tüm bu filmler sinematik mekanı duygusal bir haritalama olarak ele alır ve durgunluk, haritanın kendi üzerine katlandığı, yolculuğun durduğu ve izleyicinin varış noktasıyla değil, ayaklarının altındaki zeminin dokusuyla yüzleşmek zorunda kaldığı andır.

Bu durgunluğun lakonik yanı, tam da kendini açıklamayı reddetmesidir. Bu sinemacılardan hiçbiri, yavaşlıklarına açıklayıcı gerekçeler sunmaz. Görüntü sadece varlığını sürdürür ve bu varlığını sürdürüşünde, seyirciden kendi zamansal şartlarında yavaşlamasını, daha uzun süre bakmasını, süreyi bir soyutlama değil, imgesel olarak haritalamasını ister.

References

Antmen, A. (2013). *20. yüzyıl Batı sanatında akımlar*. Sel Yayıncılık.
Augé, M. (2016). *Yok-yerler: Üstmodernliğin antropolojisine giriş (*T. Ilgaz, Çev.). Daimon Yayınları.
Bachelard, G. (1996). *Mekânın poetikası* (A. Derman, Çev.). Kesit Yayınları.
Baudelaire, C. (2001). *Paris sıkıntısı* (E. Alkan, Çev.). Cumhuriyet Kitapları.
Baudelaire, C. (2003). *Modern hayatın ressamı* (A. Berktay, Çev.). İletişim Yayınları.
Bazin, A. (1971). *What is cinema?* (Cilt 2, H. Gray, Trans.). University of California Press.
Benjamin, W. (1999). *The flaneur* [Konvolut M]. The Arcades Project (H. Eiland ve K. McLaughlin, Trans.) içinde. Harvard University Press.
Bruno, G. (2002). *Atlas of emotion: Journeys in art, architecture, and film*. Verso Books.
Bulunmaz, B. ve Osmanoğlu, Ö. (2016). *Yeşilçam sinemasında İstanbul*. Kültür A.Ş. Yayınları.
Chatman, S. (1985). *Antonioni, or, the surface of the world*. University of California Press.
Çavdar, R. Ç. (2018). *Farklılığın mekânı: Foucault ve Lefebvre'deki heterotopya ve heterotopi ayrımı*. İdealkent Dergisi, 9(25), 941–959.

Çiçekoğlu, F. (2014). *Şehrin itirazı: Gezi direnişi öncesi İstanbul filmlerinde isyan eşiği.* Metis Yayınları.
Clarke, D. B. (1997). *The cinematic city*. Routledge.
De Certeau, M. (1984). *The practice of everyday life* (S. Rendall, Trans.). University of California Press.
Debord, G. (2006a). *Gösteri toplumu* (A. Ekmekçi ve O. Taşkent, Çev.). Ayrıntı Yayınları.
Debord, G. (2006b). *Theory of the dérive*. K. Knabb (Ed.), Situationist International anthology içinde. Bureau of Public Secrets. (Orijinal eser 1956).
Debord, G. (2008). *Sitüasyonist enternasyonal* (M. Oflas, A. Günebakanlı ve M. Darende, Çev.). Altıkırkbeş Yayınları.
Deleuze, G. (1989). *Cinema 2: The time-image* (H. Tomlinson ve R. Galeta, Trans.). University of Minnesota Press.
Deleuze, G. ve Guattari, F. (1987). *A thousand plateaus: Capitalism and schizophrenia* (B. Massumi, Trans.). University of Minnesota Press.
Dimendberg, E. (2004). *Film noir and the spaces of modernity*. Harvard University Press.
Engels, F. (1935). *The housing question*. International Publishers.
Foucault, M. (1986). *Of other spaces* (J. Miskowiec, Trans.). Diacritics, 16(1), 22–27. (Orijinal eser 1967).
Foucault, M. (1995). *Discipline and punish: The birth of the prison* (A. Sheridan, Trans.). Vintage Books.
Foucault, M. (2005). *Özne ve iktidar: Seçme yazılar 2* (I. Ergüden ve O. Akınhay, Çev.). Ayrıntı Yayınları.
Harvey, D. (2003). *Paris, capital of modernity*. Routledge.
Harvey, D. (2008). *Umut mekânları* (Z. Gambetti, Çev.). Metis Yayınları.
Harvey, D. (2008). *The right to the city.* New Left Review, 53, 23–40.
Harvey, D. (2012). *Rebel cities: From the right to the city to the urban revolution*. Verso.
Harvey, D. (2015). *Sermayenin mekânları: Eleştirel bir coğrafyaya doğru* (B. Kıcır, D. Koç, K. Tanrıyar ve S. Yüksel, Çev.). Sel Yayıncılık.
Harvey, D. (2023). *Marx'ın Grundrisse'si için kılavuz* (O. Orhangazi, Çev.). Metis Yayınları.
Inan, C. G. (2021). "Imaginary value of the city: Manifestations of collective identity in cinema, capture of the Yeşilçam Street as a heterotopia and a self reflexive space experience". Kent Akademisi Dergisi, 14(3). https://dergipark.org.tr/tr/pub/kent/issue/64920/781007
Kanık, O. V. (1945). *Vazgeçemediğim*. Marmara Kitabevi.
Karaman, Y. (2018). *Benjamin, Foucault ve heterotopya*. Felsefe ve Sosyal Bilimler Dergisi, (26).
Kayalı, K. (1994). *Sinema bir kültürdür*. Can Yayınları.
Kayalı, K. (1996). *Yönetmenlerle Yeşilçam*. Tekin Yayınevi.
Knabb, K. (Ed.). (2006). *Situationist International anthology* (Extended Version). Bureau of Public Secrets.
Lefebvre, H. (2013). *Kentsel devrim* (S. Sezer, Çev.). Sel Yayıncılık.
Lefebvre, H. (2014). *Mekânın üretimi* (I. Ergüden, Çev.). Sel Yayıncılık.
Lefebvre, H. (2016). *Şehir hakkı* (I. Ergüden, Çev.). Sel Yayıncılık.
Marx, K. (1999). *Grundrisse: Ekonomi politiğin eleştirisinin temelleri* (A. Gelen, Çev.). Sol Yayınları. (Orijinal eser 1857–1858).
McDonough, T. (2009). *The Situationists and the city.* Verso.
Narlı, M. (2014). *Şiir ve mekân*. Akçağ Yayınları.
Öztürk, M. (2014). *Sine-masal kentler: Modernitenin iki "kahramanı" kent ve sinema üzerine bir inceleme.* Doğu Kitabevi.
Park, R. (1967). *On social control and collective behavior*: Selected papers (R. H. Turner, Ed.). University of Chicago Press.
Purcell, M. (2002). *Excavating Lefebvre: The right to the city and its urban politics of the inhabitant.* GeoJournal, 58, 99–108.
Scognamillo, G. (1998). *Türk sinema tarihi.* Kabalcı Yayınevi.
Simmel, G. (2021). *Modern kültürde çatışma* (T. Bora, N. Kalaycı ve E. Gen, Çev.). İletişim Yayınları.
Situationist International. (1958/2006). "Definitions". K. Knabb (Ed.), Situationist International anthology içinde (ss. 51–52). Bureau of Public Secrets.

Situationist International. (1962/2006). “The fifth SI conference in Göteborg”. K. Knabb (Ed.), Situationist International anthology içinde. Bureau of Public Secrets.

Smith, P. (2007). “Postyapısal dönüş”. S. Güzelsarı ve İ. Gündoğdu (Çev.), Kültürel kuram içinde (ss. 163–183). Babil Yayınları.

Sözen, M. F. (2009). *Bakhtin'in romanda "karnavalesk" kavramı ve sinema*. Akdeniz Sanat, 2(4).

Stavrides, S. (2016a). *Common space: The city as commons*. Zed Books.

Stavrides, S. (2016b). *Kentsel heterotopya: Özgürleşme mekânı olarak eşikler kentine doğru* (A. Karatay, Çev.). Sel Yayıncılık.

Türkoğlu, N., Öztürk, M. ve Aymaz, G. (2014). *Kentte sinema sinemada kent*. Pales Yayıncılık.

İZMİR ORTODOKS RUM CEMAATİNİN DİNSEL MÜZİK PRATİKLERİ[1]

RELIGIOUS MUSIC PRACTICES OF THE ORTHODOX GREEK COMMUNITY OF IZMIR

M.A. Aslı AYDAR
Dokuz Eylül Üniversitesi, Güzel Sanatlar Enstitüsü
ORCID: 0009-0003-7278-0392

ÖZET

İzmir Ortodoks Rum Kiliselerinin cemaat yapısı, 1923 yılında gerçekleştirilen Türk-Yunan nüfus mübadelesine kadar İzmir'in yerel Ortodoks Rum nüfusundan oluşmaktadır. Mübadeleden sonra cemaatin kentten göç etmesiyle kiliseler uzun yıllar işlevsiz kalmış, Sovyetler Birliği'nin 1991 yılında dağılmasını takiben Türkiye'nin kitlesel düzeyde göç alması İzmir'de Ortodoks nüfusu yeniden canlandırmıştır. Bu durum dinsel yaşamda iyileşmeye gidilmesi ihtiyacını doğurmuş, kiliselerin tahsis edilmesi, ruhban sınıfının oluşturulması gibi devam eden kurumsallaşma sürecinin ardından 2016 yılında ibadetler tekrar düzenli olarak yapılmaya başlamıştır. Ancak bu yeni dönemde Ortodoks cemaati, tarihte olduğu gibi sadece yerel Rum halkından oluşmamakta, Doğu Ortodoks Kilisesi'ne bağlı ülkelerin vatandaşlarından oluşan çok kimlikli bir görünüm kazanmaktadır. Ritüellerinde ise dikkat çeken husus, farklı müzik kültürlerine sahip bireylerin kilise içerisinde aynı dinsel müzik pratiğini sürdürmesidir. Hristiyanlığın başlangıcından itibaren müziğin sözlü geleneği ve Bizans notasyonuyla başlayan yazılı aktarımı, Ortodoks Rum kiliselerinin dinsel ritüellerinde uygulandığı gibi İzmir Ortodoks Rum kiliselerinde de korunarak sürdürülmektedir. Bu çalışmanın amacı, farklı etnik kimliklere ve müzik kültürlerine sahip Ortodoks bireylerin ortak dinsel müzik geleneği etrafında kurdukları toplumsal aidiyeti ve buna bağlı olarak koruyarak sürdükleri Bizans müzik geleneğini kültürel bellek kavramı çerçevesinde incelemektir.
Anahtar kelimeler: Dini Müzik, İzmir, Ortodoks, Hristiyan

ABSTRACT

The congregational structure of the Orthodox Greek Churches in Izmir consisted of the city's local Orthodox Greek population until the Turkish-Greek population exchange of 1923. Following the exchange, as the congregation migrated from the city, the churches remained inactive for many years; however, Turkey's mass immigration following the dissolution of the Soviet Union in 1991 has revitalized the Orthodox population in Izmir. This situation created a need for improvements in religious life; following an ongoing process of institutionalization, including the allocation of churches and the establishment of regular clergy, regular worship services resumed in 2016. However, in this new era, the Orthodox community no longer consists solely of the local Greek population, as it did historically, but has taken on a multi-ethnic character comprising citizens from countries affiliated with the Eastern Orthodox Church. A notable aspect of their rituals is that individuals from diverse musical backgrounds maintain the same religious musical practices within the church. From the very beginnings of Christianity, the oral tradition of music and its written transmission, which began with Byzantine notation, has been preserved and continued in the Orthodox Greek churches of Izmir, just as it is practiced in the religious rituals of Orthodox Greek churches. This study aims to examine, within the framework of the concept of cultural memory, the sense of social belonging that Orthodox individuals with diverse ethnic identities and musical cultures have established around their shared religious musical tradition, and the Byzantine musical tradition they preserve and maintain as a result. **Keywords:** Religious Music, Izmir, Orthodox, Christian.

GİRİŞ

Yahudi havra geleneğinden miras kalan dinsel ritüeller, erken Hristiyan topluluklarında etnik farklılıklar gözetmeksizin ortak bir aidiyet temeli kazandırmış ve kültürel belleğin sürekliliğini sağlamıştır.

[1]Bu çalışma, Dokuz Eylül Üniversitesi Güzel Sanatlar Enstitüsü Müzik Bilimleri Bölümünde, Prof. Dr. Ayhan EROL danışmanlığında hazırlanmakta olan "İzmir Ortodoks Rum Cemaatinin Dinsel ve Dindışı Müzik Pratikleri" isimli yüksek lisans tezinden üretilerek kaleme alınmıştır.

Bu aidiyetin teolojik ve felsefi dayanağı Hristiyanlığın kutsal kitabı olan Yeni Ahitte şu şekilde ifade edilmektedir: "Artık ne Yahudi ne Yunan ne köle ne özgür ne erkek ne dişi ayrımı var; hepiniz Mesih İsa'da birsiniz." (Galatyalılar, 3:28). Pavlus'a atfedilen bu ilke, Yahudiliğin içerisinde bir öğreti olarak doğan Hristiyanlığın, tek bir etnik topluluğa özgü inanç sistemi olarak kalmasının yerine, evrensel bir din niteliği kazanmasının teolojik temelini oluşturmuştur. Bu gaye ile sürdürülen havra geleneğini, dinsel müzik pratikleri özeline taşıdığımızda, Yeni Ahit'ten şu ifadeyi işaret edebiliriz: "Birbirinize mezmurlar, ilahiler ve ruhani ezgiler söyleyin" (Efesliler, 5:19). Yine Pavlus'a atfedilen bu ifade, Yahudi geleneğinden devralınan mezmur geleneğinin erken Hristiyan topluluklarında farklı etnik kimliklere sahip kişilerin aynı dinsel metinleri ve ezgileri kullanarak ortak ibadet anlayışını geliştirdiklerini göstermektedir. Hristiyan ibadetlerine dahil edilişi Havariler Çağı'na kadar uzanan ve günümüz Ortodoks Rum kiliselerinin dinsel müzik geleneğinde de merkez konumda olan Mezmurlar, kutsallık atfedildiği üzere ilahilerin temel metin kaynağı sayılıp Bizans dinsel müziğinin külliyatı niteliğini taşıdığı gibi, Havariler Çağındaki misyonu olan "farklı etnik kimliklere sahip bireyleri tek bir gelenekte birleştirme" gayesi bugünde görülmektedir (Batuk, 2013).

Toplumsal aidiyet, birleşme ve kimliğin sürekliliğini taşıyan değerler ve inanışlar yeniden oluşumlarını bellek yoluyla sağlamaktadır. Kolektif kimliğin yapı taşı olan kültürel bellek, cemaatlerin miras kalan geleneklerini sürdürmeleri rolünde önemli bir görev üstlenmektedir. Ritüeller, bu görevin tekrar eden oluşumlarına imkân vererek yenilenmesine ve bu sayede gelecek nesillere taşınmasına olanak sağlar. Müzik ise belleğin aktarımı rolüne hizmet eden en önemli olgulardan biridir (Çayci, 2024). İzmir Ortodoks Rum Cemaati'nin tarihsel süreç içerisinde yaşadığı demografik dönüşümler, cemaat yapısının zayıflaması ve kiliselerin uzun süreli işlevsizlik dönemleri, dinsel pratiklerin kesintiye uğradığı bir tarihsel arka plan oluşturmaktadır. Buna karşın, günümüzde yürütülen kilise ritüellerinde mezmur geleneğinin korunması ve 6. yüzyıla kadar uzanan Bizans notasyon sistemine dayalı icra pratiğinin sürdürülmesi, kültürel belleğin ritüel ve müzik aracılığıyla süreklilik kazandığını göstermektedir. Bu icra biçimi, tarihsel bir müzik geleneğinin korunmasıyla birlikte korunarak sürdürülen dinsel müzik pratiklerinin yeniden etkin hâle getirilmesini sağlayan bir aktarım aracı olarak işlev görmektedir.

ARAŞTIRMA VE BULGULAR

Bu araştırma, İzmir'deki Ortodoks Rum kiliselerinin Cumhuriyet'in ilk yıllarından günümüze uzanan süreçteki işleyişini, dinsel müzik pratiklerini ve toplumsal aidiyetini kültürel bellek kavramı çerçevesinde incelemektedir. Farklı etnik kimliklere sahip Ortodoks bireylerin ortak ritüeller aracılığıyla kurduğu toplumsal aidiyette ve dinsel müziğin buradaki rolünü tarihsel ve güncel verilerle ele almaktadır.

Elde edilen bulgular, İzmir Ortodoks Rum kiliselerindeki cemaat yapısının Cumhuriyetin ilk yıllarına kadar kentin yerel Ortodoks Rum nüfusundan oluştuğunu, 1923 Türk- Yunan nüfus mübadelesinden sonra uzun yıllar görünürlüğünü yitirip 1991 yıllında Sovyetler Birliğinin dağılmasıyla Türkiye'ye yönelen göç hareketleri sonrasında tekrar canlandığını, ancak bu yeni dönüşümün tarihte olduğu gibi sadece yerel Rum halkından değil, Doğu Ortodoks Kilisesi'ne bağlı farklı etnik kimliklere sahip bireylerden oluştuğunu göstermektedir. Yapılan araştırma sonucunda 2016 yılında başlayan ibadetlerde geçmişteki dinsel ritüellerin korunarak sürdürüldüğü ve cemaat üyelerinin farklı etnik kimliklere ve buna bağlı olarak farklı müzik kültürlerine sahip Ortodoks bireyler olmasına rağmen aynı dinsel müzik pratiklerinde toplumsal aidiyet geliştirdikleri anlaşılmıştır. Bu çalışma, etnomüzikoloji disiplini çerçevesinde teorik incelemeye tabi tutularak kültürel bellek kavramıyla açıklanmayı amaçlamaktadır.

Mübadeleden Günümüze: İzmir Ortodoks Rum Cemaati

Türkiye Cumhuriyeti'nin uluslararası meşruiyet kazandığı diplomatik zemin, 1922–1923 yılları arasında işlenen Lozan Barış Konferansı olmuştur. Konferans kapsamında imzalanan Türk ve Rum Nüfuslarının Mübadelesine İlişkin Sözleşme ve Protokol ise Türkiye ile Yunanistan arasında gerçekleştirilecek zorunlu nüfus değişiminin esaslarını belirleyerek nüfus politikalarının hukuki dayanağını oluşturmuştur (Babaoğlu, 2019). 1 Mayıs 1923'te fiilen başlatılan göç, iki ülkenin nüfus yapısında kapsamlı değişikliklere yol açarken, yerleşim düzenlerinden toplumsal ilişkilere kadar uzanan geniş bir dönüşüm sürecini de beraberinde getirmiştir. Bu süreç, İzmir'deki nüfusu da doğrudan etkilemiş; kentte cemaat yaşamı önemli ölçüde zayıfladığından, kiliseler işlevsiz kalmıştır (Demirtürk ve Kaya, 2012).

Uzun yıllar devam eden bu süreç, Sovyetler Birliği'nin 1991 yılında dağılmasını takiben Türkiye'ye yönelen göç hareketleri sonucunda Rusya, Ukrayna ve Gürcistan vatandaşları büyük kentlerde daha görünür olmuştur (Komar, 2017). Büyük çoğunluğu Ortodokslardan oluşan göç hareketleri kentte yeniden bir cemaat yapısının oluşmasına zemin hazırlamış ve uzun yıllar işlevsiz kalan kiliselerin tekrar ibadete açılmasını mümkün kılmıştır. 2013 yılında kısmen başlayan ibadetler, 2016 yılında metropolit atamasıyla düzenli olarak yapılmaya başlanmıştır (Kalmoukos, 2016). Yaklaşık 10 yıl süren bu kurumsallaşma süreci 2024 tarihinde İzmir Ortodoks Rum Katedrali'nin tekrar açılmasıyla sonuçlanmıştır (Sigmalive, 2024). Ancak bu yeni dönemde cemaat, Cumhuriyet'in ilk yıllarına kadar olduğu gibi İzmir'in yerel Rum nüfusundan oluşmamakta, Rum, Rus, Romen, Gürcü vatandaşlardan oluşan çok kimlikli bir yapıyla devam etmektedir (Ekümenik Patrikhane, 2024).

Bellek Alanları: Kolektif ve Kültürel Bellek

Bellek, geçmişe ait bilgi, deneyim ve anlamların korunmasını, hatırlanmasını ve yeniden üretilmesini sağlayan bir süreçtir. Bellek kavramı yalnızca bireysel zihinsel faaliyetlerle sınırlı kalmamakta, toplumsal ve kültürel bağlam içerisinde şekillenen bir olgu olarak da ele alınmaktadır. Bu doğrultuda bellek, bireylerin geçmişe ilişkin deneyimlerini saklayan bir mekanizma olmanın yanında, toplulukların kimliklerini ve sürekliliklerini inşa etmelerinde etkili bir unsur olarak değerlendirilmektedir (Erol, 2024). Belleğin toplumsal boyutuna dikkat çeken ilk araştırmacılardan biri olan Halbwachs, bireysel hatırlamanın toplumsal çerçeveler içinde gerçekleştiğini ileri sürmüş ve insanların geçmişi tek başlarına hatırlamayıp, çeşitli sosyal gruplar aracılığıyla oluşturulan ortak referanslar sayesinde hatırlama eylemini gerçekleştirdiklerini savunmuştur. Bu perspektife göre bellek, bireysel bir yetiden çok toplumsal bir yapı içerisinde anlam kazanmaktadır.

Hatırlama süreci, bireyin mensubu olduğu grupların değerleri, normları ve ortak deneyimleri doğrultusunda şekillenmektedir. Bu nedenle bireysel anılar toplumsal ilişkiler ağı içerisinde yeniden düzenlenmekte ve anlamlandırılmaktadır. Halbwachs (2018) bu noktada bellek kavramını "kolektif bellek" olarak sunmaktadır. Kolektif bellek, belirli bir topluluğun ortak geçmişine ilişkin bilgi, deneyim ve anlamların paylaşılması yoluyla oluşmaktadır. Yalnızca geçmişin korunmasını sağlamakla kalmamakta, aynı zamanda topluluğun kimliğinin inşasına ve aidiyet duygusunun güçlenmesine de katkı sunmaktadır. Böylece geçmiş, toplumsal grupların güncel ihtiyaçları ve bakış açıları doğrultusunda sürekli olarak yeniden yorumlanmakta ve yeniden üretilmektedir (Halbwachs, 2018).

Halbwachs'ın kolektif bellek kuramını geliştiren Assmann (2022) kolektif belleği iletişimsel bellek ve kültürel bellek olmak üzere iki temel kategori altında ele almaktadır. İletişimsel bellek, bireylerin gündelik yaşam içerisinde aile, arkadaşlık ve sosyal çevre aracılığıyla aktardıkları yakın geçmişe ilişkin canlı hatıralardan oluşmaktadır. Bu bellek türü sözlü aktarım yoluyla sürdürülmekte ve genellikle üç ya da dört kuşağı kapsayan bir zaman dilimiyle sınırlı kalmaktadır. Kültürel bellek ise toplumların geçmişe ilişkin bilgi, değer ve deneyimlerini ritüeller, törenler, metinler, müzik, semboller ve kutsal mekânlar gibi kültürel taşıyıcılar aracılığıyla uzun süreli olarak koruyan ve kuşaklar arasında aktaran bir bellek biçimidir. Bu iki bellek türü kolektif belleğin farklı görünümlerini oluşturmakta; kültürel bellek özellikle toplumsal kimliğin korunması, yeniden üretilmesi ve sürekliliğinin sağlanmasında önemli bir işlev üstlenmektedir (Assmann, 2022).

Benzer şekilde, Connerton (1992) toplumların geçmişi yalnızca yazılı kayıtlar yoluyla değil, bedensel pratikler ve tekrar eden ritüeller aracılığıyla da hatırladıklarını belirtmektedir. Anma törenleri, dinsel uygulamalar ve geleneksel davranış biçimleri geçmişin canlı tutulmasına ve toplumsal belleğin sürekliliğine katkı sağlamaktadır. Bu yaklaşımlar doğrultusunda bellek, bireylerin ve toplulukların geçmişe ilişkin bilgi, deneyim ve anlamları muhafaza ederek yeniden üretmelerini sağlayan; kimlik, aidiyet ve kültürel sürekliliğin oluşumunda önemli rol oynayan dinamik bir hatırlama sistemi olarak tanımlanabilir (Connerton, 1992).

Belleğin toplumsal ve kültürel boyutları dikkate alındığında, dinsel kurumlar ve bu kurumlarda sürdürülen ritüeller kültürel belleğin aktarımında önemli bir işlev üstlenmektedir. Özellikle ibadet mekânları, yalnızca dini pratiklerin gerçekleştirildiği alanlar olarak kalmamakta; aynı zamanda bir topluluğun geçmişe ilişkin bilgi, değer ve geleneklerini koruyan bellek mekânları olarak da varlık göstermektedir. Bu bağlamda kiliseler, cemaatlerin tarihsel deneyimlerini, inanç sistemlerini ve kültürel kimliklerini somutlaştıran mekânlar olarak kültürel belleğin taşıyıcıları arasında yer almaktadır.

Assmann'ın (2022) kültürel bellek kuramına göre geçmişin kuşaklar arasında aktarımı, tekrar eden kültürel pratikler aracılığıyla gerçekleşmektedir. Ritüeller, dini törenler ve bu törenlerde kullanılan sembolik unsurlar toplumsal belleğin yeniden üretilmesini sağlayan temel araçlardır. Bu nedenle dini müzik de yalnızca ibadetin bir unsuru olarak değil, geçmişe ait kültürel ve dini birikimin günümüzde yeniden hatırlanmasını sağlayan bir bellek taşıyıcısı olarak değerlendirilmektedir (Assmann, 2022).

Belleğin Müzik Yoluyla Aktarımı: Bizans Müzik Geleneği

Müziğin kültürel bellek yoluyla nasıl aktarıldığı olgusu, Assmanncı ve Connertoncu anlamda geliştirilen yaklaşımlar kuramında açıklanabilmektedir. Dinsel müziğin her türlü yazılı kaynakları (notasyon sistemleri, kayıt teknolojileri) ve icra pratikleri arasındaki ilişki, kültürel belleğin süreklilik kazanmasını görünür kılmaktadır. Bu bağlamda İzmir Ortodoks Rum cemaatinin dinsel müzik pratikleri de kültürel belleğin farklı aktarım biçimlerini aynı anda taşıyan çok katmanlı bir yapı olarak değerlendirilmektedir. Assmann'a (2022) göre kültürel bellek yazı, ritüel, anıt, dinsel pratik ve sanatsal üretim gibi taşıyıcı yapılar aracılığıyla bireysel ve toplumsal hatırlama süreçleriyle birlikte oluşmaktadır. Bu çerçevede Assmann, Czaplicka (1995) ile yapmış olduğu "Kollektif Bellek ve Kültürel Kimlik" adlı çalışmasında kültürel belleğin "potansiyel kip" ve "fiili kip" olmak üzere iki farklı görünüm biçiminden söz etmektedir. Potansiyel kip, bir toplumun geçmişine ilişkin bilgi, sembol, metin, ritüel ve geleneklerin kültürel hafızada korunarak aktarılabilir durumda bulunmasını ifade etmektedir. Bu aşamada kültürel unsurlar mevcut olmakla birlikte, gündelik yaşam içerisinde aktif olarak kullanılmaları zorunlu değildir. Buna karşılık fiili kip, kültürel bellekte saklanan bu unsurların belirli toplumsal ihtiyaçlar doğrultusunda yeniden hatırlanması, yorumlanması ve uygulanması sürecini ifade etmektedir. Başka bir ifadeyle potansiyel kip, kültürel belleğin depolanmış ve muhafaza edilen yönünü; fiili kip ise bu belleğin ritüeller, törenler ve çeşitli kültürel pratikler aracılığıyla yeniden canlandırılan ve işlevsel hâle getirilen yönünü göstermektedir (Assmnn, 2022).

Connertoncu yaklaşımda ise kültürel bellek "bedenleştirme pratikleri" ve "kaydetme pratikleri" olmak üzere iki temel kategoriye ayrılmaktadır. Bedenleştirme pratikleri, toplumsal belleğin insan bedeni aracılığıyla yeniden üretilmesini sağlayan davranışlar, ritüeller, törenler ve alışkanlıklardan oluşmaktadır. Bu pratikler, bireylerin tekrar eden eylemler yoluyla belirli bilgi ve değerleri öğrenmelerini ve sonraki kuşaklara aktarmalarını mümkün kılmaktadır. Özellikle dinsel ritüeller, ibadet biçimleri, törenler ve müzikal uygulamalar, geçmişe ait kültürel unsurların canlı tutulmasına katkı sağlayan bedenleştirme pratikleri arasında yer almaktadır. Kaydetme pratikleri ise toplumsal bilginin yazılı metinler, arşivler, anıtlar, mimari yapılar, görsel materyaller ve diğer maddi kayıt araçları aracılığıyla muhafaza edilmesini ifade etmektedir. Bu pratikler sayesinde geçmişe ilişkin bilgi ve deneyimler fiziksel biçimlerde saklanarak zaman içerisinde korunabilmektedir (Connerton, 1992).

Bu perspektiften bakıldığında, Connertoncu anlamda kaydetme pratikleri ve bedenleştirme pratikleri kategorizasyonlarının, kaydetme pratikleri Assmanncı anlamın potansiyel kipine, bedenleştirme pratikleri ise fiili kipine karşılık gelmektedir. Bu karşılaştırmayı Bizans müzik geleneği üzerinden analiz edebiliriz.

Bizans müzik geleneği, Doğu Roma İmparatorluğu'nun litürjik yapısı içinde şekillenen ve ibadet pratikleriyle doğrudan bütünleşmiş tek sesli bir müzik sistemidir. 1. ve 6. yüzyıllar arasındaki erken Hristiyanlık yıllarının ilk kilise müziği örnekleri değerlendirildiğinde, dinsel müzik pratiğinin üç temel yapıdan oluştuğu görülmektedir. Mezmur Okumaları, İlahiler ve Ruhsal Ezgiler olarak sınıflandırılan bu yapı günümüzde de korunarak devam etmektedir. Notasyon sisteminin ilk örnekleri 6. yüzyılda "Ekfonetik Notasyon" adıyla karşımıza çıkmaktadır. Kutsal metinlerin üzerine çizilen kırmızı işaretlerden oluşan bu sistem eser besteleye yeterli olmadığından, sözlü geleneğe hizmet etmektedir. İlahilerin yazılı kayda alınabilmesine imkân sağlayan modern müzik notasyonunun ilk örnekleri ise 9. yüzyılda geliştirilmeye başlanmıştır. Neuma adı verilen bu teknik, kilise korolarında düzenli sesler bütünlüğünü sağlamak ve sözlü gelenek olarak devam eden ilahileri yazılı kayıt altına alabilmesine imkân sağlamıştır. Bizans litürjik müzik pratiğinin temel yapılarından biri olan "sekiz ton sistemi" (oktoechos) merkezi bir konumda ele alınmaktadır. Haftalık ayin döngüsüne göre düzenlenen bu modal sistem, Ioannes Damaskenos ile ilişkilendirilmektedir. Damaskenos'a atfedilen Oktoechos geleneği, Bizans müziğinde ezgisel yapıların, ilahi repertuvarının ve litürjik zaman anlayışının sistematik bir bütün hâline gelmesini sağlamıştır.

Günümüz Ortodoks kiliselerinin dinsel müzik pratikleri, İzmir Ortodoks Rum Kiliseleri'nde de olduğu üzere, Bizans geleneğine dayalı olarak sekiz ton sistemiyle icra edilmektedir (Wellesz, 1998).

SONUÇ

Bu çalışma, İzmir'deki Ortodoks Rum kiliselerinde yeniden görünürlük kazanan cemaat yapısının tarihsel süreklilik ve dönüşüm dinamiklerini dinsel müzik pratiği üzerinden ele almıştır. Araştırma verileri, 1923 yılında gerçekleştirilen Türk-Rum nüfus mübadelesi sonrasında büyük ölçüde kesintiye uğrayan Ortodoks kilise yaşamının, 1990'lı yıllardan itibaren Türkiye'ye yönelik uluslararası göç hareketleri sonucunda yeniden kurumsal ve toplumsal bir zemin kazandığını göstermektedir. Bu yeniden yapılanma süreci, 2016 yılı itibarıyla düzenli ibadet pratiklerinin yeniden tesis edilmesiyle somutlaşmış ve yeni dönemin cemaat yapısı tarihte olduğu gibi tek bir etnik kimlik olan Rumları temsil etmekten ziyade Rum, Rus, Romen ve Gürcü vatandaşlardan oluşan çok kimlikli bir görünüm kazanmıştır.

Bizans müzik geleneğinin tarihsel sürekliliği içinde şekillenen Ortodoks dinsel müziği, İzmir örneğinde sözlü aktarım ve Bizans notasyon sistemine dayalı yapısını korumakla birlikte, farklı müzik kültürlerine sahip bireylerin katılımıyla yeni bir bağlam kazanmıştır. Bu bağlam, kültürel bellek yaklaşımı çerçevesinde değerlendirildiğinde, ritüel müzik pratiği geçmişin korunmasından ziyade, kolektif aidiyetin yeniden üretildiği dinamik bir yapı olarak işlev görmektedir.

Kültürel bellek, cemaatlerin ortak mirasını oluşturan geçmişle ilişkili her türlü deneyim, inanç ve geleneklerin bütünüdür. Bir topluluğun kimliğini koruyan başlıca unsur ortak değerlerine sahip çıkmaktır. Ortak değerlerin korunması, sürdürülmesi, yeniden yaşatılması Ortodoks Rum topluluğu gibi çokkimlikli oluşumların var olma biçimidir. Müziğin buradaki rolü ise toplumsal aidiyet duygusuyla etkili bir şekilde ifade edilmesidir.

Kaynaklar

Assmann, J. (2022). Kültürel bellek: Eski yüksek kültürlerde yazı, hatırlama ve politik kimlik. (Çev. A. Tekin). Ayrıntı Yayınları.

Babaoğlu, R. (2019). Muharebeden Diplomasiye: Lozan Konferansı'nda Türk Delegasyon Heyetinin Karşılaştığı Zorluklar. *Atatürk Araştırma Merkezi Dergisi,* 35 (1), 95-140. https://doi.org/10.33419/aamd.558002

Batuk, C. (2013). Din ve Müzik: Dinler Tarihi Bağlamında Din-Müzik İlişkisine Genel Bir Bakış Denemesi. *Ondokuz Mayıs Üniversitesi İlahiyat Fakültesi Dergisi,* 35(35), 45-70. https://doi.org/10.17120/omuifd.33403

Çayci, M. (2024). Bellek, Kimlik ve Müzik: İzmir Sefarad Yahudilerinde Dinsel ve Dindışı Müzik Pratikleri, Kora Yayın.

Connerton, P. (1992). Toplumlar nasıl anımsar? (Çev. A. Şenel) Ayrıntı Yayınları.

Demirtürk, S., & Kaya, M. (2014). 1922 Yangını Sonrasında İzmir'de Bunalımlar. *21. Yüzyılda Eğitim ve Toplum,* 1(2), 122-128. https://dergipark.org.tr/tr/pub/egitimvetoplum/article/69860

Ekümenik Patrikhane (2024). Επίσημα θυρανοίξια του Ι. Καθεδρικού Ναού Κοιμήσεως της Θεοτόκου στη Σμύρνη Erişim adresi https://ec-patr.org/episima-thyranoixia-toy-i-kathedrikoy-n/ Son erişim 31 Mayıs 2026.

Erol, A. (2024). Bellek, Tarih ve Müzik: Finlandiya Tatarları. Bağlam Yayıncılık.

Halbwachs, M. (2018). Kollektif bellek (çev. Z. Karagöz). Pinhan Yayınları.

Kalmoukos T. (2016). Η πρώτη συνέντευξη του Μητροπολίτη Σμύρνης Βαρθολομαίου Erişim adresi https://www.romfea.gr/oikoumeniko-patriarxeio/10144-i-proti-sunenteuji-tou-mitropoliti-smurnis-bartholomaiou Son Erişim 30 Mayıs 2026.

Komar, V. (2017). İki Dünya Savaşı Arası Dönemde Türkiye'deki Sovyet Karşıtı Göç Faaliyetleri. Vakanüvis- Uluslararası Tarih Araştırmaları Dergisi, 2, 237-254. https://doi.org/10.24186/vakanuvis.356280

Sigmalive.com (2024, Aralık 8). Τουρκία: Επίσημα θυρανοίξια του καθεδρικού ναού Κοιμήσεως Θεοτόκου στη Σμύρνη Erişim adresi https://www.sigmalive.com/news/all/1258008/toyrkia-episima-thiraniksia-toy-kathedrikou-naou-koimiseos-theotokoy-sti-smyrni Son Erişim 31 Mayıs 2026.

Wellesz, E. (1961). A history of Byzantine music and hymnography. Oxford: Clarendon Press

RUMİNANTLARDAN KAYNAKLANAN ENTERİK METAN EMİSYONLARININ AZALTILMASINA YÖNELİK STRATEJİLERDE MAKROALG KULLANIMININ ÇEVRESEL ETKİLERİ

ENVIRONMENTAL IMPACTS OF MACROALGAE USE IN STRATEGIES FOR MITIGATING ENTERIC METHANE EMISSIONS FROM RUMINANTS

Dr. *Erdinç ALTINÇEKİÇ*
Gıda ve Yem Kontrol Merkez Araştırma Enstitüsü, Bursa, Türkiye
ORCID ID: 0000-0002-8728-3044

Doç. Dr. *Şeniz ÖZİŞ ALTINÇEKİÇ*
Bursa Uludağ Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Zootekni Bölümü, Türkiye
ORCID ID: 0000-0001-9044-8092

Öğr.Üye. Dr. *Sevil ÇALIŞKAN ELEREN*
Bursa Uludağ Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, Türkiye
ORCID ID: 0000-0002- 8489-9214

ÖZET

İklim değişikliğiyle mücadelede, ruminantlardan kaynaklanan enterik metan emisyonlarının azaltılması kritik öneme sahiptir. Bu bağlamda makroalgler (deniz yosunları), hem yüksek karbon tutma potansiyelleri hem de rumende metan oluşumunu baskılayabilen doğal yem katkı maddeleri olmaları nedeniyle dikkat çekmektedir. İçerdikleri çoklu doymamış yağ asitleri, pigmentler, polisakkaritler, fenolik bileşikler ve şelatlı mineraller sayesinde makroalgler, yalnızca metan emisyonlarının azaltılmasına değil, aynı zamanda hayvan sağlığının desteklenmesine, yemden yararlanmanın iyileştirilmesine ve hayvansal ürünlerin besin değerinin artırılmasına da katkı sağlayabilmektedir. Deniz yosunu takviyesi, metan şeklinde kaybedilen enerjinin daha etkin kullanılmasına olanak tanıyarak hayvan performansı üzerinde olumlu etkiler oluşturabilmektedir. Bununla birlikte, bu etkinin kullanılan makroalg türüne, uygulama dozuna, hayvanın fizyolojik durumuna ve rasyonun bileşimine göre değişebileceği dikkate alınmalıdır. Ayrıca bazı makroalg türlerinde bulunan biyoaktif bileşiklerin uzun dönemli etkileri ile olası kalıntı ve güvenilirlik boyutlarının da ayrıntılı biçimde değerlendirilmesi gerekmektedir. Makroalg kullanımının çevresel etkileri yalnızca metan azaltımı ile sınırlı değildir; üretim, hasat, işleme, taşıma ve tedarik zinciri aşamalarında ortaya çıkabilecek enerji kullanımı, ekolojik ayak izi ve ekonomik uygulanabilirlik gibi unsurların da birlikte değerlendirilmesi gerekmektedir. Bu nedenle makroalglerin ikincil ürün olarak değerlendirilmesi veya entegre üretim sistemlerinin bir parçası olarak kullanılması, çevresel sürdürülebilirliği destekleyen daha gerçekçi bir yaklaşım sunmaktadır. Bu çalışma, makroalglerin ruminant beslemede enterik metan emisyonlarını azaltma potansiyelini, etki mekanizmalarını ve çevresel sürdürülebilirlik üzerindeki çok yönlü sonuçlarını güncel literatür ışığında incelemektedir.

Anahtar Kelimeler: deniz yosunu, makroalg, enterik metan, ruminant, çevresel sürdürülebilirlik

ABSTRACT

Mitigating enteric methane emissions from ruminants is of critical importance in the fight against climate change. In this context, macroalgae (seaweeds) have attracted considerable attention due to both their high carbon sequestration potential and their function as natural feed additives capable of suppressing methane formation in the rumen. Owing to the presence of polyunsaturated fatty acids, pigments, polysaccharides, phenolic compounds, and chelated minerals, macroalgae may contribute not only to the reduction of methane emissions but also to the support of animal health, the improvement of feed efficiency, and the enhancement of the nutritional value of animal-derived products. Seaweed supplementation may also exert positive effects on animal performance by enabling a more efficient utilization of energy that would otherwise be lost in the form of methane. Nevertheless, it should be taken into consideration that this effect may vary depending on the macroalgal species used, the level of supplementation, the physiological status of the animal, and the composition of the diet.

In addition, the long-term effects of bioactive compounds present in certain macroalgal species, as well as possible residue and safety-related concerns, should be evaluated in detail. The environmental impacts of macroalgae use are not limited to methane mitigation alone; factors such as energy use, ecological footprint, and economic feasibility arising from production, harvesting, processing, transportation, and supply chain stages should also be assessed comprehensively. Therefore, the utilization of macroalgae as a secondary product or as part of integrated production systems appears to be a more realistic approach that supports environmental sustainability. This study examines, in the light of current literature, the potential of macroalgae to reduce enteric methane emissions in ruminant nutrition, their mechanisms of action, and their multifaceted implications for environmental sustainability.
Keywords: seaweed, macroalgae, enteric methane, ruminant, environmental sustainability

Giriş

Metan (CH_4), CO_2'den sonra küresel ısınmaya en büyük ikinci katkıyı sağlayan güçlü bir sera gazıdır ve atmosfere salınan küresel yıllık sera gazı emisyonlarının %16'sını temsil etmektedir (IPCC 2019). 20 yıllık bir süre içinde CH_4, eşdeğer miktarda CO_2'den 85 kat daha fazla ısıyı hapseder ve küresel ısınmayı hızlandırır (Climate Council of Australia, 2022). Ruminant hayvan yetiştiriciliğinden kaynaklanan CH_4 gazının önemli bir kısmı (yaklaşık %60) rumendeki bağırsak fermantasyonundan kaynaklanmaktadır (Tseten ve ark. 2022). Hayvancılık üretimi, özellikle geviş getiren hayvanlar aracılığıyla küresel sera gazı (GHG) emisyonlarının %14,5 ile %19'una katkıda bulunmaktadır (Johnson ve Johnson, 1995; Gerber ve ark. 2013). Bu emisyonların yaklaşık %9'u, hayvanların bağırsak fermantasyonundan kaynaklanan doğrudan CH_4 ve gübrenin anaerobik ayrışması ile organik azotun nitrifikasyonu ve denitrifikasyonundan salınan azot oksit (N_2O) gazlarından oluşmaktadır (IPCC 2007; Min ve ark. 2016). Tedarik zinciri, fosil yakıt kullanımı, nakliye ve yem üretimi gibi dolaylı süreçler de dahil edildiğinde, hayvancılığın toplam küresel emisyonlardaki payı %18 seviyelerine ulaşmaktadır (Steinfeld ve ark. 2006; Caro ve ark. 2014). Hayvanlar, CH_4 salınımı yoluyla tükettikleri brüt enerjinin %2'si ile %12'sini kaybetmektedir (Johnson ve Johnson, 1995; Min ve ark. 2016). Bu kayıp, insan kaynaklı küresel sera gazı emisyonlarının yaklaşık %6'sına tekabül eder (Čengić-Džomba 2025). Kırmızı et ve süt ürünleri üretiminden kaynaklanan emisyonlar nedeniyle oluşan bu küresel endişe, bağırsak kaynaklı CH_4'ü önemli ölçüde azaltma yeteneğine sahip yenilikçi yem bileşenlerinin araştırılmasını ve geliştirilmesini teşvik etmektedir. Yem katkı maddelerinin kullanımı, diyet manipülasyonu ve kaba yem kalitesine odaklanan çeşitli yaklaşımlar, bağırsak kaynaklı CH_4 emisyonlarını azaltarak hem çevresel etkiyi düşürür hem de yem enerjisinin korunması yoluyla verimliliği artırabilir (Roque ve ark. 2021). Son yıllarda özellikle CH_4'ü önemli ölçüde azaltma veya ortadan kaldırma yeteneğine sahip, deniz yosunlarını da içeren yenilikçi yem bileşenlerinin geliştirilmesi teşvik edilmektedir (Liu ve ark. 2025; Kinley ve ark. 2016; Maia ve ark. 2019). Biyoaktif bileşikler açısından zengin makroalgler, rumen fermantasyonunu düzenleme, sindirilebilirliği artırma ve CH_4 üretimini azaltma yetenekleri nedeniyle potansiyel anti-metanojenik yem bileşenleri olarak dikkat çekmektedir (Hristov 2024; Wahyuni ve ark. 2026). Makroalgler bu özellikleri dolayısı ile, çiftlik bazlı bütüncül bir çevresel yönetim stratejisinin parçası olarak ele alınmalıdır. Hayvancılık kaynaklı sera gazı emisyonlarının düşürülmesi; makroalgler gibi yenilikçi yem stratejileriyle emisyon yoğunluklarının iyileştirilmesi ve hayvan sayısı ile gübre miktarı gibi faaliyet seviyelerinin sürdürülebilir bir dengede yönetilmesiyle mümkündür (Kinley ve ark. 2020; T.C. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı ÇŞİDB 2024). Küresel ve ulusal ölçekte hayvancılıkta metan emisyonlarının yönetimi, Paris Anlaşması'nın küresel ısınmayı 1,5°C sınırında tutma hedefi ve 2021 Küresel Metan Taahhüdü ile şekillenen, bir yasal ve çevresel çerçeveye dayanmaktadır. Uluslararası düzeyde, Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi (UNFCCC) ve COP28 (Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Konferansı) Deklarasyonu gibi girişimler, gıda sistemlerini iklim politikalarının merkezine yerleştirirken; Türkiye, 2053 Net Sıfır Emisyon Vizyonu ve Avrupa Yeşil Mutabakatı'na uyum süreci doğrultusunda stratejik adımlar atmaktadır. Bu çevresel çerçeve, İklim Değişikliğine Uyum Stratejisi ve Eylem Planı (2024-2030) (T.C. ÇŞİDB 2024) ile Ulusal Katkı Beyanı (NDC) gibi yasal metinler aracılığıyla; enterik fermantasyonun yem katkılarıyla kontrol altına alınmasını, biyogaz tesisleri ile gübre yönetiminin modernize edilmesini ve verimlilik odaklı genetik ıslah çalışmalarını zorunlu kılan bütüncül bir azaltım rotası sunmaktadır.

Bu çalışmada, makroalg kullanımının ruminant metabolizması üzerindeki etkileri analiz edilirken; metan emisyonu yönetimi ve emisyon azaltım stratejilerinin ekonomik sürdürülebilirliği güncel literatürlerle ele alınmıştır.

Makroalglerin Besin Özellikleri ve Kullanım Potansiyelleri

Deniz yosunları veya makroalglerin (kahverengi, kırmızı ve yeşil algler) hayvan yemi olarak kullanımı uzun bir geçmişe dayanmaktadır. Günümüzde bu kaynaklar, hem zengin besin içerikleri hem de çevresel sürdürülebilirliğe katkıları nedeniyle geleneksel yemlere güçlü bir alternatif olarak değerlendirilmektedir. Makroalgler; kahverengi algler (*Phaeophyceae*), kırmızı algler (*Rhodophyceae*) ve yeşil algler (*Chlorophyceae*) olmak üzere üç ana sınıfa ayrılır. Bu canlıların biyokimyasal bileşimi; türün yanı sıra toplama zamanı, yaşam alanı, su sıcaklığı, ışık yoğunluğu ve sudaki besin konsantrasyonu gibi dışsal faktörlere bağlı olarak büyük bir değişkenlik gösterir (Makkar ve ark. 2016; Min ve ark. 2021).

Her grup, kendine özgü kompleks karbonhidratlar ve polisakkarit yapıları barındırır. Kahverengi algler; aljinatlar, polimerler ve laminarin içeren sülfatlanmış fukoz içerir. Kırmızı algler; agarlar, karagenanlar, ksilanlar, porfiranlar ve sülfatlanmış galaktanlar bakımından zengindir. Yeşil algler ise temel olarak ksilanlar ve sülfatlanmış galaktanlar ihtiva eder (Evans ve Critchley 2014; Makkar ve ark. 2016). Makroalgler, içerdikleri bol miktarda biyoaktif bileşik nedeniyle ticari olarak hasat edilirler (Wasson ve ark. 2022). Deniz yosunları, biyolojik olarak aktif bileşikleri sayesinde hayvan sağlığı ve ürün kalitesi üzerinde olumlu etkilere sahiptir. Özellikle inorganik formlara göre daha yüksek biyoyararlanım sunan şelatlı mikro mineraller, prebiyotik aktiviteye sahip kompleks karbonhidratlar, antioksidan özellikli pigmentler ve çoklu doymamış yağ asitleri bakımından değerli birer kaynaktırlar (Brault ve ark. 2005; Makkar ve ark. 2016). Bu bileşenler hem hayvanların hem de hayvansal ürünleri tüketen insanların sağlığına katkıda bulunma potansiyeline sahiptir (de la Moneda ve ark. 2019).

Mevcut araştırma bulguları, bazı deniz yosunlarının CH_4 emisyonlarını azalttığı hipotezini desteklemektedir. Deniz yosunları, sürdürülebilir geviş getiren hayvan üretimi için alternatif yem bileşenleri olabilir (Min ve ark. 2016). Deniz yosunlarının hayvanlarda refah ve sağlığı destekleme yeteneği, büyük ölçüde bazı deniz yosunu türleri tarafından sentezlenen biyoaktif ikincil metabolitler sayesinde sağlanmaktadır. Bu ikincil metabolitlerin bazıları antimetanojenik özelliklerden sorumludur (Roque ve ark. 2019a,b), ancak sağlığa yönelik faydaları genellikle diğer besin maddelerinden (örneğin, mineraller, protein ve doymamış yağ asitleri içeriği) (Cian ve ark. 2013) kaynaklanır. Makroalglerin anti-metanojenik özellikleri, kırmızı türlerde halojenli bileşikler ve kahverengi türlerde polifenoller veya izoprenoidler gibi ikincil metabolit içeriklerine atfedilmiştir. Bu bileşikler, rumen fermantasyon yollarını ve uçucu yağ asitleri üretim modellerini değiştirerek metanojenlerin aktivitesini önleme ve metanojenezi baskılayabilme yeteneğindedirler (Pandey ve ark. 2021). Bu durum özellikle rumende metanojenezi inhibe eden halojenli bileşiklerle, özellikle bromoformla bağlantılıdır (Stefenoni ve ark. 2021). Son zamanlarda yapılan in vitro ve in vivo çalışmalar, halojenli bileşik içeren kırmızı deniz yosunları *Asparagopsis taxiformis* ve *Asparagopsis armata*'nın, ot ve tahıl bazlı diyetlere eklendiğinde CH_4 üretimini azaltma potansiyeline sahip olduğunu göstermektedir (Roque ve ark. 2019a,b; Kinley ve ark. 2020; Min ve ark. 2021). *A. taxiformis* takviyesinin CH_4'ü sürekli olarak azaltması, bunun geviş getiren hayvanların karbon ayak izini önemli ölçüde azaltmak ve potansiyel olarak üretim verimliliğini artırmak için uygun bir yem katkı maddesi olduğunu göstermektedir **(**Roque ve ark. 2021). *Asparagopsis* biyokütlesinde en bol bulunan doğal ürün bromoformdur (1723 $\mu g\ g^{-1}$ kuru ağırlık (KM) biyokütle), bunu sırasıyla dibromoklorometan (15,8 $\mu g\ g^{-1}$ KM), bromokloroasetik asit (9,8 $\mu g\ g^{-1}$ KM) ve dibromoasetik asit (0,9 $\mu g\ g^{-1}$ KM) izler. Bromoform ve dibromoklorometan, CH_4 üretimini inhibe eden ≥1 µM konsantrasyonlarda en yüksek aktiviteye sahiptir. Ancak, bu etkiyi ortaya çıkarmak için %2 organik madde içeren biyokütlede yalnızca bromoform yeterli miktarda mevcuttur (Machado ve ark. 2016). McGurrin ve ark. (2023) bromoformun, metanojenik arkealarda metanogenez yolundaki son reaksiyonu katalize eden metil-koenzim M redüktaz için gerekli protez grubuna bağlanarak ve onu izole ederek rumende metan üretimini azalttığını bildirmiştir. Yani yem olarak kullanılan *Asparagopsis'in* bromoform içeriği ile tanımlanan kalitesi, ruminant hayvanların diyetine dahil edilme düzeyinin birincil belirleyicisidir. Yüksek bromoform içeriğine sahip (>6,55 mg/g) yüksek kaliteli bir ürün, diyete dahil edilme düzeyini azaltarak hem maliyeti düşürerek yetiştiriciler tarafından hayvana verilme mekanizmasını basitleştirilecek ve benimsenmeyi artıracaktır hem de tedarik zinciri boyunca çevresel,

ekonomik ve yönetimsel etki yaratarak kullanımının tüm yönlerini iyileştirecektir (Kinley ve ark. 2020). Halojenli bileşik içeren kırmızı deniz yosunları geviş getiren hayvanların diyetlerinde aktif bileşen olarak kullanıldığında, bromoform konsantrasyonu anti-metanojenik özelliklerin bir göstergesi olarak kullanılabilir (Min ve ark. 2021). Bromoform içeren deniz yosunu takviyesinin, metanojenezle etkileşime girdikleri için bağırsak kaynaklı CH_4 emisyonlarının en etkili inhibitörlerinden bazıları olduğu bildirilmiştir (Goel ve ark. 2009). Çalışmalar, bromoform içeren deniz yosununun, rumen fermantasyonu veya hayvan büyüme performansı üzerinde olumsuz etkiler olmaksızın CH_4 üretimini önemli ölçüde (%50 ila %95) azalttığını ve metanojenezin inhibisyonunu sağladığını göstermiştir (Kinley ve ark. 2016 ; Machado ve ark. 2018; Colin ve ark. 2024; Ahmed ve Nishida 2024; Angellotti ve ark. 2025). Yapılan başka bir çalışmada *Asparagopsis spp.'nin, in vitro* olarak geviş getiren hayvanlarda bağırsak CH_4 üretimini %99'a kadar azalttığı gösterilmiştir **(**Roque ve ark. 2021). *Asparagopsis* makroalglerinin *in vitro* çalışmalarında gösterilen metan emisyonlarını azaltma potansiyeli, süt sığırları kullanılarak *in vivo* olarak araştırılmış ve bu makroalgin diyet organik maddesine katılmasının CH_4 üretimi ve yoğunluğunda azalmaya yol açtığı tespit edilmiştir. Roque ve ark. (2019a) bu çalışmada deniz yosununun süt sığırlarına yem katkı maddesi olarak kullanılmasıyla bağırsak kaynaklı metan emisyonlarının potansiyel olarak yarıya indirilebileceğini ortaya koymuştur.
Esas olarak kahverengi deniz yosunlarında bulunan, florotaninler (floroglusinol polimerleri) rumen fonksiyonunu ve CH_4 üretimini etkileyebilir (Belanche ve ark. 2016; Huang ve ark. 2018). Kırmızı deniz yosunları, karagenan ve agar gibi jelleştirici biyopolimerler açısından zengindir ve bunlar aynı zamanda galaktan olarak da bilinir. Ayrıca besleyici, fonksiyonel veya biyolojik özelliklere sahip bir dizi biyoaktif bileşiğin de zengin bir kaynağıdırlar. Kırmızı deniz yosunları ayrıca halojenli düşük moleküler ağırlıklı bileşikler, özellikle bromlu ve klorlu haloformlar açısından da zengindir. Bu bileşiklerin CH_4 üretimini (bromoform) inhibe ettiği ve ayrıca güçlü antimikrobiyal özelliklere sahip olduğu bilinmektedir. Yüksek tahıllı diyetle beslenen sığırlarda bağırsak metanını temelden ortadan kaldırmak ve hayvanların üretim performansında iyileşme sağladığına dair kanıt sunmak amacıyla, *Asparagopsis taxiformis*'in yem bileşeni olarak kullanıldığı bir çalışmada, Brahman-Angus melez sığırların yemine farklı oranlarda organik madde olarak dahil edilmiş ve sığırlarda CH_4 emisyonlarında %40 ve %98'e varan azalma gözlemlendiği belirtilmiştir. Geviş getiren hayvanların rasyonlarına eser miktarda eklenen deniz yosunu, hayvancılık kaynaklı sera gazı salınımını azaltmada dönüştürücü bir role sahiptir. Bu yaklaşım, geniş ölçekli tarım ekosistemi için çevresel sürdürülebilirliği ve ekonomik verimliliği beraberinde getirmektedir (Kinley ve ark. 2020). Ancak deniz yosunları; ağır metaller, iyot ve çeşitli mineralleri bünyesinde biriktirme eğilimindedir. Kirletici yükü yüksek deniz yosunlarının tüketilmesi hem hayvan hem de insan sağlığı üzerinde ciddi olumsuz etkilere yol açabilir (Makkar ve ark. 2016). Dolayısıyla, bu risklerin yönetilmesi adına sıkı denetim ve kalite standartları hayati önem taşımakla birlikte; deniz yosununun sunduğu emisyon azaltma potansiyelinden sürdürülebilir bir şekilde faydalanılması, küresel iklim hedefleri açısından vazgeçilmez bir strateji olmaya devam etmektedir.

Ruminant diyetlerinde makroalg kullanımı ve metan emisyonuna etkileri

Hutchings ve ark. (2024) da metan oluşumunun azaltılmasına önemli katkı sağlayan bromoformun *Asparagopsis* türlerinin kuru kütlesinde %1-5 gibi oldukça yüksek konsantrasyonlarda bulunduğunu bildirmiştir. Hasat zamanının deniz yosununda bulunan bromoform miktarının göstergesi olmakla birlikte bu düzeyin depolama ve taşıma sırasında değişmeden kalmasını sağlamanın önemli olduğunu belirtmiş ve ruminant hayvan yeminin bir bileşeni olan bromoform konsantrasyonunun maliyetini ve çevresel etkisini azaltmak için hassas bir şekilde belirlenmesi gerektiğin vurgulamıştır. Machado ve ark. (2016), *A. taxiformis*, takviye olarak ruminant diteyine eklendiğinde (organik maddenin %2'si) in vitro CH_4 üretimini sürekli olarak baskıladığını bildirmiştir. Ayrıca ne *Asparagopsis* biyokütlesinin (%2 OM) ne de bromoformun (≤10 μM) substratın parçalanabilirliği veya toplam uçucu yağ üretimi üzerinde olumsuz bir etkisi bulunmadığını belirtmiştir. Li ve ark. (2018) koyun diyetine organik madde bazında %0.5, %1.0, %2.0 ve %3.0 oranlarında *A. taxiformis* takviyesinin, zaman içinde bağırsak CH_4 üretiminde tutarlı ve doza bağımlı bir azalmaya yol açtığını gözlemlemiş ve *Asparagopsis* verilmeyen gruba kıyasla %3.0'lük ilave oranında %80'e varan CH_4 azalması sağlandığını bildirmişlerdir. Roque ve ark. (2019a) Holstein ineklerde CH_4 üretiminin, rasyona düşük (%0.5) *A. armata* ilavesinde %26.4 ve yüksek (%1.0) ilavesinde %67.2 oranında önemli ölçüde azalma gösterdiğini saptamıştır.

Metan veriminin de %0.5 ve %1.0 *A. armata* ilavesi içeren diyetle beslenen ineklerde sırasıyla %20.3 ve %42.7 oranında önemli ölçüde azalma (P ¼ <0,0001) gözlendiğini bildirmiştir. Ayrıca yem alımının, düşük ve yüksek makroalg ilavesi içeren diyetle beslenen ineklerde sırasıyla %10.8 ve %38.0 oranında azaldığını, CH_4 yoğunluğunun ise %0.5 seviyesinde beslenen ineklerde %26.8, %1.0 seviyesinde beslenenlerde %60 oranında azaldığını belirtmiştir. Yanı sıra sütteki bromoform konsantrasyonlarının takviye oranları önemli ölçüde farklılık göstermediğini ve *A. armata*'nın bağırsak metan emisyonlarını azaltmak için yem katkı maddesi olarak kullanılma potansiyeline sahip olduğunu ifade etmiştir. Roque ve ark. (2021) da Angus-Hereford sığırlarının yüksek, orta ve düşük kaba yem içeren toplam karışık diyetine (TMR) *A. taxiformis'in* (bromoform içeriği 7.8 g/kg KM) %0.25 (Düşük) ve %0.5 (Yüksek) oranlarında takviyesinin CH_4 verimini sırasıyla %45 ve %68 oranında azalttığını gözlemlemiştir. Bununla birlikte düşük kaba yem içeren TMR'ye yapılan düşük orandaki *A. taxiformis* takviyesinin CH_4 verimini %69.8 (P<0.01) ve yüksek orandaki *A. taxiformis* takviyesinin %80.0 (P<0.01) oranında azalttığını bildirmiştir. *A. taxiformis* takviyesinin CH_4'ü sürekli olarak azaltmasının, bunun ruminant hayvanların karbon ayak izini önemli ölçüde azaltma ve potansiyel olarak üretim verimliliğini artırma amacıyla kullanılabilecek bir yem katkı maddesi olduğunu gösterdiğini ifade etmiştir. Stefenoni ve ark. (2021) laktasyon dönemindeki ineklerin diyetine %0.50 KM oranında dahil edilen *A. taxiformis'in*, bağırsak kaynaklı CH_4 emisyonunda %98'e kadar büyük bir oranda azaltıcı etkiye sahip olabileceğini ancak bu oranda *A. taxiformis'in*, kuru madde alımını azaltabileceğini ve bunun da süt üretiminde azalmaya yol açabileceğini bildirmiştir. George ve ark. (2024) besi sığırı rasyonuna *A. armata* (25 mg bromoform/kg KM) eklenmesinin 200 günlük besleme sonunda metan emisyonlarını %51.7 oranında azalttığını, 19.7 kg daha fazla canlı ağırlığı ile performansı iyileştirdiğini ve geleneksel sığır etine benzer yeme kalitesine sahip güvenli sığır eti ürettiğini bildirmiştir. Sherwood ve ark. (2025) laktasyon dönemindeki süt ineklerinin diyetine *Alga Bio 3.0* ilavesinin toplam CH4'ü %19.6 ve birim KM alımı başına CH4'ü %17.9 oranında azalttığını, bununla birlikte KM alımı, süt verimi veya süt proteini verimi üzerinde de olumsuz bir etki yapmadığını bildirmiştir. Omale ve ark. (2025) laktasyonun son dönemindeki Holstein ineği diyetine kuru madde bazında (%0,30, %0,45 ve %0,60 oranlarında) katılım oranı arttıkça CH_4 üretiminin ve CH_4 veriminin sırasıyla %77 ve %59'a kadar doğrusal olarak azaldığını bildirmiştir. Bununla birlikte süt verimi ve süt yağı konsantrasyonunun *A. taxiformis*'in diyete %0.45 ve %0.60 katılım oranında azaldığını ancak %0,30 oranında diyete eklendiğinde süt verimi ve süt yağı konsantrasyonunun değişmediğini gözlemlemiştir. *A. taxiformis* kullanılarak geç laktasyon dönemindeki ve muhtemelen diğer laktasyon aşamalarındaki süt ineklerinden kaynaklanan bağırsak kaynaklı CH_4 emisyonlarını etkili bir şekilde azaltmak için bromoform konsantrasyonundaki değişkenliğin yönetilmesinin şart olduğunu vurgulamıştır. Romero ve ark. (2023) bromoform ile metanogenezin inhibe edilmesinin rumende metanojenlerin büyümesini ve bolluğunu baskılayabileceğinin bunun da sürdürülebilir bir CH_4-azaltma potansiyelini düşürebileceğine dikkat çekmiştir. Nitekim Angellotti ve ark. (2025), sığırlarda diyete *A. taxiformis* eklenmesinin CH_4 verimini düşürdüğünü ancak bu düşüşün dokuzuncu haftada ortadan kalktığını bildirmiştir. Yazarlar, CH_4 verimindeki düşüşü diyete eklenen bromoform konsantrasyonundaki artışa bağlamışlardır ve dokuzuncu haftadaki CH4 düzeyindeki azalmanın ilk haftaya göre yaklaşık %20 daha düşük olduğunu tespit etmişlerdir. Krizsan ve ark. (2023) süt ineklerinin diyetlerine %0.5 *A. taxiformis* eklenmesiyle bağırsak fermantasyonundan ortalama olarak, günlük CH_4 üretimini, CH_4 verimini ve CH_4 yoğunluğunu sırasıyla %60, %54 ve %58 oranında azalttığını bildirmiştir. Meo-Filho ve ark. (2024) günde ortalama 441 g peletlenmiş *A. taxiformis* tüketen sığırlarda, CH_4 üretimi ve veriminin sırasıyla %37.7 ve %24.0 oranında azaldığını tespit etmiştir. Williams ve ark. (2024) laktasyondaki süt ineklerinin sağım sırasında günde iki kez günde 341 g KM sıvı (bromoform konsantrasyonu 0.67 mg/g) ya da 286 g KM pelet formdaki (bromoform konsantrasyonu 0.90 mg/g) *A. armata* bazlı ürünlerle beslenmelerinin toplam KM, kaba yem KM, konsantre yem KM veya süt verimi üzerinde hiçbir etkisinin olmadığı saptamışlardır. Ayrıca metan üretimi (g CH_4/gün), metan verimi (g CH_4/kg DMI) ve metan yoğunluğunun (g CH_4/kg enerji düzeltilmiş süt) yaklaşık %20 oranında azaldığını bildirmişlerdir. İki formülasyon arasında metan azaltımında bir fark görülmemesi sebebiyle iki formülasyonun bromoform alımı aynı olduğunda eşit derecede iyi performans gösterdiğini ve besleme için kullanılacak formülasyon seçiminin pratiklik ve çiftlik uygulamalarından etkileneceğini gösterdiğini ifade etmiştir. Bununla birlikte hem sıvı (2.43 µg/L) hem de pelet (1.64 µg/L)

A. armata formülasyonuyla beslenen ineklerin sütündeki bromoform konsantrasyonlarının arttığını ancak bromoform konsantrasyonlarının Dünya Sağlık Örgütü tarafından belirlenen güvenli tüketim için 100 µg/L sınırının oldukça altında olduğunu tespit etmiş ve bu nedenle, bu *A. armata* formülasyonlarıyla beslenen ineklerden elde edilen sütün insan tüketimi için güvenli olduğunu bildirmiştir. Yanı sıra çalışmada kullanılan iki *A. armata* formülasyonunun da süt iyot konsantrasyonu üzerindeki etkisinin ihmal edilebilir olduğunu çünkü elde edilen değerin tam yağlı sütteki iyot için referans değerlerinin alt sınırına (176 µg/L ila 838 µg/L) yakın olduğunu belirtmiştir. Williams ve ark. (2024)'nın sonuçları, *Asparagopsis* ürünlerinin formunun kritik olmadığını, ancak bromoformun etkili dozunun kritik olduğunu göstermektedir. Eikanger ve ark. (2024), %0.25 oranında *A. taxiformis* (*b*romoform içeriği 4.3 g/kg) ilavesinin, yonca silajı bazlı diyetlerle beslenen süt ineklerinden kaynaklanan CH_4 emisyonunu azalttığını, bununla birlikte, %0.25 *A. taxiformis* grubunda azalan KM, azalan MY ve artan süt iyot içeriğine vurgu yaparak süt üretiminde *A. taxiformis'in* büyük ölçekli kullanımında dikkatli olunması gerektiğini bildirmiştir. Alvarez-Hess ve ark. (2024) ise süt ineklerinin diyetine artan oranlarda bromoform ilavesinin, sütteki bromoform konsantrasyonlarını (0.60 µg/L) artırdığını ancak tespit edilen konsantrasyonların insanlar için sütte yayınlanmış güvenli tüketim seviyelerinden önemli ölçüde daha düşük olduğunu bildirmiştir. Ahmed ve Nishida (2024) süt ineklerinin diyetine %0.25 ve %0.50 *A. armata* biyokütlesi (bromoform içeriği 1.7 mg/g KM) takviyesinin in vitro fermantasyon özelliklerini tehlikeye atmadan, CH_4 veriminde (mL/g) sırasıyla %62.5 ve %95.6 oranında önemli azalmalara yol açtığını saptamışlardır. Aynı çalışmada süt ineklerinin diyetine 0.0018, 0.0036 ve 0.0073 mg olmak üzere üç farklı konsantrasyonda bromoform eklediklerinde ise CH_4 veriminde (mL/g) sırasıyla %7.6, %23.0 ve %59.6 oranında bir azalma elde etmişlerdir. Sonuçta bromoformun CH_4 üretiminde doza bağlı olarak bir azalmaya yol açtığını buna karşın *A. armata* ilavesinin bromoformun eşdeğer dozlarından daha büyük bir etki gösterdiğini bunun da biyokütledeki diğer bileşenlerin (azalmanın %40'ına kadarından sorumlu olan) *A. armata'*nın anti-metanojenik etkinliğinde önemli bir rol oynadığının göstergesi olduğunu bildirmişlerdir. Dolayısıyla bromoformun yem katkı maddesi olarak %0.50 *A. armata*'nın biyokütlesiyle aynı indirgeme potansiyeline (%95) sahip olması için, bromoform dozunun artırılması gerekmektedir. Ancak makroalglerin aktif bileşen konsantrasyonlarındaki varyasyon nedeniyle ruminant diyetlerine dahil edilme düzeyleri hayvan ve insan sağlığı açısından tehlikeleri konusunda endişelere yol açmaktadır (Wasson ve ark. 2022). Bu nedenle, etkili CH_4 indirgemesi sağlamak için tüm biyoaktif bileşikler için tamamlayıcı bir etki mekanizmasına sahip tüm biyokütlenin kullanılması, takviye seviyesini artırma ihtiyacını azaltacak ve böylece endişeleri ve sağlık risklerini azaltacaktır. Glasson ve ark. (2022) *Asparagopsis* biyokütlesinin minimum etkili katılım seviyelerinde veya bu seviyelere yakın yerlerde, hayvansal ürünlerde tespit edilebilir düzeyde bromoformun bulunmadığını, bu durumun hayvan sağlığını ve ürün kalitesini güvence altına aldığını bildirmiştir. Wasson ve ark. (2026) *Laurencia snackeyi* olarak tanımlanan kırmızı bir makroalgin laktasyon dönemindeki süt ineği diyetine %1.5 (KM bazında) oranında 28 gün boyunca takviyesinin, ineklerde KM alımını %12 azalttığını, süt bileşimini etkilemediğini, bağırsak gazı günlük CH_4 üretimini, verimini ve yoğunluğunu kontrol grubuna kıyasla sırasıyla %37, %26 ve %27 oranında azalttığını bildirmiştir. Mihaila ve ark.(2022) birden fazla kırmızı algin in vitro metan azaltımı üzerindeki etkisini karşılaştırmış ve diyete %2 OM oranında *A. armata* eklenmesinin metan üretimini tamamen engellediğini saptamıştır. Ayrıca, *Bonnemaisonia hamifera* (%10 OM) ilavesinin metan üretiminde en önemli azalmayı (%98,8) sağladığını, *Euptilota formisissima, Gracilaria vermiculophylla, Laurencia filiformis, Hypnea pannosa* ve *Plocamium cirrhosum*'un metan üretimini %40 ila %50 oranında azalttığını tespit etmiş üstelik hiç birinde *Asparagopsis'*teki birincil biyoaktif bileşen olan bromoform bulunmadığı için *Asparagopsis*'e alternatif metanojenik karşıtı deniz yosunu olabileceklerini bildirmiştir. Benzer şekilde Guinguina ve ark. (2023) kırmızı bir makroalg türü olan *Bonnemaisonia hamifera*'nın süt ineklerinde CH_4'ü (%12.3) azaltma kapasitesine sahip olduğunu ve hem yapısında bromoform bulunmaması hem de düşük iyot içeriğinin onu diğer bazı kırmızı alg türlerine kıyasla daha güvenli ve çevre dostu bir seçenek haline getirdiğini bildirmiştir. Roskam ve ark. (2022) ruminant diyetine 10 g/kg KM oranında dahil ettikleri 8 farklı deniz yosunundan *(Asparagopsis taxiformis, Ascophyllum nodosum, Bifurcaria bifurcata, Cystoseira tamariscifolia, Fucus vesiculosus, Himanthalia elongata, Pelvetia canaliculata ve Ulva intestinalis) A. Taxiformis* hariç hiçbirinin CH_4 üretimini azaltmada da başarılı olamadığını saptamış ve sonuçta bromoform içermeyen kahverengi ve yeşil deniz yosunlarının diyet sindirilebilirliği veya fermantasyon modelleri üzerinde olumsuz bir etkiye sahip olmamakla birlikte enterik CH4 üretimini

azaltma etkisi göstermediğini bildirmiştir. Thorsteinsson ve ark. (2023) da kahverengi bir makroalg olan *Fucus serratus*'un, özellikle mısır silajına ve bir ölçüde de yonca silajına eklendiğinde CH_4 azaltıcı potansiyel gösteren ve İskandinavya'dan temin edilebilen tek makroalg olduğunu bildirmiştir. Ayrıca kahverengi makroalglerin hiçbirinde tespit edilebilir halometan konsantrasyonu bulunmadığı için bunların CH_4 azaltıcı etkilerinin halometanlardan farklı etki mekanizmalarına sahip diğer biyoaktif bileşenlerden kaynaklandığını bu bileşenlerin de muhtemelen yapılarında yüksek konsantrasyonlarda bulunan hem anti-metanojenik hem de antimikrobiyal özelliklere sahip florotaninler olduğunu bildirmiştir.

Çevresel ve Ekonomik Analiz

Hayvancılık sektörü, küresel antropojenik CH_4 emisyonlarının üçte birini oluşturmakta ve tek bir inek yılda 3 tona kadar CO_2 eşdeğeri metan üretebilmektedir. Alg bazlı yem takviyeleri, bu emisyonları azaltmada kritik bir rol oynamaktadır (De Bhowmick ve Hayes, 2023). Halmemies-Beauchet-Filleau ve ark. (2018), belirli deniz yosunu türlerinin *in vitro* ortamda rumen CH_4 üretimini düşürme potansiyeli taşıdığını ortaya koymuştur. Özellikle kırmızı deniz yosunu olan *Asparagopsis* türleri, içerdikleri bromoform bileşiği sayesinde CH_4 üretimini %60 ile %90, bazı durumlarda ise %98-99 oranında azaltma potansiyeline sahiptir. Kahverengi ve yeşil deniz yosunları ile yapılan *in vivo* çalışmalarda ise CH_4 emisyonundaki azalmanın çok daha az (~ %10) olduğu gözlemlenmiştir (De Bhowmick ve Hayes, 2023). Machado ve ark. (2014), in vitro test edilen 17 deniz yosunu türü arasında, *Cladophora patentiramea* (yeşil deniz yosunu), *Dictyota* (kahverengi deniz yosunu) ve *Asparagopsis* türlerinin en güçlü etkilere sahip olduğunu ve CH_4 üretimini sırasıyla %69,7, %93,1 ve %99,0 oranında inhibe ettiğini belirtmiştir. Deniz yosununda bulunan anti-metanojenik, halojenli bileşiklerin (örneğin, BCM), geviş getiren hayvanlara verildiğinde bağırsak kaynaklı CH_4 emisyonlarını inhibe ettiğini belirten çalışmalar, deniz yosunu takviyesinin rumen mikrobiyotasını ve metanojenezini nasıl etkileyebileceğini değerlendirmiştir (Li ve ark. 2018; Roque ve ark. 2019a; Kinley ve ark. 2020). Kırmızı deniz yosunu ve BCM ilavesinin, hem in vivo hem de in vitro olarak CH_4 üretimini azalttığı bildirilmiştir (Maia ve ark. 2016; Li ve ark. 2018; Roque ve ark. 2019a,b, Kinley ve ark. 2020). Yem ve tahıl bazlı diyetlerle beslenen danalarda ve süt sığırlarında, BCM veya *Asparagopsis spp.* kırmızı deniz yosununun eklenmesinin CH_4 üretimini %50,0 ila %99,5 oranında azalttığı tespit edilmiştir (Li ve ark. 2018; Roque ve ark. 2019a; Kinley ve ark. 2020).

Geviş getiren hayvanların rasyonlarına makroalglerin, özellikle de kırmızı deniz yosunu olan *Asparagopsis taxiformis*'in dahil edilmesi, hayvancılık sektörünün karbon ayak izini radikal bir şekilde düşürme potansiyeline sahiptir. Kinley ve ark. (2020) tarafından yapılan çalışmalar, besi sığırlarının yemine organik madde bazında sadece %0,10 ile %0,20 oranlarında eklenen bu deniz yosununun, bağırsak kaynaklı CH_4 emisyonlarını sırasıyla %40 ve %98 oranlarında azalttığını kanıtlamıştır. Bu biyokimyasal baskılama, hayvancılık işletmelerinin toplam sera gazı salınımını neredeyse sıfıra indirme potansiyeli taşıyarak iklim değişikliğiyle mücadelede en etkili stratejilerden biri olarak öne çıkmaktadır. Deniz yosunu takviyesinin sadece çevresel değil, fizyolojik avantajları da bulunmaktadır. Metan emisyonunun baskılanmasıyla ortaya çıkan hidrojenin hayvan tarafından enerji olarak geri kazanılması, doğal kaynakların (yem) daha verimli kullanılmasına olanak tanır. Kinley ve ark. (2020), bu takviyenin günlük yem alımını veya yem dönüşüm verimliliğini olumsuz etkilemediğini, aksine hayvan performansını iyileştirdiğini ortaya koymuştur. Ayrıca, metan oluşumunu engelleyen temel bileşik olan bromoformun et, yağ veya organlarda herhangi bir kalıntı bırakmadığı tespit edilmiştir. Bu durum, yöntemin insan sağlığı ve ekosistem güvenliği ile tam uyumlu bir hayvansal protein üretim modeli sunduğunu doğrulamaktadır. Ancak bromoform içeren türlerin ozon tabakasına olası etkileri nedeniyle (Halmemies-Beauchet-Filleau ve ark. 2018), sürdürülebilirlik odağının bromoform içermeyen ancak metan azaltan biyoaktif bileşiklere kaydırılması gerektiği vurgulanmaktadır (De Bhowmick ve Hayes 2023).

Ancak, laboratuvar ortamında elde edilen bu başarı oranlarının (%80-90 ve üzeri) gerçek saha koşullarında ve tüm işletme ölçeğinde daha değişken olabileceği göz önünde bulundurulmalıdır (Thomas ve ark. 2025). Sürdürülebilirliğin tam olarak sağlanması için konunun sadece metan gazı odaklı değil, tüm üretim süreciyle değerlendirilmesi gerekmektedir. Deniz yosunu yetiştiriciliği (akuakültür); ekilebilir arazi, tatlı su ve gübre gerektirmemesi, ayrıca sudaki fazla azotu ve fosforu alarak ötrofikasyonu önlemesi bakımından büyük ekolojik avantajlar sunsa da doğal ortamlardan aşırı

toplamanın kıyı ekosistemlerinin bozulabilmesi gibi bazı riskler barındırmaktadır (Halmemies-Beauchet-Filleau ve ark. 2018). Yaşam Döngüsü Analizi (LCA) bulguları, etki kayması riskine dikkat çekmektedir. İklim değişikliği etkisi (metan) azalırken, hasat, kurutma ve işleme süreçlerinde kullanılan fosil yakıtlar nedeniyle fosil kaynak tükenmesi gibi başka bir alanda çevresel yük artabilmektedir. Bu veriler ışığında, alg bazlı beslemenin hayvancılığın ekolojik ayak izini gerçekten düşürebilmesi için düşük müdahaleli modeller benimsenmelidir. Bu kapsamda, deniz yosunlarının doğrudan bu amaçla yoğun sistemlerde üretilmesi yerine, ikincil bir ürün veya yan ürün (örneğin alginat endüstrisinden arta kalan kalıntılar) olarak değerlendirilmesi çevre dostu bir yaklaşım olarak öne çıkmaktadır. Mevcut deniz ekosistemleriyle entegre ve düşük karbonlu işleme süreçlerine sahip üretim modelleri, hem çevresel korumayı hem de gıda güvenliğini eş zamanlı olarak destekleyen en sürdürülebilir yoldur.

Deniz yosununun hayvan yemi olarak ticari başarısı, üretim ve işleme maliyetleri ile rasyona sağladığı verimlilik artışı arasındaki dengeye bağlıdır. Yapılan çalışmalar, bu yöntemin hem yüksek kâr potansiyeli sunduğunu hem de aşılması gereken ciddi lojistik zorluklar barındırdığını göstermektedir. Deniz yosunu üretim maliyetleri, yönteme ve bölgeye göre ton başına 155 $ ile 16.630 $ gibi geniş bir aralıkta değişmektedir (De Bhowmick ve Hayes 2023). Avrupa gibi maliyetli bölgelerde (yaklaşık 1850 €/ton), giderleri düşürmek için açık deniz rüzgar çiftlikleriyle entegre üretim gibi yenilikçi sistemler kullanılmaktadır. Bu tür modern yaklaşımların, maliyetleri %10 oranında azaltabileceği öngörülmektedir.

Ekonomik açıdan en büyük avantaj, çok düşük dozlarda bile bağırsak kaynaklı CH_4 emisyonlarındaki azalmanın yanısıra sağlanan yüksek verim artışıdır. Kinley ve ark. (2020), yeme sadece %0,10-%0,20 oranında deniz yosunu eklenen sığırların günlük kilo artışının iyileştiğini saptamıştır. Aynı miktarda yemle daha hızlı büyüme sağlayan bu yöntem, birim maliyeti düşürerek kârı artırır. Ayrıca düşük kullanım oranı, hammadde ihtiyacını ve lojistik maliyetleri de en aza indirir.

Yüksek su içeriği nedeniyle kurutma ve öğütme gibi zorunlu işleme süreçleri, yöntemin önündeki en büyük maliyet engelidir. Özellikle dondurarak kurutma gibi yüksek enerji gerektiren teknikler (Halmemies-Beauchet-Filleau ve ark. 2018; Thomas ve ark. 2025) hem ekonomik yükü artırmakta hem de fosil yakıt kullanımı üzerinden çevresel sürdürülebilirliği zayıflatmaktadır. Lojistik süreçler ise deniz kıyısından uzak bölgelerde hem maliyeti hem de nakliye kaynaklı karbon emisyonlarını artırmaktadır. Bu nedenle, ekolojik ayak izini düşürmek ve ekonomik uygulanabilirliği sağlamak için üretim merkezlerinin hayvancılık bölgelerine yakın kurulduğu yerel kaynaklı modeller kritik öneme sahiptir. Alglerin geleneksel yemlerle ekonomik olarak rekabet edebilmesi için saf üretim yerine biyoyakıt veya alginat endüstrisinden arta kalan düşük maliyetli yan ürünlerin kullanımı en uygulanabilir strateji olarak öne çıkmaktadır. Emisyon azaltımı karşılığında alınacak karbon kredileri, yüksek işleme ve lojistik maliyetlerin finansmanında anahtar rol oynarken; et kalitesinin korunması, bu ürünlerin "düşük karbonlu" etiketiyle yüksek katma değerli sürdürülebilirlik hassasiyeti olan alıcılara sunulmasına olanak tanımaktadır. Bir başka ifadeyle, büyük ölçekli akuakültür sistemlerinin hayata geçirilmesi ve enerji verimliliği yüksek yerel üretim teknolojilerinin yaygınlaşmasıyla, alg bazlı yemlerin geleneksel protein ve lif kaynaklarına karşı hem ekolojik ayak izini düşüren hem de maliyet etkinliği sunan güçlü bir alternatif haline gelmesi öngörülmektedir. Gelecekte hayvancılık sektörünün hem çevresel sınırlarla uyumlu kalabilmesi hem de artan gıda talebini ekonomik olarak karşılayabilmesi adına bu dönüşümün gerçekleştirilmesi kritik bir öneme sahiptir.

Sonuç

Ruminant hayvanlardan salınan enterik metan, tarımsal sera gazı emisyonlarının önemli bir bölümünü oluşturmaktadır. Enterik metan emisyonlarının azaltılması, yalnızca hayvansal üretimde enerji verimliliğinin artırılmasına değil, aynı zamanda hayvan yetiştiriciliğinin toplam karbon ayak izinin düşürülmesine de doğrudan katkı sağlar. Makroalgler; rumen fermantasyonunu, özellikle metanogenez ve uçucu yağ asitleri profilini modüle ederek metanojenezi sınırlar ve bu emisyonların önemli ölçüde azaltılmasını mümkün kılar. Metan azaltımında en güçlü etkiyi, bromoform içeren *Asparagopsis* göstermekle birlikte; iyot/bromoform kalıntıları ve iştah düşüklüğü gibi riskler nedeniyle diyette dozun genelde < %0.5 KM ile sınırlanması önerilmektedir. Polifenolce zengin kahverengi algler hem metanı hem de selülolizi azaltarak verimi sınırlayabilirler. Yeşil ve bazı kırmızı türler ise ruminantlarda daha performans odaklı etkiler gösterir. Sonuçta makroalgler, ruminant rasyonlarında düşük düzeyde kullanıldığında enterik metanı çok güçlü biçimde azaltabilen umut verici yem katkılarıdır.

Bununla birlikte makroalglerin ruminant diyetlerinde kullanılmasında tür ve doz seçimi, metan azaltımı ile sağlıklı fermantasyon arasında denge kurulması yönünden kritik öneme sahiptir. Bu tür stratejiler, hem iklim değişikliği ile mücadele politikalarının hedefleriyle uyumlu bir yaklaşım sunmakta hem de sürdürülebilir hayvancılık sistemlerinin geliştirilmesine bilimsel bir temel oluşturmaktadır.

Kaynaklar

Abbott, D. W., Aasen, I. M., Beauchemin, K. A., Grondahl, F., Gruninger, R., Hayes, M., Huws, S., Kenny, D. A., Krizsan, S. J., Kirwan, S. F., Lind, V., Meyer, U., Ramin, M., Theodoridou, K., von Soosten, D., Walsh, P. J., Waters, S., Xing, X. 2024. Seaweed and seaweed bioactives for mitigation of enteric methane: Challenges and opportunities. Animals, 10(12), 2432. https://doi.org/10.3390/ani10122432

Ahmed, E., Nishida, T. 2024. The anti-methanogenic efficacy of Asparagopsis armata: Could it be attributable solely to its bromoform content?. Animal Feed Science and Technology, 318: 116118. https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2024.116118

Alvarez-Hess, P.S., Jacobs, J.L., Kinley, R.D., Roque, B.M., Neachtain, A.S.O., Chandra, S., Russo, V.M., Williams, S.R.O. 2024. Effects of a range of effective inclusion levels of Asparagopsis armata steeped in oil on enteric methane emissions of dairy cows. Anim Feed Sci Technol, 310: 115932. https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2024.115932.

Angellotti, M., Lindberg, M., Ramin, M., Krizsan, S.J., Danielsson, R. 2025. Asparagopsis taxiformis supplementation to mitigate enteric methane emissions in dairy cows – effects on performance and metabolism. J. Dairy Sci. 108:2503–2516. https://doi.org/10.3168/jds.2024-5258.

Belanche, A., Jones, E., Parveen, I., & Newbold, C. J. 2016. A metagenomics approach to evaluate the impact of dietary supplementation with Ascophyllum nodosum or Laminaria digitata on rumen function in Rusitec fermenters. Frontiers in Microbiology, 7, Article 299. https://doi.org/10.3389/fmicb.2016.00299

Bhowmick, G. de, Hayes, M. 2023. Potential of seaweeds to mitigate production of greenhouse gases during production of ruminant proteins. Glob. Chall., 7: 2200145. https://doi.org/10.1002/gch2.202200145

Brault, D., Duche, D., Deniaud, E., Dion, P., Le Marrec, M. C. 2005. Algues et alimentation animale (Rapport CEVA Algorythme No. 72). Centre d'Etude et de Valorisation des Algues (CEVA).

Brunnbauer, S., Meyer, U., Kluess, J., Billenkamp, F., Visscher, C., Reich, M., Schweder, T., Schulz, C., Paschen, M., Dänicke, S., von Soosten, D. 2026. Impact of algae species from the Baltic Sea region on ruminal fermentation parameters and methane mitigation using an ın vitro gas production system. Ruminants, 6: 18. https://doi.org/10.3390/ruminants6010018

Caro, D., Davis, S. J., Bastianoni, S., Caldeira, K. 2014. Global and regional trends in greenhouse gas emissions from livestock. Climatic Change, 126(1): 203-216. https://doi.org/10.1007/s10584-014-1197-x

Čengić-Džomba, S. 2025. Greenhouse gas emissions from agriculture with a focus on animal-based food production systems. In E. Hadžić & N. Fejzić (Eds.), Climate change and air pollution (pp. 107–126). University of Sarajevo – Professor Zdravko Grebo Center for Interdisciplinary Studies.

Cian, R.E., Fajardo, M.A., Alaiz, M., Vioque, J., Gonzalez, R.J., Drago, S.R. 2014. Chemical composition, nutritional and antioxidant properties of the red edible seaweed Porphyra columbina. International Journal of Food Sciences and Nutrition, 65(3): 288-294. https://doi.org/10.3109/09637486.2013.854746

Climate Council of Australia. 2022. Dangerously overlooked: Why we need to talk about methane. https://www.climatecouncil.org.au/resources/dangerously-overlooked-methane/

Colin, R.L., Sperber, J.L., Buse, K.K., Kononoff, P.J., Watson, A.K., Erickson, GE. 2024. Effect of an algae feed additive on reducing enteric methane emissions from cattle. Transl Anim Sci, 8: txae109. https://doi.org/10.1093/tas/txae109.

De Bhowmick, G., Hayes, M. 2023. Potential of seaweeds to mitigate production of greenhouse gases during production of ruminant proteins. Global Challenges, 7(3): 2200145. https://doi.org/10.1002/gch2.202200145

de la Moneda, A., Carro, M. D., Weisbjerg, M. R., Roleda, M. Y., Lind, V., Novoa-Garrido, M., Molina-Alcaide, E. 2019. Variability and potential of seaweeds as ingredients of ruminant diets: An in vitro study. Animals, 9(10), 851. https://doi.org/10.3390/ani9100851

Dubois, B., Tomkins, N.W., Kinley, R.D., Bai, M., Seymour, S., Paul, N.A., de Nys, R. 2013. Effect of tropical algae as additives on rumen in vitro gas production and fermentation characteristics. American Journal of Plant Sciences, 4: 34-43.

Evans, F.D., Critchley, A.T. 2014. Seaweeds for animal production use. Journal of Applied Phycology, 26(2), 891–899. https://doi.org/10.1007/s10811-013-0162-9

Eikanger, K.S., Kjær, S.T., Dörsch, P., Iwaasa, A.D., Alemu, A.W., Schei, I., Pope, P.B., Hagen, L.H., Kidane, A. 2024. Asparagopsis taxiformis inclusion in grass silage-based diets fed to Norwegian red dairy cows: Effects on ruminal fermentation, milk yield, and enteric methane emission. Livest. Sci. 285:105495. https://doi.org/10.1016/j.livsci.2024.105495.

Gerber, P. J., Steinfeld, H., Henderson, B., Mottet, A., Opio, C., Dijkman, J., Falcucci, A., Tempio, G. 2013. Tackling climate change through livestock: A global assessment of emissions and mitigation opportunities. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO).

George, M.M., Platts, S.V., Berry, B.A., Miller, M.F., Carlock, A.M., Horton, T.M., George, M.H. 2024. Effect of SeaFeed, a canola oil infused with Asparagopsis armata, on methane emissions, animal health, performance, and carcass characteristics of Angus feedlot cattle. Transl. Anim. Sci., 8: txae116. https://doi.org/10.1093/tas/txae116.

Glasson, C.R., Kinley, R.D., Nys, R., de, King, N., Adams, S.L., Packer, M.A., Svenson, J., Eason, C.T., Magnusson, M. 2022. Benefits and risks of including the bromoform containing seaweed Asparagopsis in feed for the reduction of methane production from ruminants. Algal Res. 64: 102673. https://doi.org/10.1016/j.algal.2022.102673.

Goel, G., Makkar, H.P.S., Becker, K. 2009. Inhibition of methanogens by bromochloromethane: Effects on microbial communities and rumen fermentation using batch and continuous fermentations. British Journal of Nutrition, 101(10): 1484-1492. 10.1017/S0007114508076198

Guinguina, A., Hayes, M., Gröndahl, F., Krizsan, S.J. 2023. Potential of the red macroalga Bonnemaisonia hamifera in reducing methane emissions from ruminants. Animals, 13: 2925. https://doi.org/10.3390/ani13182925

Halmemies-Beauchet-Filleau, A., Rinne, M., Lamminen, M., Mapato, C., Ampapon, T., Wanapat, M., Vanhatalo, A. 2018. Review: Alternative and novel feeds for ruminants: Nutritive value, product quality and environmental aspects. Animal, 12(S2): s295-s309. https://doi.org/10.1017/S1751731118002252

Hristov, A.N. 2024. Invited review: Advances in nutrition and feed additives to mitigate enteric methane emissions. J. Dairy Sci., 107: 4129-4146. https://doi.org/10.3168/jds.2023-24440.

Huang, Q., Liu, X., Zhao, G., Hu, T. Wang, Y. 2018. Potential and challenges of tannins as an alternative to in-feed antibiotics for farm animal production. Animal Nutrition, 4(2): 137-150. https://doi.org/10.1016/j.aninu.2017.09.004

Hutchings, J.L., Grebneva, Y., Dilmetz, S.J., Pincher, D.W.M., Hoffmann, P. 2024. Analytical methods for the analysis of bromoform in red seaweed Asparagopsis armata and Asparagopsis taxiformis e a review. Algal Res., 79: 103478. https://doi.org/10.1016/j.algal.2024.103478.

IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change). 2007. Climate change 2007: Mitigation of climate change. Contribution of Working Group III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. http://www.ipcc.ch/publications_and_data/publications_ipcc_fourth_assessment_report_wg3_report_mitigation_of_climate_change.htm

IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change). 2001. Climate Change: Synthesis report. A contribution of Working Groups I, II and III to the third assessment report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge Univ Press, Cambridge, UK.

IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change). 2019. Special Report on Climate Change, Desertification, Land Degradation, Sustainable Land Management, Food Security, and Greenhouse Gas Fluxes in Terrestrial Ecosystems: Summary for Policymakers. Intergovernmental Panel on Climate Change. https://doi.org/10.1017/9781009157988.001

Johnson, K.A., Johnson, D.E. 1995. Methane emissions from cattle. Journal of Animal Science, *73*(8): 2483-2492. https://doi.org/10.2527/1995.7382483x

Kinley, R. D., de Nys, R., Vucko, M. J., Machado, L., & Tomkins, N. W. 2016. The red macroalgae *Asparagopsis taxiformis* is a potent natural antimethanogenic that reduces methane production during in vitro fermentation with rumen fluid. Animal Production Science, 56(3): 282-289. https://doi.org/10.1071/AN15576

Kinley, R.D., Martinez-Fernandez, G., Matthews, M.K., De Nys, R., Magnusson, M., Tomkins, N.W. 2020. Mitigating the carbon footprint and improving productivity of ruminant livestock agriculture using a red seaweed. J. Clean. Prod., 259: 120836. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.120836.

Krizsan, S.J., Ramin, M., Chagas, J.C.C., Halmemies-Beauchet-Filleau, A., Singh, A., Schnürer, A., Danielsson, R. 2023. Effects on rumen microbiome and milk quality of dairy cows fed a grass silage-based diet supplemented with the macroalga Asparagopsis taxiformis. Front. Anim. Sci., 4. https://doi.org/10.3389/fanim.2023.1112969.

Li, X., Norman, H.C., Kinley, R.D., Laurence, M., Wilmot, M., Bender, H., de Nys, R., Tomkins, N. 2018. Asparagopsis taxiformis decreases enteric methane production from sheep. Anim. Prod. Sci., 58(4): 681e688. https://doi.org/10.1071/AN15883.

Liu, Y., Zhou, M., Diao, Q., Ma, T., Tu, Y. 2025. Seaweed as a feed additive to mitigate enteric methane emissions in ruminants: Opportunities and challenges. Journal of Integrative Agriculture (JIA), 24(4): 1327-1341. https://doi.org/10.1016/j.jia.2024.09.036

Machado, L., Magnusson, M., Paul, N.A., De Nys, R., Tomkins, N. 2014. Effects of marine and freshwater macroalgae on in vitro total gas and methane production. PLoS ONE, 9: 85289.

Machado, L., Magnusson, M., Paul, N.A., Kinley, R., de Nys, R., Tomkins, N. 2016. Identification of bioactives from the red seaweed Asparagopsis taxiformis that promote antimethanogenic activity in vitro. J. Appl. Phycol., 28: 3117-3126. https://doi.org/10.1007/s10811-016-0830-7.

Machado, L., Tomkins, N., Magnusson, M., Midgley, D.J., de Nys, R., Rosewarne, C.P. 2018. In vitro response of rumen microbiota to the antimethanogenic red macroalga Asparagopsis taxiformis. Microbial Ecology, 75(3): 811-818. https://doi.org/10.1007/s00248-017-1086-8

Maia, M.R.G., Fonseca, A.J.M., Oliveira, H.M., Mendonca, C., Cabrita, A.R.J. 2016. The potential role of seaweeds in the natural manipulation of rumen fermentation and methane production. Scientific Reports, 6: 32321. https://doi.org/10.1038/srep32321

Maia, M.R., Fonseca, A.J., Cortez, P.P., Cabrita, A.R. 2019. In vitro evaluation of macroalgae as unconventional ingredients in ruminant animal feeds. Algal Research, 40: 101481. https://doi.org/10.1016/j.algal.2019.101481

Makkar, H. P. S., Tran, G., Heuzé, V., Giger-Reverdin, S., Lessire, M., Lebas, F. Ankers, P. 2016. Seaweeds for livestock diets: A review. Animal Feed Science and Technology, 212: 1–17. https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2015.09.018

Matthews, A. 2023. Agricultural emissions: A case of limited potential or limited ambition? In A. Boasson, M.G. Leinaas, J.J. Wettestad (Eds.), Handbook on European Union climate change policy and politics (ss. 288-305). Edward Elgar Publishing. https://doi.org/10.4337/9781789906981.00033

Mayberry, D., Bartlett, H., Moss, J., Davison, T., Herrero, M. 2019. Pathways to carbon-neutrality for the Australian red meat sector, Agricultural Systems, 175: 13-21. https://doi.org/10.1016/j.agsy.2019.05.009

McGurrin, A., Maguire, J., Tiwari, B.K., Garcia-Vaquero, M. 2023. Anti-methanogenic potential of seaweeds and sea-weed-derived compounds in ruminant feed: Current perspectives, risks and future prospects. J. Anim. Sci. Biotechnol., 14: 145. https://doi.org/10.1186/s40104-023-00946-w

Meo-Filho, P., Ramirez-Agudelo, J.F., Kebreab, E. 2024. Mitigating methane emissions in grazing beef cattle with a seaweed-based feed additive: Implications for climate-smart agriculture. Proc. Natl. Acad. Sci. USA 121: e2410863121. https://doi.org/10.1073/pnas.2410863121.

Mihaila, A.A., Glasson, C.R., Lawton, R., Muetzel, S., Molano, G., Magnusson, M. 2022. New temperate seaweed targets for mitigation of ruminant methane emissions: An in vitro assessment. Appl. Phycol., 3: 274-284. https://doi.org/10.1080/26388081.2022.2059700

Min, B.R., Parker, D., Brauer, D., Waldrip, H., Lockard, C., Hales, K., Akbay, A., Augyte, S. 2021. The role of seaweed as a potential dietary supplementation for enteric methane mitigation in ruminants: challenges and opportunities. Anim Nutr, 7: 1371e87. https://doi.org/10.1016/j.aninu.2021.10.003.

Moraes, L. E., Strathe, A. B., Fadel, J. G., Casper, D. P. ve Kebreab, E. 2014. Prediction of enteric methane emissions from cattle. Global Change Biology, 20(7): 2140-2148. https://doi.org/10.1111/gcb.12471

Morgavi, D., Forano, E., Martin, C. ve Newbold, C. J. 2010. Microbial ecosystem and methanogenesis in ruminants. Animal, 4(7): 1024-1036. https://doi.org/10.1017/S1751731110000546

Mueller-Harvey, I. 2006. Unravelling the conundrum of tannins in animal nutrition and health. Journal of the Science of Food and Agriculture, 86(13): 2010-2037. https://doi.org/10.1002/jsfa.2577

Narvaez-Izquiedo, J., Fonseca-De La Hoz, J., Kannan, G., Bohorquez-Herrera, J. 2024. Use of macroalgae as a nutritional supplement for sustainable production of ruminants: a systematic review and an insight on the Colombian Caribbean region. Algal Res., 77: 103359. https://doi.org/10.1016/j.algal.2023.103359.

Omale, S.E., Hartoonian, P., Rigert, S.L., Appuhamy, J.A.D.R.N. 2026. Dose-dependent effects of the Asparagopsis taxiformis variety Brominata on enteric methane emissions of dairy cows. J Dairy Sci., 10: S0022-0302(26)00088-3. https://doi.org/10.3168/jds.2025-27429

Pandey, D., Mansouryar, M., Novoa-Garrido, M., Næss, G., Kiron, V., Hansen, H.H., Nielsen, M.O., Khanal, P. 2021. Nutritional and anti-methanogenic potentials of macroalgae for ruminants. In: Lei, X.G. (Ed.), Seaweed and Microalgae as Alternative Sources of Protein. Burleigh Dodds Science Publishing, pp. 195-228.

Pandey, D., Hansen, H.H., Dhakal, R., Aryal, N., Rai, S.P., Sapkota, R., Nielsen, M.O., Novoa-Garrido, M., Khanal, P. 2022. Interspecies and seasonal variations in macroalgae from the Nordic Region: chemical composition and ımpacts on rumen fermentation and microbiome assembly. J. Clean Prod., 363: 132456. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.132456

Park, K.Y., Jo, Y.H., Ghassemi Nejad, J., Lee, J.C., Lee, H.G. 2022. Evaluation of nutritional value of Ulva sp. and Sargassum horneri as potential eco-friendly ruminants feed. Algal Res., 65: 102706.

Pérez, M.J., Falqué, E., Domínguez, H. 2016. Antimicrobial action of compounds from marine seaweed. Marine drugs, 14(3): 52. https://doi.org/10.3390/md14030052

Rochfort, S., Parker, A. J. ve Dunshea, F. R. 2008. Plant bioactives for ruminant health and productivity. Phytochemistry, 69(2): 299-322. 10.1016/j.phytochem.2007.08.017

Romero, P., Belanche, A., Jim´enez, E., Hueso, R., Ramos-Morales, E., Salwen, J.K., Kebreab, E., Y´a˜nez-Ruiz, D.R. 2023. Rumen microbial degradation of bromoform from red seaweed (Asparagopsis taxiformis) and the impact on rumen fermentation and methanogenic archaea. J. Anim. Sci. Biotechnol., 14(1): 133. https://doi.org/10.1186/s40104-023-00935

Roque, B.M., Salwen, J.K., Kinley, R., Kebreab, E. 2019a. Inclusion of Asparagopsis armata in lactating dairy cows' diet reduces enteric methane emission by over 50 percent. J. Clean. Prod., 234: 132-138. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.06.193

Roque, B. M., Brooke, C. G., Ladau, J., Polley, T., March, L. J., Pandey, P. K., Stackhouse-Lawson, J. W., Morrow, A. J., Vishwanath, K. Kebreab, E. 2019b. Effect of the macroalgae *Asparagopsis taxiformis* on methane production and rumen microbiome assemblage. Animal Microbiome, 1: 3. https://doi.org/10.1186/s42523-019-0004-4

Roque, B.M., Venegas, M., Kinley, R.D., De Nys, R., Duarte, T.L., Yang, X., Kebreab, E. 2021. Red seaweed (Asparagopsis taxiformis) supplementation reduces enteric methane by over 80 percent in beef steers. PLoS One, 16: e0247820. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0247820.

Roskam, E., Kirwan, S.F., Kenny, D.A., O'Donnell, C., O'Flaherty, V., Hayes, M., Waters, S.M. 2022. Effect of brown and green seaweeds on diet digestibility, ruminal fermentation patterns and enteric methaneemissions using the rumen simulation technique. Front. Anim. Sci., 3: 1021631. https://doi.org/10.3389/fanim.2022.1021631

Sherwood, S.C., Carroll, A.L., Buse, K.K., Kononoff, P.J. 2025. Methane production and whole-animal energy utilization in lactating jersey dairy cows fed a bromoform-containing feed additive. J. Dairy Sci., 108: 5832-5846. https://doi.org/10.3168/jds.2024-26032.

Stefenoni, H.A., Räisänen, S.E., Cueva, S.F., Wasson, D.E., Lage, C.F.A., Melgar, A., Fetter, M.E., Smith, P., Hennessy, M., Vecchiarelli, B., Bender, J., Pitta, D., Cantrell, C.L., Yarish, C., Hristov, A.N. 2021. Effects of the macroalga Asparagopsis taxiformis and oregano leaves on methane emission, rumen fermentation, and lactational performance of dairy cows. J. Dairy Sci. 104: 4157-4173. https://doi.org/10.3168/jds.2020-19686.

Steinfeld, H., Gerber, P., Wassenaar, T., Castel, V., Rosales, M. ve de Haan, C. 2006. Livestock's long shadow: Environmental issues and options. Food and Agriculture Organization of the United Nations. http://www.fao.org/docrep/010/a0701e/a0701e00.HTM

T.C. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı. 2024. İklim değişikliği uyum stratejisi ve eylem planı (2024-2030). İklim Değişikliği Başkanlığı.

Thomas, J. B. E., Xu, V. W., Krizsan, S. J., Röös, E., Angelidaki, I., Baldi, F., Barrento, S., Broch, O. J., Capuzzo, E., Caron, F., Dubber, D., Greaves, D., Gröndahl, F., Heiskanen, A. S., Holdt, S. L., Javidpour, J., Krause, G., Lindahl, O., van de Molen, J. ... Stanley, M. S. 2025. Seaweed as a climate fix for meat and dairy production: An LCA perspective. Scientific Reports, 15: 32597. https://doi.org/10.1038/s41598-025-18322-1

Thorsteinsson, M., Weisbjerg, M.R., Lund, P., Battelli, M., Chassé, É., Bruhn, A., Nielsen, M.O. 2023. Effects of seasonal and interspecies differences in macroalgae procured from temperate seas on the Northern hemisphere on in vitro methane mitigating properties and rumen degradability. Algal Res., 73: 103139. https://doi.org/10.1016/j.algal.2023.103139.

Tseten, T., Sanjorjo R.A., Kwon, M., Kim, S.W. 2022. Strategies to mitigate enteric methane emissions from ruminant animals. J. Microbiol. Biotechnol., 32: 269-277. https://doi.org/10.4014/jmb.2202.02019.

Wahyuni, DS, Wiryawan, KG, Ridwan, R, Gunawan, G, Sinurat, AP, Surachman, M, Fidriyanto, R, Fitri, A, Pamungkas, D, Puastuti, W, Aji, GK, Widiawati, Y, Jayanegara, A. 2026. Comparative in vitro evaluation of native Indonesian macroalgae on rumen fermentation characteristics, digestibility, gas production kinetics, and enteric methane mitigation in ruminants. Vet. World, 19(2): 693-713. https://doi.org/10.14202/vetworld.2026.693-713

Wasson, D.E., Yarish, C., Hristov, A.N. 2022. Enteric methane mitigation through Asparagopsis taxiformis supplementation and potential algal alternatives. Front. Anim. Sci., 3: 999338. https://doi.org/10.3389/fanim.2022.999338.

Wasson, D.E., Almeida, C., Cueva, S.F., Martins, L.F., Richards, A., Stepanchenko, N., Schmidt, W.E., Fredericq, S., Hristov, A.N. 2026. Effects of the macroalga Laurencia snackeyi on enteric methane emission and lactational performance in dairy cows. J Dairy Sci., 109(3): 2514-2526. https://doi.org/10.3168/jds.2025-27251.

Williams, S.R.O., Neachtain, A.S.O, Chandra, S., Burgess, R.B.S., Labaf, S., Aylward G., Alvarez-Hess, P.S., Jacobs, J.L. 2024. The effects of feeding liquid or pelleted formulations of Asparagopsis armata to lactating dairy cows on methane production, dry matter intake, milk production and milk composition. Animal Feed Science and Technology, 309: 115891. https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2024.115891

Xie, X., Cao, Y., Li, Q., Li, Q., Yang, X., Wang, R., Zhang, X., Tan, Z., Lin, B., Wang, M. 2025. Mitigating enteric methane emissions: An overview of methanogenesis, inhibitors and future prospects. Anim Nutr., 21: 84-96. https://doi.org/10.1016/j.aninu.2025.02.001.

KÖPEKLERDE LEİSHMANİASİS: BEŞ OLGULUK VAKA SERİSİ
LEISHMANIAASIS IN DOGS: A CASE SERIES OF FIVE CASES

Dr. Öğretim Üyesi Nilgün AYDIN
Kafkas Üniversitesi, Veteriner Fakültesi, Klinik Öncesi Bilimler Bölümü,
Parazitoloji Anabilim Dalı, Kars, Türkiye.
ORCID ID: 0000-0002-0571-7882

Nesimi İLİK
Veteriner Hekim, Kafkas Üniversitesi, Veteriner Fakültesi, Klinik Öncesi Bilimler Bölümü,
Parazitoloji Anabilim Dalı, Kars, Türkiye.
ORCID ID: 0009-0006-2519-0762

Prof. Dr. Barış SARI
Kafkas Üniversitesi, Veteriner Fakültesi, Klinik Öncesi Bilimler Bölümü,
Parazitoloji Anabilim Dalı, Kars, Türkiye.
ORCID ID: 0000-0001-9978-2513

ÖZET
Canine leishmaniosis (CanL), *Phlebotomus* spp. tatarcık sinekleri ile bulaşan zoonotik karakterli kronik bir enfeksiyondur. Hastalık, Türkiye'de çoğunlukla Ege ve Akdeniz bölgelerinde endemik olarak kabul edilmekle birlikte, iklim değişikliği, vektör dağılımındaki değişimler ve artan hayvan hareketliliği nedeniyle farklı coğrafi bölgelerden de bildirilmeye devam etmektedir. Bu çalışmada, Türkiye'nin Karadeniz Ereğli yöresinde değerlendirilen beş CanL olgusunun klinik ve laboratuvar bulgularının sunulması amaçlandı. Çalışma materyalini, Eylül–Aralık 2024 tarihleri arasında Karadeniz Ereğli'de faaliyet gösteren özel bir veteriner kliniğine farklı klinik şikayetlerle getirilen beş köpek oluşturdu. Tüm olgulardan ayrıntılı anamnez alındı ve fiziksel muayeneleri gerçekleştirildi. Tanısal değerlendirme amacıyla alınan kan örnekleri, ticari hızlı immünokromatografik test kiti kullanılarak *L. infantum* antikorları yönünden incelendi. İncelenen beş olgunun hiçbirinde bölge dışına seyahat öyküsü bulunmadığı belirlendi. Köpeklerin yaşları 2 ile 12 yıl arasında değişmekteydi. Fiziksel muayenede en sık gözlenen klinik bulgular; yaygın lenfadenopati, kulak uçları ve burun çevresinde eksfolyatif dermatit ile progresif kilo kaybı oldu. Bu vaka serisi, CanL olgularının Batı Karadeniz sahil şeridinde de görülebileceğini göstermektedir. Özellikle bölge dışına seyahat öyküsü bulunmayan köpeklerde saptanan pozitiflik, bölgede olası lokal transmisyon varlığını düşündürmektedir. Bununla birlikte, pozitif bulguların moleküler tanı yöntemleri ile desteklenmesi gerekmektedir. Elde edilen veriler, Karadeniz Ereğli ve çevresinde CanL'nin ayırıcı tanıda dikkate alınması gerektiğini göstermekte ve bölgede daha kapsamlı epidemiyolojik ile vektör temelli çalışmaların önemini ortaya koymaktadır.
Anahtar Kelimeler: Karadeniz Ereğli, köpek, *Leishmania infantum*, leishmaniosis, vaka serisi, zoonoz

ABSTRACT
Canine leishmaniosis (CanL) is a chronic zoonotic infection transmitted by *Phlebotomus* spp. sand flies. Although the disease is predominantly considered endemic in the Aegean and Mediterranean regions of Türkiye, it continues to be reported from different geographical regions due to climate change, alterations in vector distribution, and increased animal movement. The aim of this study was to present the clinical and laboratory findings of five CanL cases evaluated in the Karadeniz Ereğli region of Türkiye. The study material consisted of five dogs presented with different clinical complaints to a private veterinary clinic operating in Karadeniz Ereğli between September and December 2024. Detailed anamnesis was obtained from all cases, and physical examinations were performed. For diagnostic evaluation, blood samples were tested for *L. infantum* antibodies using a commercial rapid immunochromatographic test kit. It was determined that none of the five examined cases had a history of travel outside the region. The ages of the dogs ranged between 2 and 12 years. The most frequently observed clinical findings during physical examination were generalized lymphadenopathy, exfoliative dermatitis around the ear tips and nasal region, and progressive weight loss. This case series demonstrates that CanL cases may also be encountered along the Western Black Sea coastal region.

In particular, the positivity detected in dogs without a history of travel outside the region suggests the possible presence of local transmission. Nevertheless, the positive findings should be supported by molecular diagnostic methods. The obtained data indicate that CanL should be considered in the differential diagnosis in Karadeniz Ereğli and surrounding areas and highlight the importance of more comprehensive epidemiological and vector-based studies in the region.
Keywords: Karadeniz Ereğli, dog, *Leishmania infantum*, leishmaniosis, case series, zoonosis

TÜRKİYE'NİN IĞDIR İLİNDE KOYUNLARDA KENE ENFESTASYONU: YAYGINLIK, TÜR KOMPOZİSYONU VE MERA MARUZİYETİ İLE İLİŞKİLİ RİSK FAKTÖRLERİ

TICK INFESTATION IN SHEEP FROM IĞDIR PROVINCE, TÜRKIYE: PREVALENCE, SPECIES COMPOSITION AND GRAZING-RELATED RISK FACTORS

Dr. Öğr. Üyesi Nilgün AYDIN
Kafkas Üniversitesi, Veteriner Fakültesi, Klinik Öncesi Bilimler Bölümü, Parazitoloji Anabilim Dalı, Kars, Türkiye
ORCID ID: 0000-0002-0571-7882

Dr. Öğr. Üyesi Neslihan OLMEZ
Kafkas Üniversitesi, Veteriner Fakültesi, Klinik Öncesi Bilimler Bölümü, Parazitoloji Anabilim Dalı, Kars, Türkiye
ORCID ID: 0000-0002-2191-8924

Dr. Öğr. Üyesi Şemistan KIZILTEPE
Iğdır Üniversitesi, Tuzluca Meslek Yüksekokulu, Tıbbi Hizmetler ve Teknikler Bölümü, Laborant ve Veteriner Sağlık Programı, Iğdır, Türkiye
ORCID ID: 0000-0003-3727-8893

ÖZET

Keneler, özellikle ekolojik koşulların kene yaşamı ve aktivitesini desteklediği bölgelerde, koyun sağlığı ve verimliliğini olumsuz etkileyen önemli ektoparazitlerdir. Bu çalışmada, Türkiye'nin doğusunda yer alan Iğdır ilinde ekstansif yetiştiricilik koşullarında yetiştirilen koyunlarda kene enfestasyonunun yaygınlığının, tür kompozisyonunun ve konağa bağlı risk faktörlerinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Arazi çalışmaları kapsamında 2024 yılının yaz ve sonbahar dönemlerinde toplam 800 koyun muayene edilmiştir. Enfeste hayvanlardan keneler manuel olarak toplanmış ve standart taksonomik anahtarlar kullanılarak morfolojik olarak teşhis edilmiştir. Kene enfestasyonu ile konağa bağlı faktörler (Cinsiyet ve Mera Maruziyeti ile İlişkisi) ile mevsim arasındaki ilişkiler ki-kare testi kullanılarak değerlendirilmiştir. İncelenen koyunların %20.0'sinde (160/800) kene enfestasyonu tespit edilmiştir. Kene enfestasyonu prevalansının, yüksek mera maruziyetine sahip koyunlarda (erişkin hayvanlar, ≥2 mera sezonu), düşük mera maruziyetine sahip koyunlara (genç hayvanlar, ≤1 mera sezonu) göre istatistiksel olarak anlamlı derecede daha yüksek olduğu belirlenmiştir ($P < 0.05$). Buna karşın, cinsiyetler arasında enfestasyon prevalansı bakımından istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık saptanmamıştır ($P > 0.05$). Mevsimsel değerlendirmede ise sonbahar dönemindeki enfestasyon oranlarının yaz dönemine göre anlamlı düzeyde daha yüksek olduğu belirlenmiştir ($P < 0.05$). Çalışmada, dört cinse (*Haemaphysalis, Rhipicephalus, Hyalomma* ve *Dermacentor*) ait toplam altı ixodid kene türü tanımlanmış olup, baskın türün *Haemaphysalis parva* olduğu saptanmıştır. Enfeste koyunların %22.5'inde miks enfestasyon belirlenmiştir. Elde edilen bulgular, Türkiye'nin doğu sınır bölgesinden temel epidemiyolojik veriler sunmakta ve otlatma maruziyeti ile mevsimsel dinamiklerin enfestasyon üzerinde belirleyici faktörler olduğunu ortaya koyarak, ekstansif yetiştiricilik koşullarına uygun bölgesel kene kontrol stratejilerinin geliştirilmesine katkı sağlamaktadır.

Anahtar Kelimeler: mera maruziyeti; ixodid keneler; prevalans; koyun; tür kompozisyonu; Türkiye

ABSTRACT

Ticks are important ectoparasites affecting sheep health and productivity, particularly in regions where ecological conditions favour tick survival and activity. This study aimed to determine the prevalence, species composition, and host-related risk factors of tick infestation in sheep raised under extensive grazing conditions in Iğdır Province, eastern Türkiye. A total of 800 sheep were examined during field surveys conducted in the summer and autumn of 2024. Ticks were collected manually from infested animals and identified morphologically using standard taxonomic keys. Associations between tick infestation and host-related factors (grazing exposure category and sex) as well as season were evaluated using the chi-square test. Overall, 20.0% (160/800) of the examined sheep were infested with ticks. Tick infestation prevalence was significantly higher in sheep with high grazing exposure (adult animals, ≥2

grazing seasons) compared with those with low grazing exposure (young animals, ≤1 grazing season) ($P < 0.05$). In contrast, no statistically significant difference in infestation prevalence was observed between sexes ($P > 0.05$). A significant seasonal difference was detected, with higher infestation rates recorded during the autumn sampling period compared with summer ($P < 0.05$). Six ixodid tick species belonging to four genera (*Haemaphysalis*, *Rhipicephalus*, *Hyalomma*, and *Dermacentor*) were identified, with *Haemaphysalis parva* representing the dominant species. Mixed infestations were detected in 22.5% of infested sheep. These findings provide baseline epidemiological data from a border region of eastern Türkiye and highlight grazing exposure and seasonal dynamics as key determinants of infestation, supporting locally adapted tick control strategies under extensive management.
Keywords: grazing exposure; ixodid ticks; prevalence; sheep; species composition; Türkiye

KANATLI HAYVAN BESLEMEDE BİTKİ KAYNAKLI FİTOBİYOTİK İLAVESİNİN ETKİLERİ

EFFECTS OF PLANT-DERIVED PHYTOBIOTICS SUPPLEMENTATION IN POULTRY NUTRITION

Res. Asst. Dr. Prof. Sezen TAYAM
Muş Alparslan University, Faculty of Applied Sciences, Department of Animal Production and Technologies, Muş, Türkiye,
ORCİD: ID/0000-0003-61693-0651,

Assoc. Prof. Dr. Sibel ERDOĞAN
Van Yüzüncü Yıl University, Faculty of Agriculture, International Department of Animal Science, Van, Türkiye,
ORCİD: ID/0000-0003-2640-3871,

Asst. Prof. Dr. Mehmet Reşit KARAGEÇİLİ
Van Yüzüncü Yıl University, Faculty of Agriculture, International Department of Animal Science, Van, Türkiye,
ORCİD: ID/0000-0001-8433-0397

ABSTRACT

Today, plants containing phytobiotics, used in the prevention and treatment of diseases, are considered a promising alternative feeding strategy in animal nutrition due to their high content of pharmacologically active compounds. Classified as a group of biologically active compounds, phytobiotics consist of various chemical compounds. They possess a wide range of effects, including anti-inflammatory, antibacterial, antioxidant, antifungal, immunomodulatory, antiviral, and metabolism-stimulating properties. Studies have shown that phytobiotics in poultry feed improve fattening performance and carcass parameters by maintaining a healthy gut environment, significantly increasing the number of beneficial bacteria such as Lactobacillus, positively affecting the histomorphology and biochemical profile of the intestinal wall, and reducing the number of harmful intestinal bacteria such as E. coli and greenhouse gas emissions such as ammonia. Studies in poultry nutrition have utilized numerous phytobiotic-rich plants such as rosemary, cinnamon, sage, thyme, citrus fruits, anise, pepper, garlic, turmeric, and green tea. Thanks to these multifaceted positive effects, the use of phytobiotics in poultry nutrition has rapidly expanded. Furthermore, research into the discovery of new phytobiotic-rich plants continues to increase. Along with this research, refining phytobiotic formulations, exploring their synergistic effects, and advancing using precise feeding strategies are becoming increasingly important. Additionally, the development of innovative delivery systems such as nano-encapsulation and new perspectives on the future of sustainable ration solutions will further enhance the importance of phytobiotics. The aim of this review is to thoroughly examine current studies on the use of phytobiotics in poultry nutrition, determine their effects on performance criteria and mechanisms of action, identify new phytobiotic sources, and shed light on future research in line with innovative feeding strategies.

Keywords: Antioxidant, Antimicrobial, Plant, Phytobiotics, Poultry.

ÖZET

Günümüzde hastalıkların önlenmesinde ve tedavisinde kullanılan fitobiyotik içeren bitkiler, farmokolojik olarak aktif bileşik içeriklerinin yüksek olmasından dolayı hayvan beslemede umut verici alternatif bir besleme stratejisi olarak değerlendirilmektedir. Fitobiyotikler, bitkiler tarafından patojen mikroorganizmalara karşı savunma mekanizması olarak üretilen doğal maddelerdir. Biyolojik olarak aktif bileşikler grubunda sınıflandırılan fitobiyotikler, çeşitli kimyasal bileşiklerden oluşmaktadır. Anti-inflamatuar, antibakteriyel, antioksidan, antifungal, immünomodülatör, antiviral ve metabolizma uyarıcılar olmak üzere kapsamlı birçok etkiye sahiptirler. Kanatlı hayvan beslemede fitobiyotiklerin, sağlıklı bağırsak ortamını koruyarak besi performansında ve karkas parametrelerinde iyileştirdiğini, Lactobacillus gibi yararlı baktarilerin sayısını önemli derecede arttırdığını, bağırsak duvarı

histomorfolojiisini ve biyokimyasal profilini olumlu yönde etkilediğini, E. coli gibi zararlı bağırsak bakterilerinin sayısını ve amonyak gibi sera gazı emisyonlarını azalttığını gösteren çalışmalar mevcuttur. Kanatlı hayvan besleme alanında yapılan çalışmalarda biberiye, tarçın, adaçayı, kekik, narenciye, anason, biber, sarımsak, zerdeçal ve yeşilçay gibi birçok fitobiyokçe zengin bitki kullanılmıştır. Fitobiyotiklerin bu çok yönlü olumlu etkileri sayesinde kanatlı hayvan beslemede kullanımı hızla yaygınlaşmıştır. Ayrıca fitobiyotik açısından zengin yeni bitkilerin arayışlarına yönelik çalışmalar da artarak devam etmektedir. Bu arayışlarla birlikte fitobiyotik formülasyonlarını rafine etmek, sinerjik etkilerini keşfetmek ve hassas besleme stratejileri kullanılarak ilerlemek önem kazanmakadır. Ayrıca nano-enkapsülasyon gibi yenilikçi dağıtım sistemlerinin geliştirilmesi ve sürdürülebilir rasyon çözümlerinin geleceğine dair yeni bakış açıları fitobiyotiklerin önemini daha da artıracaktır. Bu derlemenin amacı, kanatlı hayvan beslemede fitobiyotiklerin kullanımı üzerine yapılmış güncel çalışmaları derinlemesine irdelemek, performans kriterleri ve etki mekanizmaları üzerine olan etkilerini belirlemek, yeni fitobiyotik kaynaklarını ortaya çıkarmak ve yenilikçi besleme stratejileri doğrultusunda gelecekte yapılacak çalışmalara ışık tutmaktır.
Anahtar Kelimeler: Antioksidan, Antimikrobiyal, Bitki, Fitobiyotik, Kanatlı.

GİRİŞ

Günümüz kanatlı endüstrisi, artan dünya nüfusuyla birlikte hızlı büyüyen, yüksek göğüs eti kütlesine ve yumurta verimine sahip hayvanları tercih edilerek tüketim talepleri karşılamaya çalışmaktadır. Bu yoğun süreç hayvanlarda yüksek bir metabolizma hızına yol açmaktadır. Yoğunlaşan üretim sistemiyle birlikte hayvanlar yoğun stres faktörlerine maruz kalıyorlar. Artan stres faktörleriyle birlikte hayvanlarda oksidatif stres tetiklenmekte ve bu tetiklenmelerle birlikte reaktif oksijen türleri (ROS) üretimi hızlanmakta, antioksidan dengesini bozmakta, bağırsak sağlığını zayıflatmakta ve hayvanın genel performansını kötü etkileyerek üretimde ciddi problemler meydana getirerek, ekonomik kayıplara neden olmaktadır. Bağırsak sağlığı, hayvanın sağlığını ve performansını sürdürmek için kritik bir öneme sahiptir. Bağırsak bütünlüğünü ve bariyer işlevlerini desteklemek, bağırsak antioksidan sistemini artırır, mukozal bariyeri koruyarak patojen istilasını önlemede büyük önem taşır. Böylelikle besin rekabeti azalır ve bağırsakta oluşabilecek problemin önüne geçilebilecek ve besinlerin biyoyararlanımını iyileştirebilir. Tüm bu durumlar göz önüne alındığında hayvan refahını ve genel performansını artırmada, yemden yararlanmayı iyileştirme, bağırsak sağlığını desteklemede ve hastalıkların olumsuz etkilerinden arınmak için alternatif besleme kaynaklarına yönelme olmuştur. Araştırmalar yoğunlaşırken, güvenli, doğal ve etkili alternatifler arasında fitobiyotiklerin olumlu etkilerinden dolayı umut verici bir seçenek olarak görülmüştür (Amad ve ark., 2013; Min ve ark., 2018; Surai ve ark., 2019; Mishra ve Jha, 2019; Maharjan ve ark., 2021;Wassie ve ark., 2021;Su ve ark., 2021; Obaianwuna ve ark., 2024; Cojocariu ve ark., 2026).

Fitobiyotik Nedir?

Geçmiş zamanlardan beri insanlar bitkileri ve bitki özütlerini kendi tedavilerinde veya çiftlik hayvanlarının tedavisinde kullanmışlardır. Belirli hastalıkların tedavisi için kullanılan bitkiler, hayvansal gözlemlere ve geleneksel tıbba dayanmaktadır. Bu bitkiler biyolojik olarak birçok aktif bileşene sahiptirler. Fitobiyotik, bitkisel orjinli aromatik (fitojenik) bitkilerden elde edilen bileşiklerdir. Fitobiyotikler, fitojeni yem katkı maddeleri veya fitojenik olarak bitki kökenli biyoaktif bileşiklerden oluşmaktadır. Yüksek düzeyde farmakolojik olarak aktif bileşik içeriği nedeniyle alternatif olarak kabul edilmektedir. Fitobiyotiklerin anti-inflamatuar, antibakteriyel, antioksidan ve metabolizmayı teşvik edici işlevlerde dahil olmak üzere kapsamlı etkilere sahiptirler. Bitkiler bakteri, virüs, mantar gibi patojen mikroorganizmaların istilasından korunmak için fitobiyotik sentezleyerek bitkinin savunma sistemini güçlendirmektedir. Bununla birlikte bitkiler üzerinde oksidatif stresin vermiş olduğu hasarlardan da korumaktadır. Günümüzde bitkiler üzerinde 5000'den fazla bireysel fitobiyotik tanımlanmış ve tanımlamaya da devam edilmektedir. Bitkilerdeki fitobiyotik özellikleri, çevre koşullarına, toprak özelliklerine, hasat zamanına, depolama koşulları ve bitkiler üzerinde kimyasal kullanımları gibi etkenlere göre değişmektedir (Greathead, 2003; Rochfort ve ark., 2008; Radkowska, 2013; Mohammadi Gheisar ve Kim, 2018; Ndomou ve ark., 2021; Kikusato, 2021; Urban ve ark., 2025).

Çizelge 1. Bazı aromatik bitkiler, içerdikleri aktif bileşikler ve etki mekanizmaları (Kamel, 2000; Çabuk ve ark., 2003; Yeşilbağ, 2007; Şengezer ve Güngör, 2008; Bayaz, 2014; Özbudak, 2019).

Bitki adı	Aktif bileşik	Etki mekanizması
Adaçayı (*Salvia*)	Sineol	Sindirim uyarıcı, antiseptik
Anason (*Pimpinella*)	Anetol	Sindirim uyarıcı
Tarçın (*Cinnamon*)	Sinnamaldehit	İştah arttırıcı, sindirim uyarıcı, antiseptik
Hindistan cevizi (*Cocos*)	Sabinen	Sindirim uyarıcı ve ishal önleyici
Karanfil (*Dianthus*)	Öjenol	İştah arttırıcı, sindirim uyarıcı, antiseptik
Zencefil (*Zingiber*)	Zingerol	Sindirim uyarıcı
Kekik (*Thymus*)	Timol, karvakrol	Sindirim uyarıcı, antiseptik, antioksidan
Biber (*Capsicum*)	Capsaicin	Antidieratik, anti-inflatuar, sindirim uyarıcı
Biberiye (*Rosemary*)	Cineol	Sindirim uyarıcı, antiseptik, antioksidan
Maydanoz (*Petroselium*)	Apiol	Lezzetlendirici, sindirim uyarıcı, antiseptik
Nane (*Mentha*)	Menthol	Lezzetlendirici, sindirim uyarıcı, antiseptik
Defne (*Lauus*)	Cineol	Lezzetlendirici, sindirim uyarıcı, antiseptik
Sarımsak (*Allium*)	Allicin	Sindirim uyarıcı ve antiseptik
Kimyon (*Cuminum*)	Cineol	Sindirim uyarıcı vekarminatif
Bayır turpu (*Armoracia*)	Allil izotiyosinat	İştah arttırıcı
Hardal (*Brassica*)	Allil izotiyosinat	Sindirim uyarıcı
Karabiber (*Piper*)	Piperin, sabinen	Sindirim uyarıcı
Keklik otu (*Origanum*)	Karvakrol	Antiseptik ve antiviral
Kereviz (*Apium*)	Fitalid	İştah arttırıcı, sindirim uyarıcı, antiseptik
Kişniş (*Coriandrum*)	Linalol	İştah arttırıcı ve sindirim uyarıcı

Kanatlı Hayvan Beslemede Fitobiyotik Kullanımı

Doğal olarak yetişen veya yetiştirilen sürdürülebilir ve doğal bir yaklaşım olan fitabiyotikler hayvanların sağlığını, performansını ve refahını iyileştirme önemli bir yere sahiptirler. Uygun dozlarda etlik piliç yemlerine veya sularına fitobiyotik ilavesinin, sindirim sistemine yardımcı olduğu, dolaşım sistemi yapılarının güçlenmesini ve organizmanın oksidatif hasara yol açan olumsuz durumlara karşı savunma sisteminin güçlenmesi gibi birçok etkisi mevcuttur. Fitobiyotikler tek başına veya kombinasyon halinde, hayvanların gelişim performansı üzerinde, yemden yararlanma ve hastalıklara karşı iyileştirmede önemli bir yere sahiptirler. Ayrıca yemlerin kalitesinin ve yem tüketiminde iyileşme, fermantasyon sürecinin modüle edilmesi, sindirim sürecine yardımcı ve hedef doku üzerinde doğrudan veya dolaylı olarak etki ederek olumlu sonuçlara ulaşılabilmektedir. Kanatlı hayvanların rasyonlarına fitobiyotik ilavesi yem tüketiminde, yemden yararlanmada, karkas kalitesinde iyileşme ve ölüm oranlarında azalmalara neden olduğu bildirilmiştir. (Yeşilbağ, 2007; Rahimi ve ark., 2011; Valenzuela-Grijalva ve ark., 2017; Urban ve ark., 2023; Cojocariu ve ark., 2026).

Günümüzde gıda, ilaç ve yem gibi faklı amaçlarla kullanımları mevcuttur. Genel olarak kullanım amacına göre dozları değişmektedir. Ayrıca bitkinin ve hayvanın çeşidine göre genel olarak farklılık olmasıyla birlikte, kurutulmuş formada olan bitkiler %0.5-1 arasında kullanılması önerilmektedir. Kuru özütlerin ise su içeriği %5'i geçmemeli ve yeme yaklaşık 0.5 kg /ton 'dur. Uçucu yağ olarak ilavesi ise tona %0.05 düzeyinde ilave edilebilmektedir (Urban ve ark., 2023).

Etlik piliç civciv yemlerine guava yaprak özü, avakado ve malunggay gibi bitkilerin yem katkısı olarak ilavesi antraluinonlar, flavonoidler, tanenler, steroidler ve saponinler gibi fitobiyotik bileşenlerin kullanımı büyümede iyileşmelere yol açmıştır (Mapatac, 2017; Mandey & Sompie, 2021). Hussein ve ark. (2020), fitobiyotik takviyesiyle birlikte büyüme performansındaki artışı aktif moleküler kompleksler arasındaki sinerjik mekanizmaya bağlı olabileceğini bildirmişlerdir. Fitobiyotikler, bağırsak yapısını koruyabilir veya iyileştirebilir, villus uzunluğunu artırarak bağırsak emilim yüzeyini artırabilir (Tabatabaei, 2016). Ayrıca tükürük üretimi, sindirim enzimlerin salınımı ve safra üretimini uyarabildiği ve böylece performans ve sindirilebilirliği artırabileceği gösterilmiştir (Alloui ve ark, 2014). Bağırsakta protein sindirimini ve kullanımında artış (El-Gendi, 1996), bağırsak mukusu salgısını teşvik ederek patojenlerin yapışmasını azaltma (Alcicek ve ark., 2004), bağırsak patojenlerini azalma (Kubkomawa ve ark., 2013), yararlı mikroorganizma (Lactobacillus spp.) sayısını artış (Windisch ve

ark., 2008), bağırsak histolojik yapısını değiştirebildiği ve bağırsak villuslarının derinleşmesiyle (Murali ve ark., 2012) hayvanların mekanizmasında olumlu iyileşmeler yapmaktadır. Yapılan bir çalışmada tarçın, sarımsak tozu, zerdeçal ve zencefilin yeme ilavesinin etlik piliçler performansları üzerinde; tarçının toplam süperoksit dismutaz (SOD), antioksidan kapasite (TAC), katalaz (CAT), kortikosteroid (CE) aktivitelerini arttırdığını ve malondialdehit (MDA) konsantrasyonunu azalttığını vurgulamışlardır. Zencefil ilavesinin glutatyon peroksidaz (GPX), ayrıca sarımsak tozunun katalaz (CAT) aktivitelerini arttırdığını belirlemişlerdir. Genel olarak kullanılan tıbbi bitkilerden özellikle zerdeçal ve zencefilin hayvanlar sağlığı ve büyüme performansı üzerinde olumlu etkileri olduğunu ve ekonomik verimliliği iyileştiğini vurgulamışlardır (Sadeghi & Moghaddam, 2018). Etlik piliç rasyonlarına sarımsak (Elagib ve ark., 2013); sarımsak, mantar ve propolis karışımı (Daneshmand ve ark., 2012); zerdeçal tozu (Ahmadi, 2010); kimyon tohumları (Khalaji ve ark., 2011) ilavesinin hayvanların performanslarında iyileşmeler gözlemlendiği vurgulanmıştır. Japon bıldırcınları rasyonlarına fitobiyotik bileşenleri ilavesi, hayvanların performanslarında iyileşmelere yol açmıştı belirlenmiştir (Manafi ve ark., 2016). Yapılan bir çalışmada rasyona ilave edilen, kekik uçucu yağının (100 ppm) bıldırcınlarda canlı ağırlık artışı ve yem tüketiminde iyileşmeler gözlediklerini, kekik uçucu yağının büyüme faktörü amacıyla kullanılabileceğini belirtmişlerdir (Parlat ve ark., 2005). Yumurtacı tavuklarda, bitki özütü veya esansiyel yağların yumurta üretiminde, yumurta iç kalitesi, kabuk kalınlığı ve dayanıklılığında iyileşmeler gözlenmiştir (Radwan ve ark., 2008)

Çizelge 2. Fitobiyotiklerin bağırsak mikrobiyotası kompozisyonu üzerindeki etkisi

Fitobiyotik	Artan mikroorganizma	Azalan mikroorganizma	Kaynaklar
Karışım (toz; zencefil, meyan kökü, ashwagandha kökü, çörek otu ve yeşil çay yaprakları); 3 kg/ton	Lactobacillus	Koliformlar	Gilani ve ark., 2021
Zencefil kökü özütü; %1,5 veya %3	Lactobacillus, Bifidobacterium	E. coli	Dosuv e ark., 2023
Kekik sulu özütü; 400, 500, 600 ve 700 mg/kg	Firmicutes, Lactobacillus	E. coli	Zhang ve ark., 2023
Zeytin yaprağı özütü %0,1–%0,5	Lactobacillus, Bifidobacterium	E. coli	Xie ve ark., 2022
Kombine bitki yağı (okaliptüs, karvakrol, sinnamil aldehit); 100 g/ton	Streptococcus, Bifidobacterium	Escherichia-Shigella ve Erysipelatoclostridium	Xue ve ark., 2020
Su yoluyla karanfil tozu ve Tulsi özütü; (%0,5 + %2), (%1 + %3) ve (%1,5 + %4)	Lactobacillus	E. coli	Islam ve ark., 2023
Esansiyel yağ (pirinç kabuğu tozu ve silika); 200, 400 ve 600 mg/kg	Lactobacillus, Faecalibacterium	Bacteroides, Intestinimonas	Ding ve ark., 2022

Çizelge 3. Fitobiyotiklerin kanatlı hayvanlar üzerindeki etkisi

Fitobiyotik	Kanatlı hayvan	Etki mekanizması	Kaynaklar
Kekik uçucu yağı (100g/ton)	Japon bıldırcını	Canlı ağırlık kazancı ve yem tüketiminde artış sağlamıştır.	Parlat ve ark., 2005
Kekik yağı (100 ve 200 mg/kg)	Etlik piliç	Tekli doymamış yağ asidi konsantrasyonunda artış gözlenmiş.	Bölükbaşı ve ark., 2006
Biberiye yaprağı (5.7, 8.6 ve 11.5 g/kg) ve biberiye yağı (100, 150 ve 200 mg/kg)	Etlik piliç	Lipid oksidasyonunu azaltarak et kalitesini iyileştirmiştir.	Yasilbag ve ark., 2011
Kişniş (10mg/kg), Çörek otu (10mg/kg)	Etlik piliç (Cobb-500)	Bağırsak historolojisini nispeten iyileştirerek, HP, HY, kalsiyum ve	Hafeez ve ark., 2021

		fosforun sindirilebilirliğini önemli derecede yükselmiş ve kemik ağrılarını iyileştirmiştir.	
Kekik esansiyel yağı (150 ve 300 mg/kg)	Etlik piliç	Büyüme performansında iyileşme, oksidatif stresi hafifletme, doğal antikor üretmede iyileşme ve bağırsak mikrobiyotasında olumlu modüle sağlamıştır.	Ruan ve ark., 2021
Kapsüllenmiş sinnameldehit (50 ve 100 mg/kg)	Etlik piliç (Cobb-500)	Etin sertliğini düşürerek etin yumuşaklığını artırmıştır, bağırsak sağlığını, mikrobiyotası, morfolojisi, sindirilebilirliği iyileştirerek desteklemiştir.	Yang ve ark., 2021
Manihot esculenta ekstraktı (0.1 ml) in ovo in-ovo enjeksiyonu	Etlik piliç	Kuluçka sonrası canlı ağırlıklarda iyileşme, trigliserit oranında artış ve civciv kalitesinde iyileşme gözlenmiş.	Ngueda ve ark., 2021

SONUÇ

Sonuç olarak, kanatlı hayvan beslemede fitobiyotik kullanımının hayvan performansında ve yeme olumlu yönde katkısından dolayı çeşitli sonuçlar bulunmuştur. Tüm bu olumlu etkiler göz önüne alındığında fitobiyotiklerin hayvan beslemedeki geleceği göz ardı edilmemelidir. Bağırsak sağlığı, bağışıklık tepkisi ve hayvan performansı üzerindeki çok yönlü olumlu etkileri endüstriyel boyutta hem hayvanın sağlığı hem de ticari açıdan büyük öneme sahiptir. Ayrıca fitobiyotiklerin faydalarını maksimize etmek için hassas formülasyon ve mikro enkapsüllayon ya da nano-teknoloji gibi yenilikçi dağıtım yöntemlerine başvurulmaktadır. Böylelikle tüketiciler içinde doğal takviyelerle beslenmiş sağlıklı hayvansal ürünleri tedarik edilebilinecektir.

KAYNAKLAR

Ahmadi F (2010). Effect of turmeric (Curcumin longa) powder on performance, oxidative stress state and some of blood parameters in broilers fed on diets containing aflatoxin. Global Veterineria, 5: 312-317.

Alcicek A, Bozkurt M and Çabuk M (2004). The effect of a mixture of herbal essential oils, an organic acid or a probiotic on broiler performance. South African Journal of Animal Science 34: 217-222.

Alloui N, Alloui MN, Agabou A (2014). Application of herbs and phytogenic feed additives in poultry production - a review. Global Journal Animal Science Research, 2: 234-243.

Amad, A. A., Wendler, K. R., & Zentek, J. (2013). Effects of a phytogenic feed additive on growth performance, selected blood criteria and jejunal morphology in broiler chickens. Emirates Journal of Food & Agriculture (EJFA), 25(7).

Bayaz, M. (2014). Esansiyel yağlar: antimikrobiyal, antioksidan ve antimutajenik aktiviteleri. Akademik Gıda, 12(3), 45-53.

Bölükbaşi, S. C., Erhan, M. K., & Ozkan, A. (2006). Effect of dietary thyme oil and vitamin E on growth, lipid oxidation, meat fatty acid composition and serum lipoproteins of broilers. South African Journal of Animal Science, 36(3), 189-196.

Cojocariu, L. C., Usturoi, M. G., Usturoi, A., Lazăr, M., Balmuş, I. M., Simeanu, D., & Radu-Rusu, R. M. (2026). Phytobiotics as Dietary Natural Growth Promoters in Producing High-Quality and Safe Poultry Products—A Narrative Review. Agriculture, 16(4), 443.

Çabuk, M., Alçiçek, A., Bozkurt, M., İmre, N. 2003. Aromatik bitkilerden elde edilen esansiyel yağların antimikrobiyal özellikleri ve alternatif yem katkı maddesi olarak kullanım imkanı. Yem Magazin, 35, 39-41.

Daneshmand A, Sadeghi GH and Karimi A (2012). The effects of a combination of garlic, oyster mushroom and propolis extract in comparison to antibiotic on growth performance, some blood parameters and nutrients digestibility of male broilers. Brazilian Journal of Poultry Science, 14: 141-147.

El-Gendi GM (1996). Effect of feeding dietary herbal feed additives on productive and metabolic responses of broiler chicks. Egyptian Poultry Science, 16: 395-412.

Elagib HAA, El-Amin WIA, Elamin KM and Malik HEE (2013). Effect of dietary garlic (Allium sativum) supplementation as feed additive on broiler performance and blood profile. Journal of Animal Science Advances, 3: 58-64.

Greathead, H. (2003). Plants and plant extracts for improving animal productivity. Proceedings of the nutrition Society, 62(2), 279-290.

Hafeez, A., Iqbal, S., Sikandar, A., Din, S., Khan, I., Ashraf, S., ... & Laudadio, V. (2021). Feeding of phytobiotics and exogenous protease in broilers: comparative effect on nutrient digestibility, bone strength and gut morphology. Agriculture, 11(3), 228.

halaji S, Zaghari M, Hatami K, Hedari-Dastjerdi S, Lotfi L and Nazarian H (2011). Black cumin seeds, Artemisia leaves (Artemisia sieberi), and Camellia L. plant extract as phytogenic products in broiler diets and their effects on performance, blood constituents, immunity, and cecal microbial population. Poultry Science, 90:2500-2510.

Hussein, E. O., Ahmed, S. H., Abudabos, A. M., Suliman, G. M., Abd El-Hack, M. E., Swelum, A. A., & N. Alowaimer, A. (2020). Ameliorative effects of antibiotic-, probiotic-and phytobiotic-supplemented diets on the performance, intestinal health, carcass traits, and meat quality of Clostridium perfringens-infected broilers. Animals, 10(4), 669.

Kamel, C. (2000). A novel look at a classic approach of plant extracts. Feed Mix Special. 2000,19-21.

Kikusato, M. (2021). Phytobiotics to improve health and production of broiler chickens: functions beyond the antioxidant activity. Animal bioscience, 34(3), 345.

Kubkomawa HI, Nafarnda DW, Mukang SM, Tizhe MA, Tuakam DK, Shua NJ, Ugwu CC, Opara MN, Neils JS and Okoli IC (2013). Ethno-Veterinary health management practices amongst livestock producers in Africa – A review. World Journal of Agricultural Sciences, 1: 252-257.

Maharjan, P., Martinez, D. A., Weil, J., Suesuttajit, N., Umberson, C., Mullenix, G., ... & Coon, C. N. (2021). Physiological growth trend of current meat broilers and dietary protein and energy management approaches for sustainable broiler production. Animal, 15, 100284.

Manafi M, Hedayati M and Khalaji S (2016). Effectiveness of phytogenic feed additive as alternative to bacitracin methylene disalicylate on hematological parameters, intestinal histomorphology and microbial population and production performance of Japanese quails. Asian Australasian Journal of Animal Sciences, 29: 1300-1308.

Mandey, J. S., & Sompie, F. N. (2021). Phytogenic feed additives as an alternative to antibiotic growth promoters in poultry nutrition. In Advanced studies in the 21st century animal nutrition. IntechOpen.

Mapatac, L. C. (2015). Potency of medicinal leaves in the growth performance of broiler chicks. Recoletos Multidisciplinary Research Journal, 3(1).

Min, Y. N., Niu, Z. Y., Sun, T. T., Wang, Z. P., Jiao, P. X., Zi, B. B., ... & Liu, F. Z. (2018). Vitamin E and vitamin C supplementation improves antioxidant status and immune function in oxidative-stressed breeder roosters by up-regulating expression of GSH-Px gene. Poultry Science, 97(4), 1238-1244.

Mishra, B., & Jha, R. (2019). Oxidative stress in the poultry gut: potential challenges and interventions. Frontiers in veterinary science, 6, 60.

Mohammadi Gheisar, M., & Kim, I. H. (2018). Phytobiotics in poultry and swine nutrition–a review. Italian journal of animal science, 17(1), 92-99.

Murali N, Kumar-Phillips GS, Rath NC, Marcy J and Slavik MF (2012). Effect of marinating chicken meat with lemon, green tea and turmeric against food borne bacterial pathogens. International Journal of Poultry Science, 11: 326-332.

Ndomou, S. C. H., Djikeng, F. T., Teboukeu, G. B., Doungue, H. T., Foffe, H. A. K., Tiwo, C. T., & Womeni, H. M. (2021). Nutritional value, phytochemical content, and antioxidant activity of three phytobiotic plants from west Cameroon. Journal of agriculture and food research, 3, 100105.

Ngueda, D.O.R, N'nanle, O., Voemesse, K., Onagbesan, O., Decuypere, E., & Tona, K. (2021). Effects of in ovo injection of Manihot esculenta extract on hatchability and post-hatch performance of Sasso broiler chickens. European Poultry Science, 85, 1-11.

Obianwuna, U. E., Chang, X., Oleforuh-Okoleh, V. U., Onu, P. N., Zhang, H., Qiu, K., & Wu, S. (2024). Phytobiotics in poultry: revolutionizing broiler chicken nutrition with plant-derived gut health enhancers. Journal of animal science and biotechnology, 15(1), 169.

Özbudak, S. (2019). Phytobiotics and their roles in broiler nutrition. Journal of Poultry Research, 16(1), 23-29.

Parlat, S. S., Yıldız, A. Ö., Olgun, O., & Çufadar, Y. (2005). Bıldırcın rasyonlarında büyütme amaçlı antibiyotiklere alternatif olarak kekik uçucu yağı (Origanum vulgare L.) kullanımı. S.ü. Ziraat Fak. Dergisi, 19:7-12.

Parlat, S. S., Yıldız, A. Ö., Olgun, O., & Çufadar, Y. (2005). Usage of oregano essential oil (origanum vulgare l.) extract for growth stimulant antibiotics in quail rations. Selcuk Journal of Agriculture and Food Sciences, 19(36), 7-12.

Radkowska, I. (2013). Wykorzystanie ziół i fitogenicznych dodatków paszowych w żywieniu zwierząt gospodarskich. Wiadomości Zootechniczne, 51(4), 117-124.

Radwan N, Hassan RA, Qota EM and Fayek HM (2008). Effect of natural antioxidant on oxidative stability of eggs and productive and reproductive performance of laying hens. International Journal of Poultry Science, 7: 134-150.

Rahimi, A., Kıralan, M., Arslan, N., Bayrak, A., & Doğramacı, S. (2011). Variation in fatty acid composition of registered poppy (Papaver somniferum L.) seed in Turkey. Akademik Gıda, 9(3), 22-25.

Rochfort, S., Parker, A. J., & Dunshea, F. R. (2008). Plant bioactives for ruminant health and productivity. Phytochemistry, 69(2), 299-322.

Ruan, D., Fan, Q., Fouad, A. M., Sun, Y., Huang, S., Wu, A., ... & Jiang, S. (2021). Effects of dietary oregano essential oil supplementation on growth performance, intestinal antioxidative capacity, immunity, and intestinal microbiota in yellow-feathered chickens. Journal of animal science, 99(2), skab033.

Sadeghi, A. A., & Moghaddam, M. (2018). The effects of turmeric, cinnamon, ginger and garlic powder nutrition on antioxidant enzymes' status and hormones involved in energy metabolism of broilers during heat stress.

Su, G., Wang, L., Zhou, X., Wu, X., Chen, D., Yu, B., ... & He, J. (2021). Effects of essential oil on growth performance, digestibility, immunity, and intestinal health in broilers. Poultry Science, 100(8), 101242.

Surai, P. F., Kochish, I. I., Fisinin, V. I., & Kidd, M. T. (2019). Antioxidant defence systems and oxidative stress in poultry biology: An update. Antioxidants, 8(7), 235.

Şengezer, E., & Güngör, T. (2008). Esansiyel yağlar ve hayvanlar üzerindeki etkileri (derleme). Lalahan Hayvancılık Araştırma Enstitüsü Dergisi, 48(2), 101-110.

Tabatabaei SN (2016). Effect of olibanum (Boswellia thurifera) as a feed additive on performance, some blood biochemical and intestinal morphology in broiler chicks. Research Opinions in Animal and Veterinary Sciences, 6: 130-134.

Urban, J., Bień, D., Matuszewski, A., Ciborowska, P., Zalewska, A., Lutostański, K., ... & Michalczuk, M. (2023). Fitobiotyki–naturalne dodatki poprawiające zdrowotność. Hodowca Drobiu, 4, 20-23.

Urban, J., Bień, D., Matuszewski, A., Ciborowska, P., Zalewska, A., Lutostański, K., ... & Michalczuk, M. (2023). Fitobiotyki–naturalne dodatki poprawiające zdrowotność. Hodowca Drobiu, 4, 20-23.

Urban, J., Kareem, K. Y., Matuszewski, A., Bień, D., Ciborowska, P., Lutostański, K., & Michalczuk, M. (2025). Enhancing broiler chicken health and performance: the impact of phytobiotics on growth, gut microbiota, antioxidants, and immunity. Phytochemistry Reviews, 24(2), 2131-2145.

Valenzuela-Grijalva, N. V., Pinelli-Saavedra, A., Muhlia-Almazan, A., Domínguez-Díaz, D., & González-Ríos, H. (2017). Dietary inclusion effects of phytochemicals as growth promoters in animal production. Journal of animal science and technology, 59(1), 8.

Wassie, T., Lu, Z., Duan, X., Xie, C., Gebeyew, K., Yumei, Z., ... & Wu, X. (2021). Dietary Enteromorpha polysaccharide enhances intestinal immune response, integrity, and caecal microbial activity of broiler chickens. Frontiers in Nutrition, 8, 783819.

Windisch W, Schedle K, Plitzner C and Kroismayr A (2008). Use of phytogenic products as feed additives for swine and poultry. Journal of Animal Science, 86: 140-148.

Yang, C., Diarra, M. S., Choi, J., Rodas-Gonzalez, A., Lepp, D., Liu, S., ... & Yang, C. (2021). Effects of encapsulated cinnamaldehyde on growth performance, intestinal digestive and absorptive functions, meat quality and gut microbiota in broiler chickens. Translational Animal Science, 5(3), txab099.

Yesilbag, D., Eren, M., Agel, H., Kovanlikaya, A., & Balci, F. (2011). Effects of dietary rosemary, rosemary volatile oil and vitamin E on broiler performance, meat quality and serum SOD activity. British Poultry Science, 52(4), 472-482.

Yeşilbağ, D. (2007). Fitobiyotikler. Uludağ Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi, 26(1-2), 33-39.

HAYVAN BESLEMEDE PERİLLA FRUTESCENS
PERILLA FRUTESCENS IN ANIMAL NUTRITION

Res. Asst. Dr. Prof. Sezen TAYAM
Muş Alparslan University, Faculty of Applied Sciences, Department of Animal Production and Technologies, Muş, Türkiye,
ORCİD: ID/0000-0003-61693-0651

Assoc. Prof. Dr. Sibel ERDOĞAN
Van Yüzüncü Yıl University, Faculty of Agriculture, International Department of Animal Science, Van, Türkiye,
ORCİD: ID/0000-0003-2640-3871

Asst. Prof. Dr. Mehmet Reşit KARAGEÇİLİ
Van Yüzüncü Yıl University, Faculty of Agriculture, International Department of Animal Science, Van, Türkiye,
ORCİD: ID/0000-0001-8433-0397

ABSTRACT
Animal health plays a crucial role in sustainable livestock production. Key mechanisms supporting animal welfare include gut health, the immune system, and metabolic balance. Nutritional strategies offer an effective means to modulate the animal system and improve health outcomes. Plant-based sources rich in bioactive compounds are emerging as promising alternatives in animal nutrition. Perilla frutescens, a member of the Labiatae family, is particularly rich in α-linolenic and linoleic acids, flavonoids such as luteolin and apigenin, phytosterols, tocopherols, policosanols, and fatty acids. Perilla exhibits significant functionality with its anticancer, anti-diabetic, anti-asthmatic, antimicrobial, anti-inflammatory, antioxidant, and cardioprotective effects. Positive results have been obtained regarding the prevention of mammary, colon, and kidney cancers in animals using Perilla. The anti-nutritional compounds found in Perilla seeds may affect the digestibility of tannins and phytic acid in poultry. In lambs, it can positively influence meat quality, carcass parameters, and growth performance. The addition of Perilla to diets may alter the fatty acid composition of animal products and can also be used as a protein source. This review aims to investigate how Perilla can serve as a promising resource to enhance product quality in animal nutrition, focusing on its effects on the milk and plasma fatty acid composition and milk quality in lactating animals, as well as its impact on egg production and quality. The effects on the immune system and animal health in both poultry and ruminant species have been examined. The review intends to guide future research directions in line with new feeding strategies.
Keywords: *Perilla Frutescens*, Antimicrobial, Plant, Phytobiotics, Animal Nutrition.

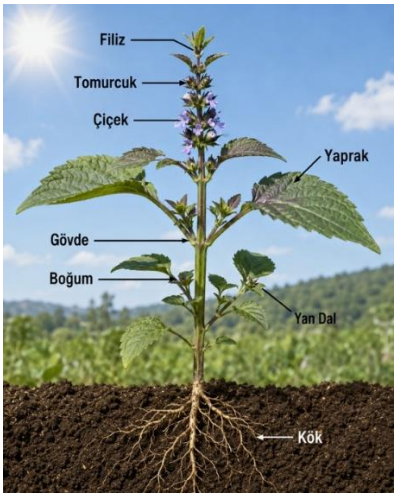
ÖZET
Hayvan sağlığı, sürdürülebilir hayvancılık üretiminin kilit rollerinden biri olarak yer almaktadır. Hayvan refahını destekleyen temel mekanizmalar arasında bağırsak sağlığı, bağışıklık sistemi ve metabolik denge rol almaktadır. Besleme stratejileri, hayvan sistemini modüle eder ve hayvan sağlığını iyileştirmede etkili bir yol sunar. Biyolojik aktif bileşik açısından zengin olan bitkisel kaynaklar hayvan beslemede umut verivi alternatifler arasına girmektedir. Labiatae familyasından olan *Perilla frutescens* (Perilla bitkisi), özellikle α-linolenik ve linoleik asit; luteolin, apigenin gibi flavonoidler; fitosteroller, tokoferoller, policosanoller ve yağ asitleri bakımından zengin bir bitki çeşididir. Perilla antikanser, anti-diyabet, antiastım, antimikrobiyal, anti-inflamatuar, antioksidan, kardiyoprotektif etkileri bakımından oldukça fonksiyonel bir bitkidir. Hayvanlar üzerinde perillanın meme, kolan ve böbrek kanserlerini engellemede olumlu sonuçlar elde edilmiştir. Perilla tohumlarında bulunan anti-besin bileşikleri kanatlı hayvanlarda, tanenler ve fitik asit besinlerinin sindirilebilirliğini etkileyebilir. Kuzularda etin kalitesini, karkas parametresini ve büyüme performansını olumlu etkileyebilir. Rasyona perilla ilavesi hayvansal ürünlerdeki yağ asitlerinin bileşimini değiştirebilir. Ayrıca protein kaynağı olarak da kullanılabilir. Bu derlemenin amacı, perillanın hayvan beslemede ürün kalitesini iyileştirmek için umut verici bir kaynak olabileceği, laktasyon dönemindeki hayvanların süt, plazma, yağ asidi bileşimi, süt kalitesini nasıl

etkilediğini, yumurta üretimi ve kalitesini nasıl etkilediği araştırılmıştır. Gerek kanatlı hayvanlarda gerekse de ruminant hayvanlar üzerinde bağışıklık sistemi ve hayvan sağlığı üzerindeki etkileri incelenmiştir. Yeni besleme stratejileri doğrultusunda gelecekte yapılacak çalışmalara yön göstermek amaçlanmıştır.
Anahtar Kelimeler: *Perilla Frutescens*, Antimikrobiyal, Bitki, Fitobiyotik, Hayvan Besleme

GİRİŞ

Sürdürülebilir hayvancılık üretiminde hayvan, insan ve çevre sağlığı birbiriyle bağlantılı kabul edilip "tek sağlık" yaklaşımıyla uyumludur (Perry ve ark., 2018). Günümüzde, özellikle insan sağlığı açısından, hayvansal ürünlerin kalitesi giderek daha büyük önem kazanmaktadır. Bunun bir nedeni, dünya çapında kardiyovasküler ölümlerin en önemli nedeni olan koroner arter hastalığının sürekli artmasıdır; sadece gelişmekte olan ülkelerde 4,5 milyondan fazla ölüm gerçekleşmektedir. Hem hayvanların sağlığı hem de hayvansal ürünlerin kalitesini artırmaya yönelik çalışmalar hız kazanmıştır. Çiftlik hayvanlarına yönelik hastalıkların tedavisi ve üretilen ürünlerin kalitesine yönelik birçok stratejik yöntem geliştirilmeye çalışılmış ve çalışılmaya devam etmektedir. Bu yeni stratejik yöntemleri arasında hayvanların beslenmesine yönelik çalışmalar hız kazanmıştır. Besleme stratejileri arasında hayvan rasyonlarına *Perilla Frutescens* ilavesi büyük önem kazanmıştır.

Perilla Frutescens; 236 cins ve 7000'den fazla türden oluşan Lamiaceae familyasının içerisinde yer alan yıllık bir bitkidir. Yaygın olarak Çin, Kore, Japonya gibi Asya ülkelerinde bulunsa da ABD, Rusya, Avrupa ülkelerinde de yetiştirilmektedir. Perilla, yeşil veya mor renkte parlak, tüylü, oval veya yuvarlak yapraklı, beyaz çilekleri olan, 150 cm yüksekliğe ulaşabilen bir bitkidir. Perilla bitkisinin yararlı kısımları yaprak ve tohumlarıdır. Perilla bitkisinde rosmarinik asit, luteolin, krisoeriol, kuersatin, kateşin, kafeik asit ve ferulik asit gibi önemli fitokimyasal bileşikleri içermektedir. Ayrıca tohumunda fitosteroller, tokoferoller, squalen ve çoklu doymamış yağ asitleri mevcuttur (Nitta ve ark., 2003; Peng ve ark., 2005; Pandey ve Bhatt, 2008; Meng ve ark., 2009; Asif, 2011; Çiftçi ve ark., 2012). Perilla bitkisi içerisindeki bileşiklerden dolayı antimikrobiyal, antialerjik, antikanser, antitümör, antidepresan, antiviral, antiastimatik ve antioksidan özelliklere sahiptir. Dünyanın fonksiyonel gıda olarak kullandığı perilla bitkisinin, entansif bir yetiştiriciliği henüz yapılmamaktadır (Chauhan ve ark., 2013; Dhyani v ark., 2019). Perilla yaprak ekstraktında yetişme şartlarına göre değişmekle birlikte yaklaşık %5.47 HP, %7.61 HY ve %7.68 nem dışında amino asitle ve polifenoller bakımından da zengindir. Tohumda ise %25.38 HP, %42.27 HY ve %6.02 nem bulunmakta ve ayrıca kalsiyum, demir, çinko, magnezyum ve fosfor da bulunmaktadır (Longvah ve Deosthale, 1998; Schirrmacher ve ark., 2010; Sargi ve ark., 2013). Perilla tohumunun fenoller (rosmarinik asit, rosmarinik asit-3-O-glukozit, kafeik asit, ferulik asit ve kafeik asit-3-O-glukozit) ve flavonoidler (apigenin, luteolin ve kateşin) bakımından oldukça zengindir. Tüm bu durumlar göz önüne alındığında, perilla tohumları, soya fasulyesi tohumu veya ayçiçeği küspesinden daha iyi bir temel amino asit kaynağı olarak kabul edilebilir.



Şekil 1. *Perilla Frutescens* bitkisinin kısımları (AI oluşturulmuştur).

***Perilla Frutescens* Bitkisinin Farmakolojik Etkileri**

Anti-Astimatik

Astım heterojen gen-çevre etkileşimleri sebebiyle ortaya çıkan yaygın bir kronik inflamatuar akciğer hastalığıdır. Son yıllarda yapılan çalışmalarda luteolinin astım üzerinde önemli terepötik etkileri ortaya konmuştur. Perilla bitkisindeki luteolin flavonoidi, hava yolu inflamasyonunu inhibe ettirerek, dinamik akciğer uyumluluğunu artırır ve akciğer fonksiyonunu iyileştirir. Bu yüzden Perilla takviyesi astım tedavisine yardımcı olmaktadır (Okamoto ve ark., 2000; Kim ve ark., 2018; Gans ve Gavrilova, 2020; Scokrider ve ark., 2020).

Anti-Diyabetik

Obezite, sağlığı bozacak şekilde vücutta yağ birikmesidir. Yüksek kalorili diyet veya yetersiz beslenme sonucu oluşmaktadır. Beslenmeden kaynaklı olumsuzluklar bağırsak inflamatuarını tetikleyerek obezite ve insülin direncine yol açmaktadır. Perilla, özellikle alfa-linolenik asit olmak üzere omega-3 doymamış yağ asitlerini açısından zengin bir bitkidir. Doymamış yağ asitleri reseptörlerin sinyal yolunun aktivasyonunu baskılayarak sistemik inflamasyon, vücut ağırlığını, serum triasilgliserid seviyesini düşürür, hiperglisemiyi, glukoz toleransını ve insülin direnci de dahil olmak üzere obeziteyi iyileştirir (Ding ve ark., 2010; Asif, 2011; Ding ve Lund, 2011; Liu ve ark., 2013; Lee ve ark., 2019; Kangwan ve ark., 2021).

Anti-Depresan

Perilla, bioaktif bileşenleri olan rasmarinik asit ve apigeninin anti-depresan etkisi vardır. Perilla; Hange-kouboku-to, Saiboku-to, SYJN ve Banxia Houpu gibi anti-depresyon ilaçlarının önemli bir bileşenidir (Takeda ve ark., 2002; Deng ve ark., 2007).

Anti-Kanser

Kanser, ölüm oranı açısından dünyanın önde gelen hastalıklarından biridir. Dünya çapından sorun olan bir hastalıktır. Diyet, çevre faktörü, genetik, radyasyon kanserin temel sebeplerindendir. Çok sayıda araştırma, bitkilerden elde edilen bileşiklerin kanser üzerinde önleyici ve tedavi edici olabileceğini bildirmişlerdir. Bitkilerdeki flavonoidler, polifenoller, fenolik bileşikle, doymamış yağ asitleri önleyici ve antitümör etkiye sahiptir. Perilla bitkisinde bulunan perillaldehit, rosmarik asit, luteolin ve izogomaketon bileşikleri kanser önleyici etkiye sahiptir. Böylelikle eşsiz bir bitki olan Perilla kanser karşıtıdır (Huang ve ark., 2023).

Antimikrobiyal

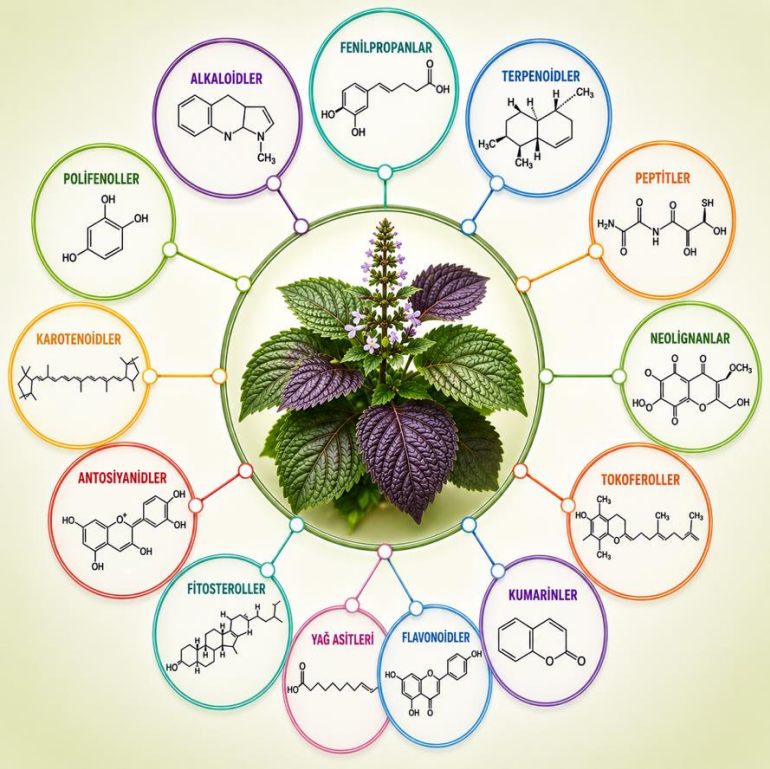
Perilla bitkisi içeriğindeki biyoaktif bileşiklerin sayesinde antimikrobiyal aktiviteyi arttırmada önemli bir etkiye sahiptir. Perilla bitkisinden izole edilen polifenollerin patojenlere karşı etkilidir (Lin ve ark., 2014; Li ve ark., 2022)

Antioksidan

Perilla tohumu, yaprağı ve sapı özütlerinin antioksidan özellikleri DPPH (2,2-difenil-1-pikrilhidrazil), süperoksit radikal temizleme aktivitesi, indirgeyici güç ve metal şelatlama yeteneği ile yeni bir fonksiyonel gıda olarak kullanılabileceği bildirilmiştir (Gu ve ark., 2009).

Kardiyoprotektif

Kalp koruyucu olarak adlandırılan kardiyoprotektif, kalp damar sisteminde oluşabilecek hasarları önleme, kalbi düzenleme ve sağlıklı çalışmasına yardımcı olmak için önemlidir. Perilla bitkisi, serum kolesterol ve hepatik trigliserit seviyelerinde önemli bir azalma sağladı, ayrıca aort ve karaciğerde lipit birikimini azaltmalara yol açmaktadır (Chung ve ark., 2013).



Şekil 2. *Perilla Frutescens* bitkisinine ait bileşikler (AI oluşturulmuştur)

HAYVAN BESLEMEDE KULLANIMI

Perilla frutescens bitkisi geleneksel tıpta kanser, soğuk algınlığı, ateş düşürücü, çeşitli bağırsak hastalıklarına yönelik tedavilerde yaygın olarak kullanılmıştır. Son yıllarda hayvancılık endüstrisi, yüksek protein, amino asit, yağ asidi ve vitamin içeriği nedeniyle Perilla bitkisine odaklanmıştır. Perilla protein kaynağı olarak kullanılıyordu, ancak tohum bileşiminde çok miktarda yağ bulunuyordu. Yağ rasyonda önemli bir enerji kaynağıdır ve ayrıca tozlanmayı azaltmanın yanı sıra rasyonun lezzetini ve dokusunu iyileştirir ve pelet yapımını kolaylaştırır. Ancak hayvan rasyonlarında kullanım sınırları vardır; örneğin, domuz rasyonlarında %7'yi geçmemelidir çünkü domuzlarda akışkanlık sorunlarına neden olur, kümes hayvanlarında ise sindirilebilirliği azalttığı için %4'ü geçmemelidir (Tancharoentrat, 2014; Shannon, 2016; Montha ve ark., 2017; Xia ve ark., 2022).

Perilla frutescens ürünleri hayvancılık alanında oldukça olumlu değerlendirmeler almıştır. Song ve ark. (2014) PUFA (çoklu doymamış yağ asidi) içeren besinlerin TC (total kolesterol), TG (tiroglobulin), LDL-C' yi (Düşük Yoğunluklu Lipoprotein) azalttığı bildirilmiştir. Perilla bitkisi ile TC ve TG konsantrasyonlarında düşük olsa da HDL-C' nin serum konsantrasyonunda önemli derecede artırmıştır. Perilla tedavisi HDL-C (Yüksek Yoğunluklu Lipoprotein Kolesterol) ve LDL-C' nin sentezini ve parçalanmasını etkilemesi, lipoproteinlerin yağ asidi bileşimini değiştirmesi, lipoprotein ve lipolitik enzimin etkileşimini güçlendirmesi, yağ asitlerinin ve TG' lerin sentezini inhibe etmesi ve sonuç olarak serumdaki TG ve TC içeriğini azaltması olabilir (Liu ve ark., 2011). Perilla bitkisinin piliçlerde T lenfosit hızı, serum lgG konsantrasyonu ve bağışıklık fonksiyonlarını önemli ölçüde iyileştirdiğini bildirmiştir. Ayrıca piliçlerin et kalitesini iyileştirdiği, yumurta üretim oranında ve yumurta yağ asidi içeriğini de olumlu yönde etkilediği de bildirilmiştir (Peng ve ark., 2018). Wang ve Sun (2018), Perilla' nın domuzlarda yem dönüşüm oranında ve canlı ağırlık kazanımında iyileşmeler gözlemlemiştir. Ayrıca domuzlarda etin kalitesini ve lezzetini iyileştirdiği ve besin parametreleri üzerinde de olumlu etkilere sahip olduğu vurgulanmıştır (Hui, 2017).

Perilla ile beslenen ördeklerde, lipid metabolizmasında yer alan karaciğer genlerinin mRNA konsantrasyonlarında, özellikle lipogenez düzenleyen genler SREBP-1, FAS, ME, ACC ve SCD' dde önemli azalmaklar gözlemlemişlerdir. Hayvanların rasyonlarına Perilla ilavesinin SREBP-1c' nin mRNA konsantrasyonlarını azalttığını ve bunun sonucunda karaciğerde daha az olgun SREBP-1c bulunmasına sebep olmuştur (Liu ve ark., 2011).

PPARα, streoid benzeri reseptör süper ailenini üyesidir. Serbest yağ asitlerinin PPAR için işlev görmektedir (Baillie ve ark., 1999; Ide ve ark., 2000). Yapılan bir çalışmada Perilla alımı, karaciğer yağ asidi katabolizması ile ilgili enzimlerin mRNA ifadesini, özellikle PPARα ve ACOX' u artırmıştır (Liu ve ark., 2011).
Perilla takviyesi, içinde bulunan fenolik bileşenler sayesinde serbest radikalleri ve endojen antioksidan enzimleri aktivitesini artırmakta ve böylece karaciğer fonksiyon bozukluklarını azaltarak yumurta sarısı öncüllerinin sentezlenmesini desteklemektedir (Jin ve ark., 2022; Zhou ve ark., 2025; Yuan ve ark., 2025). Ayrıca yumurtacı tavuklarda üreme performansını iyileştirerek, yumurta verimini de artırmıştır (Neijat ve ark., 2016; Huang ve ark., 2018).
Kuzular üzerinde yapılan bir çalışmada Perilla tohumunun büyüme performansında ve karkas kalitesinde önemli iyileşmelere sebep olduğunu (Deng ve ark., 2018), ayrıca kuzu etinde n-3 PUFA içeriği ve n-6/n-3, IA ve IT'de bir azalma gözlediğini, asetaldehit ve 1,2,4-trimetil-benzen dahil olmak üzere uçucu bileşik konsantrasyonlarında artış olduğunu ve bu da et için bir lezzet profili olduğunu bildirmişlerdir (Yu ve ark., 2024).

SONUÇ

Perilla frutescens, sürdürülebilir hayvancılıkta doğal bir alternatif olarak öne çıkan ve zengin biyoaktif içeriğiyle hayvan sağlığını bütüncül bir yaklaşımla destekleyen çok yönlü, fonksiyonel bir fitobiyotik kaynağıdır. Bitkinin tohumları, özellikle α-linolenik asit (omega-3), luteolin ve apigenin gibi flavonoidler ile fenolik bileşikler bakımından oldukça zengin olup, organizmada güçlü antioksidan, anti-enflamatuar ve antimikrobiyal etkiler sergilemektedir. Mikrobiyota-bağırsak-karaciğer-kas ekseni üzerinde düzenleyici rol oynayan Perilla, yararlı bakterilerin gelişimini ve bütirat üretimini teşvik ederek bağırsak bariyerini korumakta, serumdaki bağışıklık belirteçlerini ve enzim kapasitesini optimize etmektedir. Hayvan rasyonlarına dahil edilmesi; kuzu, domuz ve kanatlılarda büyüme performansını, karkas parametrelerini ve et kalitesini iyileştirirken, özellikle omega-3 yağ asitleri ve lezzet bileşenleri açısından zengin hayvansal ürün eldesini sağlamaktadır. Laktasyon ve yumurtlama dönemindeki hayvanlarda süt ve yumurta kalitesini artıran bu stratejik takviye, hücresel düzeyde lipid metabolizmasını düzenleyerek karaciğer fonksiyonlarını korumakta ve sistemik oksidatif stresi belirgin şekilde azaltmaktadır. Sonuç olarak Perilla, hem hayvan refahını yükselten hem de ekonomik verimlilikle gıda güvenliğini birleştiren sürdürülebilir hayvancılık için kritik bir çözüm ortağıdır.

KAYNAKLAR

Asif, M. (2011). Health effects of omega-3, 6, 9 fatty acids: Perilla frutescens is a good example of plant oils. Oriental Pharmacy & Experimental Medicine, 11(1), 51-59.
Asif, M. (2011). Health effects of omega-3, 6, 9 fatty acids: Perilla frutescens is a good example of plant oils. Oriental Pharmacy & Experimental Medicine, 11(1), 51-59.
Baillie, RA, Takada, R, Nakamura, M and Clarke, SD. 1999. Coordinate Induction of Peroxisomal Acyl-CoA Oxidase and UCP-3 by Dietary Fish Oil: A Mechanism for Decreased Body Fat Deposition. Prostaglandins, Leukotrienes and Essential Fatty Acids, 60: 351–356.
Chauhan, N. K., Singh, S., Haider, S. Z., Lohani, H., & Kushwaha, B. L. (2013). Compositional variability in volatiles from different plant organs of Perilla frutescens L. cultivated in Uttarakhand (India). Journal of Pharmacy Research, 6(3), 361-363.
Chung, K. H., Hwang, H. J., Shin, K. O., Jeon, W. M., & Choi, K. S. (2013). Effects of perilla oil on plasma concentrations of cardioprotective (n-3) fatty acids and lipid profiles in mice. Nutrition Research and Practice, 7(4), 256-261.
Ciftci, O. N., Przybylski, R., & Rudzińska, M. (2012). Lipid components of flax, perilla, and chia seeds. European Journal of Lipid Science and Technology, 114(7), 794-800.
Deng, K. P., Fan, Y. X., Ma, T. W., Wang, Z., TanTai, W. J., Nie, H. T., ... & Wang, F. (2018). Carcass traits, meat quality, antioxidant status and antioxidant gene expression in muscle and liver of Hu lambs fed perilla seed. Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition, 102(2), e828-e837.
Deng, Y. M., Xie, Q. M., Zhang, S. J., Yao, H. Y., & Zhang, H. (2007). Anti-asthmatic effects of Perilla seed oil in the guinea pig in vitro and in vivo. Planta medica, 73(01), 53-58.

Dhyani, A., Chopra, R., & Garg, M. (2019). A review on nutritional value, functional properties and pharmacological application of perilla (Perilla frutescens L.). Biomedical and Pharmacology Journal, 12(2), 649-660.

Ding, S., & Lund, P. K. (2011). Role of intestinal inflammation as an early event in obesity and insulin resistance. Current Opinion in Clinical Nutrition & Metabolic Care, 14(4), 328-333.

Ding, S., Chi, M. M., Scull, B. P., Rigby, R., Schwerbrock, N. M., Magness, S., ... & Lund, P. K. (2010). High-fat diet: bacteria interactions promote intestinal inflammation which precedes and correlates with obesity and insulin resistance in mouse. PloS one, 5(8), e12191.

Gans, M. D., & Gavrilova, T. (2020). Understanding the immunology of asthma: Pathophysiology, biomarkers, and treatments for asthma endotypes. Paediatric respiratory reviews, 36, 118-127.

Huang, L., Kim, M. Y., & Cho, J. Y. (2023). Immunopharmacological activities of luteolin in chronic diseases. International Journal of Molecular Sciences, 24(3), 2136.

Huang, S., Baurhoo, B., & Mustafa, A. (2018). Effects of extruded flaxseed on layer performance, nutrient retention and yolk fatty acid composition. British poultry science, 59(4), 463-469.

Huang, S., Nan, Y., Chen, G., Ning, N., Du, Y., Lu, D., ... & Yuan, L. (2023). The role and mechanism of Perilla frutescens in cancer treatment. Molecules, 28(15), 5883.

Hui, S. Z. (2017). Effects of alfalfa meal on growth performance, meat quality and cecal microbe in Song Liao Black Pig. Jilin Agriculture University.

Ide, T, Kobayashi, H, Ashakumary, L, Rouyer, IA, Takahashi, Y, Aoyama, T, Hashimoto, T and Mizugaki, M. 2000. Comparative Effects of Perilla and Fish Oils on the Activity and Gene Expression of Fatty Acid Oxidation Enzymes in Rat Liver. Molecular and Cell Biology of Lipids, 1485: 23–35.

Jing, B., Xiao, H., Yin, H., Wei, Y., Wu, H., Zhang, D., ... & Song, H. (2022). Feed supplemented with Aronia melanocarpa (AM) relieves the oxidative stress caused by ovulation in peak laying hens and increases the content of yolk precursors. Animals, 12(24), 3574.

Kangwan, N., Pintha, K., Khanaree, C., Kongkarnka, S., Chewonarin, T., & Suttajit, M. (2021). Anti-inflammatory effect of Perilla frutescens seed oil rich in omega-3 fatty acid on dextran sodium sulfate-induced colitis in mice. Research in Pharmaceutical Sciences, 16(5), 464-473.

Kim, S. H., Saba, E., Kim, B. K., Yang, W. K., Park, Y. C., Shin, H. J., ... & Rhee, M. H. (2018). Luteolin attenuates airway inflammation by inducing the transition of CD4+ CD25–to CD4+ CD25+ regulatory T cells. European Journal of Pharmacology, 820, 53-64.

Lambertz, C. (2017). Perilla mint (Perilla frutescens): An alternative animal feed to enhance omega-3 fatty acids in meat and eggs as functional food. Journal of Agricultural Research and Communications, 33(3), 463-473.

Lee, H. C., Yu, S. C., Lo, Y. C., Lin, I. H., Tung, T. H., & Huang, S. Y. (2019). A high linoleic acid diet exacerbates metabolic responses and gut microbiota dysbiosis in obese rats with diabetes mellitus. Food & function, 10(2), 786-798.

Li, X., Chen, F., Xiong, Y., Guo, L., Xu, J., Lin, Y., ... & Yang, F. (2022). Perilla frutescens as potential antimicrobial modifier to against forage oat silage spoilage. Frontiers in microbiology, 13, 1053933.

Lin, E. S., Li, C. C., & Chou, H. J. (2014). Evaluation of the antioxidant and antiradical activities of perilla seed, leaf and stalk extracts. J. Med. Plants Res, 8, 109-115.

Liu, H. Q., Qiu, Y., Mu, Y., Zhang, X. J., Liu, L., Hou, X. H., ... & Wang, F. (2013). A high ratio of dietary n-3/n-6 polyunsaturated fatty acids improves obesity-linked inflammation and insulin resistance through suppressing activation of TLR4 in SD rats. Nutrition research, 33(10), 849-858.

Liu, W. M., Zhang, J., Lu, L. Z., Shi, F. X., Niu, D., Wang, D. L., ... & Tian, Y. (2011). Effects of perilla extract on productive performance, serum values and hepatic expression of lipid-related genes in Shaoxing ducks. British poultry science, 52(3), 381-387.

Longvah, T., & Deosthale, Y. G. (1998). Effect of dehulling, cooking and roasting on the protein quality of Perilla frutescens seed. Food chemistry, 63(4), 519-523.

Meng, L., Lozano, Y., Bombarda, I., Gaydou, E. M., & Li, B. (2009). Polyphenol extraction from eight Perilla frutescens cultivars. Comptes Rendus. Chimie, 12(5), 602-611.

Neijat, M., Suh, M., Neufeld, J., & House, J. D. (2016). Increasing levels of dietary hempseed products leads to differential responses in the fatty acid profiles of egg yolk, liver and plasma of laying hens. Lipids, 51(5), 615-633.

Nitta, M., Lee, J. K., & Ohnishi, O. (2003). Asianperilla crops and their weedy forms: Their cultivation, utilization and genetic relationships. Economic botany, 57(2), 245-253.

Okamoto, M., Mitsunobu, F., Ashida, K., Mifune, T., Hosaki, Y., Tsugeno, H., ... & Tanizaki, Y. (2000). Effects of dietary supplementation with n-3 fatty acids compared with n-6 fatty acids on bronchial asthma. Internal medicine, 39(2), 107-111.

Pandey, A., & Bhatt, K. C. (2008). Diversity distribution and collection of genetic resources of cultivated and weedy type in Perilla frutescens (L.) Britton var. frutescens and their uses in Indian Himalaya. Genetic Resources and Crop Evolution, 55(6), 883-892.

Peng, Y. X., Jiang, Q. M., Cai, J. P., Zhang, Y., & Zhang, B. (2018). Biological characteristics of perilla seeds and its application in poultry production. Feed Review, 2, 16-19.

Peng, Y., Ye, J., & Kong, J. (2005). Determination of phenolic compounds in Perilla frutescens L. by capillary electrophoresis with electrochemical detection. Journal of agricultural and food chemistry, 53(21), 8141-8147.

Perry, B.D, Robinson, T.P, & Grace, D.C. (2018). Animal health and sustainable global livestock systems. *Animal*, 12(8):1699-708.

Sargi, S. C., Silva, B. C., Santos, H. M. C., Montanher, P. F., Boeing, J. S., Santos Júnior, O. O., ... & Visentainer, J. V. (2013). Antioxidant capacity and chemical composition in seeds rich in omega-3: chia, flax, and perilla. Food Science and Technology, 33(3), 541-548.

Schirrmacher, G., Skurk, T., Hauner, H., & Graßmann, J. (2010). Effect of Spinacia oleraceae L. and Perilla frutescens L. on antioxidants and lipid peroxidation in an intervention study in healthy individuals. Plant foods for human nutrition, 65(1), 71-76.

Shannon, M. (2016). Which fat source should I feed my pigs? (Online). Available: http://swine. missouri.edu/nutrition/pigfatsource.htm (December 16, 2016).

Sockrider, M., & Fussner, L. (2020). What is asthma?. American journal of respiratory and critical care medicine, 202(9), P25-P26.

Song DaiJun, S. D., Xie Jun, X. J., Yang You, Y. Y., & Zhang JiaHua, Z. J. (2014). Effect of perilla frutescens extract on immunity function of broilers. Chinese Journal of Veterinary Science, 34:793-797.

Takeda, H., Tsuji, M., Inazu, M., Egashira, T., & Matsumiya, T. (2002). Rosmarinic acid and caffeic acid produce antidepressive-like effect in the forced swimming test in mice. European journal of pharmacology, 449(3), 261-267.

Tancharoenrat, P. 2014. Factors considered in using fat in broilers feed formulation. Thai Journal of Animal Science 1(3): 7-16.

Wang, Z. S., & Sun, P. (2018). Effects of compound perilla plant extracts on growth performance and dcarcass quality of fattening pigs. China Feed, 23, 55–58.

Xia, J. Q., He, X., Wang, L., Wang, L., Zhang, D. J., Wang, J. F., & Liu, D. (2022). Evaluation of dietary Perilla frutescens seed on performance and carcass quality in finishing castrated male Songliao black pigs. Veterinary Medicine and Science, 8(2), 598-606.

Yu, Y., Zhang, B., Jiang, X., Cui, Y., Luo, H., Stergiadis, S., & Wang, B. (2024). Exploring the metabolomic landscape: Perilla frutescens as a promising enhancer of production, flavor, and nutrition in Tan lamb meat. Meat Science, 209, 109419.

Yuan, Q., Wang, X., Xiao, Y., Yang, Z., Cai, X., Gao, W., ... & Zhang, C. (2025). Attenuating effect of a polyphenol ellagic acid on ovarian aging by inhibiting the ferroptosis pathway in low-yield laying chickens. Antioxidants, 14(5), 614.

Zhou, L., Lv, L., Zhao, P., Zhang, J., Liu, Y., Zhao, W., ... & Du, S. (2025). Theaflavin reduces oxidative stress and apoptosis in oxidized protein-induced granulosa cells and improves production performance in laying hens. Animals, 15(6), 845.

CANLI VEYA ISI İLE İNAKTİVE EDİLMİŞ LACTOBACİLLUS REUTERİ (*L. REUTERİ*) UYGULAMASININ KADMİYUMA (CD) MARUZ KALAN SIÇANLARDA BAZI HEMATOLOJİK VE BİYOKİMYASAL PARAMETRELER ÜZERİNDEKİ ETKİLERİ

THE EFFECTS OF ALIVE OR HEAT-KILLED LACTOBACILLUS REUTERI (L. REUTERİ) ADMINISTRATION ON SOME HEMATOLOGICAL AND BIOCHEMICAL PARAMETERS IN RATS EXPOSED TO CADMIUM (CD)

Assoc. Prof. İhsan KISADERE
Balikesir University, Veterinary Faculty, Physiology Department, Balikesir, Turkey,
ORCİD: ID/0000-0003-0732-0464

Asst. Prof. Hasan SUSAR
Balikesir University, Veterinary Faculty, Pharmacology and Toxicology Department, Balikesir, Turkey,
ORCİD: ID/0000-0002-7121-1468

Asst. Prof. Tevhide Elif GÜNER
Balikesir University, Veterinary Faculty, Food Hygiene and Technology, Balikesir, Turkey,
ORCİD: ID/0000-0002-8706-1417

Abstract
The aim of the study was to evaluate the effects of alive or heat-killed Lactobacillus reuteri (L. reuteri) administration on some hematological and biochemical parameters in rats exposed to chronic cadmium (Cd) toxicity. For this purpose, male albino Wistar rats (n = 48) were randomly divided into six equal groups as Cd, alive L. reuteri (ALR), Cd + ALR, dead L. reuteri (DLR), Cd + DLR, and control (C). After, Cd ($CdCl_2$, 2 mg/mL) was orally administered to Cd, Cd + ALR, and Cd + DLR groups 3 times a week for 4 weeks. Besides, alive or heat-killed L. reuteri (10^9–10^{10} cfu / mL) were orally administered to ALR, DLR, Cd + ALR, and Cd+DLR groups at the same study periods. Additionally, group C received only physiological saline solution. At the end of the administration period, obtained serum and plasma samples of the rats were analyzed for some hematological (WBC and its sub-types, RBC, HCT, MCV, MCH, MCHC, and PLT) and biochemical parameters (ALT, AST, and GGT). In the study, WBC levels were found the highest in Cd group compared to other experimental groups ($p < 0.05$). On the contrary, the lowest RBC, HCT, HGB, and PLT levels were determined in Cd group when compared to other groups ($p < 0.05$). Alive or heat-killed L. reuteri administrations ameliorated the RBC, HTC, and HGB levels in rats ($p < 0.05$). Also, heat-killed L. reuteri administration led to decrease of ALT levels in rats exposed to Cd ($p < 0.05$). Both treatment approaches have been found benefical for Cd intoxication in rats.
Keywords: Rat, cadmium, L.reuteri, hematology, biochemistry

Özet
Bu çalışmanın amacını, kronik kadmiyum (Cd) toksisitesine maruz kalan sıçanlarda canlı veya ısı ile inaktive edilmiş Lactobacillus reuteri (*L. reuteri*) uygulamasının bazı hematolojik ve biyokimyasal parametreler üzerindeki etkilerini değerlendirmek oluşturmuştur. Bu amaçla, erkek albino Wistar sıçanları (n = 48) rastgele altı eşit gruba ayrıldı: Cd, canlı L. reuteri (ALR), Cd + ALR, ölü L. reuteri (DLR), Cd + DLR ve kontrol (C). Daha sonra, Cd ($CdCl_2$, 2 mg/mL) Cd, Cd + ALR ve Cd + DLR gruplarına 4 hafta boyunca haftada 3 kez oral yolla uygulandı. Ayrıca, aynı çalışma dönemlerinde ALR, DLR, Cd + ALR ve Cd + DLR gruplarına canlı veya ısı ile inaktive edilmiş *L. reuteri* (10^9–10^{10} cfu/mL) oral yolla uygulandı. Ek olarak, C grubuna sadece fizyolojik tuz çözeltisi uygulandı. Uygulama süresinin sonunda, sıçanlardan elde edilen serum ve plazma örneklerinden bazı hematolojik (WBC ve alt tipleri, RBC, HCT, MCV, MCH, MCHC ve PLT) ve biyokimyasal parametreler (ALT, AST ve GGT) analiz edildi. Çalışmada, WBC seviyelerinin diğer deney gruplarına kıyasla Cd grubunda en yüksek olduğu bulundu ($p < 0,05$). Aksine, diğer gruplara kıyasla en düşük RBC, HCT, HGB ve PLT seviyeleri Cd grubunda belirlendi ($p < 0,05$). Canlı veya ısı ile inaktive edilmiş *L. reuteri* uygulamaları, sıçanlarda RBC, HTC ve HGB seviyelerini iyileştirdi ($p < 0,05$).

Ayrıca, ısı ile inaktive edilmiş *L. reuteri* uygulaması, Cd'ye maruz kalan sıçanlarda ALT seviyelerinde azalmaya yol açtı ($p < 0,05$). Her iki tedavi yaklaşımının da sıçanlarda Cd toksikasyonu için faydalı olduğu bulundu.

Anahtar kelimeler: Rat, kadmiyum, L. reuteri, hematoloji, biyokimya

KÖPEKLERDE KRONİK BÖBREK HASTALIĞINDA ANOREKSİ YÖNETİMİ: GHRELİN RESEPTÖR AGONİSTLERİNİN TERAPÖTİK POTANSİYELİ

MANAGEMENT OF ANOREXIA IN CHRONIC KIDNEY DISEASE IN DOGS: THE THERAPEUTIC POTENTIAL OF GHRELIN RECEPTOR AGONISTS

Deniz ÖZDEMİR
Ankara Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Veterinerlik İç Hastalıkları Anabilim Dalı, Ankara, Türkiye,
ORCID: 0009-0009-3941-8707

Özet
Kronik böbrek hastalığı (KBH), köpeklerde progresif nefron kaybı, glomerüler filtrasyon hızında azalma ve geri dönüşümsüz renal fonksiyon bozukluğu ile karakterize yaygın bir hastalıktır. Hastalık sürecinde gelişen üremi, metabolik asidoz, kronik inflamasyon ve gastrointestinal disfonksiyon; anoreksi, kilo kaybı, kas kütlesinde azalma (kaşeksi) ve genel kondisyon bozukluğu gibi klinik bulgulara yol açmaktadır. Bununla birlikte KBH, multisistemik etkilerle seyreden kompleks bir sendrom olup kardiyovasküler sistemde sistemik hipertansiyon, endotelyal disfonksiyon ve proteinüri ile ilişkili glomerüler hasar; hematolojik düzeyde azalmış eritropoietin sentezine bağlı non-regeneratif anemi; mineral ve elektrolit dengesizliklerine bağlı renal sekonder hiperparatiroidizm ve renal osteodistrofi ile karakterizedir. Nörolojik bulgular, gastrointestinal lezyonlar ve sıvı-elektrolit dengesizlikleri de hastalığın klinik seyrini ağırlaştırmakta ve hastalığın progresyonuna katkıda bulunmaktadır. İleri evrelerde belirginleşen iştahsızlık, enerji ve protein alımını kısıtlayarak malnütrisyon gelişimine katkıda bulunmakta, kas katabolizmasını artırmakta ve prognozu olumsuz etkilemektedir. Bu nedenle KBH'li köpeklerde iştahın korunması ve beslenme yönetiminin optimize edilmesi tedavinin temel bileşenlerinden biri olarak kabul edilmektedir. Geleneksel iştah stimülasyon yöntemleri arasında diyet modifikasyonları, antiemetik tedavi, gastrointestinal destek yaklaşımları ve çeşitli farmakolojik ajanlar yer almakla birlikte, bu yaklaşımlar her zaman yeterli ve sürdürülebilir klinik yanıt sağlamamaktadır. Son yıllarda ghrelin reseptör agonistleri, özellikle capromorelin, veteriner hekimlikte iştah stimülasyonu amacıyla dikkat çeken ve klinik kullanım potansiyeli artan ajanlar arasında yer almaktadır. Capromorelin, büyüme hormonu sekretagog reseptörünü aktive ederek iştah artışı, enerji alımının desteklenmesi ve vücut ağırlığının korunmasına katkı sağlamaktadır. Bu derlemede, köpeklerde KBH'ye bağlı anoreksinin patofizyolojisi, mevcut tedavi yaklaşımları ve capromorelin'in terapötik potansiyeli güncel literatür verileri doğrultusunda değerlendirilmiştir.
Anahtar kelimeler: kronik böbrek hastalığı, köpek, anoreksi, capromorelin, ghrelin reseptör agonistleri, iştah stimülasyonu

Abstract
Chronic kidney disease (CKD) is a common disorder in dogs characterized by progressive nephron loss, decreased glomerular filtration rate, and irreversible impairment of renal function. The development of uremia, metabolic acidosis, chronic inflammation, and gastrointestinal dysfunction during the course of the disease leads to clinical manifestations such as anorexia, weight loss, decreased muscle mass (cachexia), and poor body condition. In addition, CKD is a complex multisystemic syndrome, characterized by systemic hypertension, endothelial dysfunction, and proteinuria-associated glomerular damage in the cardiovascular system; non-regenerative anemia due to decreased erythropoietin production at the hematological level; and renal secondary hyperparathyroidism and renal osteodystrophy resulting from mineral and electrolyte imbalances. Neurological signs, gastrointestinal lesions, and fluid-electrolyte imbalances further exacerbate the clinical course and contribute to disease progression. In advanced stages, anorexia becomes more pronounced, limiting adequate energy and protein intake, contributing to malnutrition, increasing muscle catabolism, and negatively affecting prognosis. Therefore, maintaining appetite and optimizing nutritional management are considered essential components of therapy in dogs with CKD. Conventional appetite stimulation strategies include dietary modifications, antiemetic therapy, gastrointestinal supportive approaches, and various pharmacological agents; however, these approaches do not always provide sufficient and sustainable clinical responses.

In recent years, ghrelin receptor agonists, particularly capromorelin, have emerged as promising agents for appetite stimulation in veterinary medicine. Capromorelin enhances appetite and supports energy intake and body weight maintenance by activating the growth hormone secretagogue receptor. This review evaluates the pathophysiology of CKD-associated anorexia in dogs, current treatment approaches, and the therapeutic potential of capromorelin based on recent literature.
Keywords: chronic kidney disease, dog, anorexia, capromorelin, ghrelin receptor agonists, appetite stimulation

GİRİŞ

Kronik böbrek hastalığı (KBH), böbrek fonksiyonlarında geri dönüşümsüz ve progresif kayıp ile karakterize, küçük hayvan pratiğinde en sık karşılaşılan kronik hastalıklardan biridir (Ettinger et al., 2017; Nelson & Couto, 2020; Polzin, 2011). Hastalık, üç aydan daha uzun süre devam eden yapısal veya fonksiyonel renal bozuklukların varlığı ile tanımlanmakta olup ilerleyici nefron kaybı sonucunda glomerüler filtrasyon hızında azalma ve çok sayıda metabolik bozukluğun gelişimiyle sonuçlanmaktadır (Polzin, 2011). Uluslararası Renal İlgi Derneği (IRIS) tarafından geliştirilen evreleme sistemi, serum kreatinin ve simetrik dimetilarjinin (SDMA) konsantrasyonları, proteinüri durumu ve sistemik kan basıncı değerleri temel alınarak hastalığın sınıflandırılmasına olanak sağlamaktadır (IRIS, 2023). Günümüzde bu sistem, kronik böbrek hastalığının tanı, prognoz ve tedavi planlamasında uluslararası düzeyde kabul görmüş standart yaklaşım olarak kullanılmaktadır.

Kronik böbrek hastalığı yalnızca renal fonksiyonların bozulmasıyla sınırlı olmayan multisistemik bir sendrom olarak değerlendirilmektedir (Ettinger et al., 2017; Nelson & Couto, 2020). Hastalığın ilerleyen dönemlerinde üremik toksinlerin dolaşımda birikmesi, sıvı-elektrolit ve asit-baz dengesizlikleri, endokrin fonksiyon kayıpları, sistemik hipertansiyon, proteinüri, non-regeneratif anemi, mineral metabolizması bozuklukları ve gastrointestinal komplikasyonlar ortaya çıkmaktadır (Polzin, 2011). Özellikle ileri evre hastalarda yaşam kalitesini belirleyen en önemli klinik sorunlardan biri anoreksi ve buna bağlı gelişen malnütrisyondur. IRIS tedavi önerilerinde de erken evrelerde hastalık progresyonunun yavaşlatılması ön plandayken, ileri evrelerde yaşam kalitesini artıran semptomatik tedavilerin önem kazandığı vurgulanmaktadır (IRIS, 2023).

Kronik böbrek hastalarında anoreksinin gelişimi multifaktöriyel bir mekanizmaya dayanmaktadır (Quimby, 2017; Polzin, 2011). Üremik toksinlerin merkezi sinir sistemi üzerindeki etkileri, bulantı ve kusma, gastrointestinal motilite bozuklukları, metabolik asidoz, kronik inflamasyon ve hormonal değişiklikler iştahın baskılanmasına katkıda bulunmaktadır (Quimby, 2017). Kronik böbrek hastalığı bulunan hayvanlarda yetersiz enerji alımı ve artmış metabolik gereksinimler zamanla protein-enerji kaybı, sarkopeni ve kaşeksi gelişimine neden olabilmektedir (Freeman, 2012; Quimby, 2017). Bu durum vücut ağırlığında azalma, tedaviye yanıtta zayıflama ve sağkalım süresinde kısalma ile ilişkilidir.

Kaşeksi ve sarkopeni son yıllarda veteriner iç hastalıklarında giderek daha fazla önem kazanan kavramlardır. Bu sendromlar, kronik böbrek hastalığı da dahil olmak üzere birçok kronik hastalıkta mortalite ve morbidite ile ilişkilendirilmektedir (Freeman, 2012). Normal açlık durumunda organizma enerji gereksinimlerini öncelikle yağ depolarından karşılayabilmekteyken, kronik inflamasyon varlığında metabolik yanıt değişmekte, protein katabolizması artmakta ve kas proteinlerinin yıkımı hızlanmaktadır. Sonuç olarak kas kondisyonunda azalma, fiziksel performans kaybı ve yaşam kalitesinde bozulma meydana gelmektedir. Bu nedenle modern kronik böbrek hastalığı yönetiminde yalnızca böbrek fonksiyonlarının korunması değil, aynı zamanda vücut kondisyonunun ve kas kütlesinin sürdürülmesi de temel hedeflerden biri olarak kabul edilmektedir (Freeman, 2012; Hall et al., 2016).

Kronik böbrek hastalığında anoreksi yönetimi için renal diyet uygulamaları, antiemetik tedaviler, gastrointestinal destekleyici yaklaşımlar ve çeşitli farmakolojik iştah stimülanları kullanılmaktadır (IRIS, 2023; Quimby, 2017). Bununla birlikte mevcut tedavi seçeneklerinin bazı hastalarda yetersiz kalması, yeni terapötik yaklaşımlara olan ilgiyi artırmıştır. Son yıllarda iştah regülasyonunda merkezi rol oynayan ghrelin sistemi üzerine yapılan çalışmalar, anoreksi ve kaşeksi tedavisinde yeni fırsatlar ortaya koymuştur.

Ghrelin, mide fundusundaki endokrin hücrelerden salgılanan ve enerji homeostazisinin düzenlenmesinde rol oynayan güçlü bir oreksijenik hormondur. Açlık dönemlerinde plazma konsantrasyonu artmakta, beslenme sonrasında ise azalmaktadır (Kojima et al., 1999; Cummings, 2006; Rhodes et al., 2018).

Etkisini büyüme hormonu sekretagog reseptörü 1a (GHS-R1a) üzerinden göstermekte, hipotalamik nöropeptid Y ve agouti-related peptide nöronlarını aktive ederek gıda tüketimini artırmaktadır (Rhodes et al., 2018).

Capromorelin, veteriner hekimlikte kullanım onayı alan ilk ghrelin reseptör agonisti olup iştah stimülasyonu amacıyla geliştirilmiştir (Rhodes et al., 2018). Yapılan deneysel ve klinik çalışmalar, capromorelinin gıda tüketimini artırdığını, vücut ağırlığı kazanımını desteklediğini ve büyüme hormonu–IGF-1 eksenini aktive ettiğini göstermektedir (Zollers et al., 2016; Zollers et al., 2017). Özellikle kronik hastalıklara bağlı anoreksi ve kilo kaybı bulunan olgularda elde edilen bulgular, capromorelinin kronik böbrek hastalığına eşlik eden iştahsızlığın yönetiminde yararlı bir tedavi seçeneği olabileceğini düşündürmektedir.

Bu derlemenin amacı, köpeklerde kronik böbrek hastalığına bağlı anoreksinin patofizyolojisini değerlendirmek, kaşeksi ve sarkopeni ile ilişkisini ortaya koymak, mevcut tedavi yaklaşımlarını gözden geçirmek ve capromorelinin terapötik potansiyelini güncel literatür ışığında tartışmaktır.

ARAŞTIRMA VE BULGULAR

Kronik Böbrek Hastalığında Anoreksinin Patofizyolojisi

Kronik böbrek hastalığında anoreksi, tek bir mekanizmaya bağlı olarak gelişmeyen, çok sayıda nörohormonal, metabolik ve inflamatuvar yolun etkileşimi sonucunda ortaya çıkan kompleks bir klinik tablodur (Quimby, 2017; Polzin, 2011). Hastalığın erken dönemlerinde iştah azalması hafif düzeyde olabilmekle birlikte, böbrek fonksiyonlarının ilerleyici kaybıyla birlikte anoreksi daha belirgin hale gelmekte ve yaşam kalitesini önemli ölçüde etkilemektedir (Quimby, 2017). Klinik gözlemler, ileri evre kronik böbrek hastalığı bulunan köpeklerde iştahsızlığın en sık karşılaşılan ve prognozu doğrudan etkileyen semptomlardan biri olduğunu göstermektedir.

Anoreksinin gelişiminde rol oynayan temel faktörlerden biri üremik toksinlerin birikimidir (Polzin, 2011; Nelson & Couto, 2020). Azalan glomerüler filtrasyon hızı sonucunda normal koşullarda böbrekler tarafından uzaklaştırılan çok sayıda metabolik ürün dolaşımda birikmektedir. Bu toksinlerin merkezi sinir sistemindeki kemoreseptör tetik bölgesini (chemoreceptor trigger zone; CTZ) ve kusma merkezini uyardığı bilinmektedir. Üremik toksinlerin area postrema üzerindeki etkileri sonucunda bulantı ve kusma gelişmekte, buna bağlı olarak gıda tüketimi azalmaktadır. Sonuç olarak kronik böbrek hastalığı bulunan hayvanlarda iştahsızlık ortaya çıkmakta ve zamanla malnütrisyon gelişebilmektedir (Quimby, 2017).

Gastrointestinal sistem değişiklikleri de anoreksi gelişiminde önemli rol oynamaktadır (Quimby, 2017). Kronik böbrek hastalarında mide boşalma süresinde uzama, gastrik motilite bozuklukları, gastrik mukozada inflamasyon ve gastrointestinal rahatsızlık hissi gelişebilmektedir. Ayrıca böbrek fonksiyonlarındaki azalmaya bağlı olarak gastrin eliminasyonu bozulmakta ve dolaşımdaki gastrin konsantrasyonları yükselebilmektedir (Polzin, 2011). Her ne kadar hipergastrinemi ile klinik bulgular arasındaki ilişki tam olarak açıklanamamış olsa da, gastrointestinal rahatsızlık hissinin iştah kaybına katkıda bulunduğu düşünülmektedir. Üremik gastrit, mide bulantısı ve kusma gibi bulguların eşlik ettiği hastalarda iştahsızlık daha belirgin seyretmektedir (Quimby, 2017).

Kronik inflamasyon da anoreksinin önemli bileşenlerinden biridir. Kronik böbrek hastalığında inflamatuvar sitokinlerin dolaşımdaki düzeylerinde artış meydana gelmektedir. Özellikle tümör nekroz faktörü-alfa (TNF-α), interlökin-1β (IL-1β) ve interlökin-6 (IL-6) gibi proinflamatuvar mediyatörler hipotalamik iştah merkezlerini etkileyerek gıda alımını azaltmaktadır. Bu sitokinler aynı zamanda kas proteinlerinin yıkımını hızlandırmakta ve kaşeksi gelişimine katkıda bulunmaktadır. Kronik inflamasyonun devam etmesi yalnızca iştahsızlığı değil, aynı zamanda hastalığa bağlı metabolik bozuklukları da derinleştirmektedir (Freeman, 2012; Quimby, 2017).

Metabolik asidoz da kronik böbrek hastalığında iştahsızlık ve kas kaybını artıran önemli faktörlerden biridir (Polzin, 2011). Böbreklerin hidrojen iyonlarını yeterince uzaklaştıramaması sonucunda gelişen metabolik asidoz, protein katabolizmasını artırmakta ve aminoasitlerin enerji üretimi amacıyla kullanılmasına neden olmaktadır. Sonuç olarak kas kitlesi azalmakta, enerji dengesi bozulmakta ve negatif nitrojen dengesi gelişmektedir. Bu süreç ilerledikçe iştahsızlık ve kilo kaybı birbirini besleyen bir döngü oluşturmaktadır.

Kronik böbrek hastalığında anoreksi gelişimi yalnızca enerji alımındaki azalma ile açıklanamamaktadır. Üremik toksinler, inflamasyon, hormonal düzensizlikler, gastrointestinal sistem bozuklukları ve metabolik değişikliklerin birlikte etkisiyle ortaya çıkan bu kompleks süreç, hastalığın prognozunu olumsuz yönde etkilemektedir (Quimby, 2017; Freeman, 2012). Bu nedenle anoreksinin erken tanınması ve etkin yönetimi KBH tedavisinin temel bileşenlerinden biridir.

Kaşeksi ve Sarkopeni

Kaşeksi ve sarkopeni, kronik böbrek hastalığının en önemli sistemik komplikasyonları arasında yer almaktadır (Freeman, 2012). Her iki sendrom da yağsız vücut kitlesinde azalma ile karakterize olmakla birlikte patofizyolojik açıdan farklılık göstermektedir. Sarkopeni yaşlanma ile ilişkili progresif kas kaybını ifade ederken, kaşeksi kronik hastalıklara bağlı olarak gelişen, inflamasyonun eşlik ettiği ve metabolik değişikliklerle karakterize kompleks bir sendrom olarak tanımlanmaktadır (Freeman, 2012). Kronik böbrek hastalığı bulunan geriatrik köpeklerde bu iki durum sıklıkla birlikte görülmekte ve hastalığın klinik seyrini önemli ölçüde etkilemektedir.

Normal açlık durumunda organizma enerji gereksinimlerini karşılamak amacıyla öncelikle yağ depolarını kullanmaktadır. Ancak kronik hastalık varlığında inflamatuvar sitokinlerin artışı, hormonal düzensizlikler ve metabolik değişiklikler nedeniyle bu adaptif mekanizma bozulmaktadır (Freeman, 2012). Sonuç olarak kas proteinleri temel enerji kaynaklarından biri haline gelmekte ve yağsız vücut kitlesinde belirgin azalma meydana gelmektedir. Kaşeksi gelişen hastalarda kilo kaybı yalnızca yağ dokusundaki azalmayı değil, aynı zamanda kas kitlesindeki ciddi kayıpları da yansıtmaktadır. Bu nedenle yalnızca vücut ağırlığının değerlendirilmesi hastanın beslenme durumunun belirlenmesi açısından yeterli olmamaktadır.

Kronik böbrek hastalığında kaşeksi gelişimine katkıda bulunan başlıca mekanizmalar arasında anoreksi, kronik inflamasyon, metabolik asidoz, artmış protein katabolizması ve hormonal değişiklikler yer almaktadır (Freeman, 2012; Polzin, 2011). Özellikle TNF-α, IL-1β ve IL-6 gibi proinflamatuvar sitokinlerin artışı kas protein sentezini azaltırken protein yıkımını artırmaktadır. Bunun sonucunda kas kütlesinde progresif azalma meydana gelmekte ve fiziksel performans olumsuz etkilenmektedir. Kas kaybı ilerledikçe hastaların egzersiz toleransı azalmakta, günlük aktiviteleri kısıtlanmakta ve yaşam kaliteleri belirgin şekilde düşmektedir.

Veteriner hekimlikte son yıllarda kas kondisyon skorunun (Muscle Condition Score; MCS) değerlendirilmesi giderek daha fazla önem kazanmıştır (Hall et al., 2016). Vücut kondisyon skoru normal olan bazı hastalarda bile belirgin kas kaybı bulunabilmektedir. Bu nedenle yalnızca vücut ağırlığının veya vücut kondisyon skorunun değerlendirilmesi yeterli görülmemektedir. Özellikle temporal kaslar, skapular bölge, lomber kaslar ve pelvis çevresindeki kas kitlelerinin düzenli olarak değerlendirilmesi önerilmektedir.

Hall ve arkadaşları (2016), yağsız vücut kitlesi ile renal biyobelirteçler arasındaki ilişkiyi değerlendirdikleri çalışmalarında kas kitlesindeki değişimlerin klinik değerlendirme açısından önemli bilgiler sağlayabileceğini bildirmişlerdir. Yağsız vücut kitlesindeki azalma serum kreatinin konsantrasyonlarını da etkileyebildiğinden, ileri derecede kas kaybı bulunan hastalarda böbrek fonksiyonlarının değerlendirilmesinde yalnızca kreatinin düzeylerine güvenilmemesi gerektiği vurgulanmıştır (Hall et al., 2016). Bu durum son yıllarda SDMA'nın önem kazanmasının nedenlerinden biri olarak kabul edilmektedir.

Çeşitli çalışmalarda kronik böbrek hastalığı bulunan köpek ve kedilerde düşük vücut kondisyon skorunun ve yağsız vücut kitlesindeki kaybın daha kısa sağkalım süreleri ile ilişkili olduğu bildirilmiştir (Freeman, 2012; Hall et al., 2016). Bu nedenle kronik böbrek hastalığında yalnızca renal biyobelirteçlerin değil, beslenme durumunun ve kas kitlesinin de düzenli olarak değerlendirilmesi önerilmektedir.

Kaşeksi ve sarkopeninin önlenmesi veya ilerlemesinin yavaşlatılması için erken dönemde yeterli enerji ve protein alımının sağlanması, renal diyet uygulamaları, inflamasyonun kontrol altına alınması ve anoreksinin etkin şekilde yönetilmesi büyük önem taşımaktadır (Freeman, 2012; Quimby, 2017). Bu noktada iştahı artırıcı tedaviler yalnızca gıda tüketiminin artırılması açısından değil, aynı zamanda yağsız vücut kitlesinin korunmasına katkıda bulunmaları nedeniyle de klinik önem taşımaktadır.

Özellikle ghrelin reseptör agonistlerinin büyüme hormonu ve IGF-1 ekseni üzerindeki etkileri göz önüne alındığında, kronik böbrek hastalığına bağlı kaşeksi ve sarkopeni yönetiminde gelecekte daha önemli bir rol üstlenebilecekleri düşünülmektedir (Rhodes et al., 2018; Zollers et al., 2017).

Beslenme ve Destekleyici Tedavi Yaklaşımları

Beslenme yönetimi, kronik böbrek hastalığının tedavisinde yaşam süresini ve yaşam kalitesini iyileştirdiği kanıtlanmış temel yaklaşımlardan biridir (IRIS, 2023; Polzin, 2013). Günümüzde kronik böbrek hastalığının yönetiminde yalnızca böbrek fonksiyonlarının korunması değil, aynı zamanda yeterli enerji ve besin maddesi alımının sürdürülmesi de temel hedeflerden biri olarak kabul edilmektedir. Özellikle anoreksi, kilo kaybı ve kas kitlesinde azalma görülen hastalarda uygun beslenme desteğinin sağlanması prognoz açısından kritik öneme sahiptir.

Renal diyetlerin kullanılması; fosfor yükünün azaltılması, uygun protein kalitesinin sağlanması, omega-3 yağ asitleri ile desteklenmesi ve metabolik komplikasyonların azaltılması açısından önemli faydalar sağlamaktadır (Polzin, 2013; Nelson & Couto, 2020). Yapılan çalışmalar, renal diyetlerle beslenen kronik böbrek hastalarında üremik krizlerin daha geç ortaya çıktığını ve sağkalım sürelerinin uzayabildiğini göstermektedir. Bu nedenle renal diyetler günümüzde kronik böbrek hastalığının medikal yönetiminin temel bileşenlerinden biri olarak kabul edilmektedir (IRIS, 2023).

Kronik böbrek hastalığında fosfor kontrolü tedavinin en önemli hedeflerinden biridir. Azalan glomerüler filtrasyon hızına bağlı olarak fosfor retansiyonu gelişmekte ve bu durum renal sekonder hiperparatiroidizm, renal fibrozis ve hastalığın ilerlemesine katkıda bulunmaktadır (Polzin, 2013). Bu nedenle uygun fosfor kısıtlaması ve gerektiğinde fosfor bağlayıcıların kullanılması önerilmektedir (IRIS, 2023).

Protein kısıtlaması uzun yıllardır kronik böbrek hastalığında tartışılan konulardan biri olmuştur. Güncel yaklaşım, protein miktarından çok protein kalitesinin optimize edilmesine odaklanmaktadır. Yüksek biyolojik değere sahip protein kaynaklarının kullanılması sayesinde azotlu atık oluşumu azaltılırken yeterli aminoasit alımının sürdürülmesi hedeflenmektedir (Nelson & Couto, 2020; Polzin, 2013). Özellikle anorektik hastalarda aşırı protein kısıtlamasından kaçınılmalı ve yeterli enerji alımının sürdürülmesi ön planda tutulmalıdır.

Kronik böbrek hastalığı bulunan hastalarda proteinüri de prognozu etkileyen önemli faktörlerden biridir. Jacob ve arkadaşları (2005), başlangıç proteinüri düzeylerinin kronik böbrek hastalığı bulunan köpeklerde morbidite ve mortalite ile ilişkili olduğunu bildirmiştir. Proteinüri yalnızca böbrek hasarının göstergesi değil, aynı zamanda hastalığın ilerlemesine katkıda bulunan bir faktör olarak kabul edilmektedir. Bu nedenle proteinüri düzeylerinin düzenli olarak değerlendirilmesi ve gerekli durumlarda antiproteinürik tedavilerin uygulanması önerilmektedir (Jacob et al., 2005).

Omega-3 yağ asitlerinin de kronik böbrek hastalığında yararlı etkiler gösterebileceği bildirilmektedir. Özellikle eikosapentaenoik asit (EPA) ve dokosahekzaenoik asit (DHA) içeren takviyelerin glomerüler hipertansiyonun azaltılması, inflamasyonun baskılanması ve böbrek fonksiyonlarının korunmasına katkı sağlayabileceği düşünülmektedir (Nelson & Couto, 2020; Ettinger et al., 2017).

Kronik böbrek hastalığında sistemik hipertansiyonun kontrolü de prognoz açısından büyük önem taşımaktadır. Persistan hipertansiyon glomerüler hasarın ilerlemesine katkıda bulunmakta, proteinüriyi artırmakta ve böbrek fonksiyon kaybını hızlandırabilmektedir. Bu nedenle kan basıncının düzenli olarak değerlendirilmesi ve uygun antihipertansif tedavinin uygulanması önerilmektedir (Brown et al., 2007). Günümüzde hipertansiyonun kontrol altına alınması, proteinüri yönetimi ile birlikte kronik böbrek hastalığının ilerlemesini yavaşlatmaya yönelik temel stratejiler arasında yer almaktadır.

Anorektik hastalarda beslenme desteğinin geciktirilmesi kaşeksi gelişimini hızlandırabilmektedir (Freeman, 2012). Bu nedenle iştahın korunması, bulantı ve kusmanın kontrol altına alınması ve gerektiğinde farmakolojik iştah stimülanlarının kullanılması modern kronik böbrek hastalığı yönetiminin önemli bileşenleri arasında yer almaktadır (Quimby, 2017). Özellikle ileri evre hastalarda yeterli kalori alımının sağlanması çoğu zaman laboratuvar parametrelerinin düzeltilmesinden daha önemli hale gelebilmektedir.

Son yıllarda anoreksi yönetiminde ghrelin sistemi üzerine geliştirilen tedavi yaklaşımları dikkat çekmektedir. Özellikle capromorelin gibi ghrelin reseptör agonistlerinin iştahı artırmaları, enerji alımını desteklemeleri ve potansiyel anabolik etkileri nedeniyle kronik böbrek hastalığı bulunan hastalarda önemli bir tedavi seçeneği oluşturabilecekleri düşünülmektedir (Rhodes et al., 2018; Quimby, 2017).

Ghrelin ve Ghrelin–Gh–Igf-1 Ekseni

Ghrelin, ilk kez Kojima ve arkadaşları tarafından 1999 yılında tanımlanan ve temel olarak mide fundusundaki X/A-benzeri endokrin hücrelerden salgılanan 28 aminoasitlik bir peptid hormondur (Kojima et al., 1999). Organizmadaki en güçlü oreksijenik hormonlardan biri olarak kabul edilen ghrelin, enerji homeostazisinin düzenlenmesinde merkezi rol oynamaktadır. Açlık dönemlerinde plazma konsantrasyonu artmakta, besin tüketimi sonrasında ise azalmaktadır. Bu fizyolojik özellik, ghrelinin enerji alımının düzenlenmesindeki temel fonksiyonunu ortaya koymaktadır (Cummings, 2006; Rhodes et al., 2018).

Ghrelin biyolojik etkilerini büyüme hormonu sekretagog reseptörü 1a (Growth Hormone Secretagogue Receptor-1a; GHS-R1a) üzerinden göstermektedir. Bu reseptörler başta hipotalamus ve hipofiz olmak üzere kalp, pankreas, karaciğer, böbrek ve gastrointestinal sistem dokularında da bulunmaktadır (Rhodes et al., 2018). Ghrelin reseptörlerinin geniş dağılım göstermesi, hormonun yalnızca iştah kontrolünde değil, aynı zamanda enerji metabolizması, gastrointestinal fonksiyonlar, endokrin regülasyon ve inflamasyon süreçlerinde de rol oynadığını göstermektedir.

Hipotalamusta bulunan arcuate çekirdekteki nöropeptid Y (NPY) ve agouti-related peptide (AgRP) nöronları ghrelinin temel hedefleri arasında yer almaktadır. Ghrelin bu nöronları aktive ederek açlık hissini artırmakta ve besin tüketimini teşvik etmektedir (Cummings, 2006; Rhodes et al., 2018). Buna karşılık iştahı baskılayan proopiomelanokortin (POMC) sisteminin aktivitesi azalmakta ve organizma enerji alımını artırmaya yönlendirilmektedir. Bu mekanizma, ghrelinin fizyolojik iştah düzenlenmesindeki temel etkilerinden biri olarak kabul edilmektedir.

Ghrelinin gastrointestinal sistem fonksiyonları üzerinde de çeşitli etkileri bulunmaktadır. Deneysel çalışmalarda ghrelin uygulamasının gastrik asit sekresyonunu artırabildiği ve gastrointestinal aktiviteyi etkileyebildiği bildirilmiştir (Date et al., 2001). Bunun yanı sıra ghrelinin, vagal afferent sinirler aracılığıyla gastrointestinal sistemden kaynaklanan sinyallerin hipotalamusa iletilmesinde rol oynadığı gösterilmiştir (Date et al., 2000). Bu durum, ghrelinin gastrointestinal sistem ile merkezi sinir sistemi arasındaki iletişimde önemli bir aracı olduğunu ortaya koymaktadır. Özellikle kronik hastalıklarda ortaya çıkan iştahsızlık tablolarında bu yolakların farmakolojik olarak hedeflenmesi klinik açıdan önemli fırsatlar sunmaktadır.

Ghrelinin en dikkat çekici etkilerinden biri büyüme hormonu (GH) sekresyonunu uyarmasıdır. Ghrelin GHS-R1a reseptörlerine bağlandıktan sonra hipofiz somatotrop hücrelerinden GH salınımı gerçekleşmektedir (Kojima et al., 1999). GH ise başta karaciğer olmak üzere çeşitli dokularda insülin benzeri büyüme faktörü-1 (IGF-1) sentezini artırmaktadır. Böylece ghrelin, büyüme hormonu ve IGF-1 arasında fizyolojik bir eksen oluşmaktadır.

GH–IGF-1 ekseni protein sentezi, hücresel proliferasyon, kas gelişimi ve enerji metabolizmasının düzenlenmesinde önemli rol oynamaktadır. Özellikle IGF-1'in kas dokusu üzerindeki anabolik etkileri nedeniyle bu eksen kronik hastalıklara bağlı gelişen kaşeksi ve sarkopeni süreçlerinde büyük önem taşımaktadır (Freeman, 2012). Yağsız vücut kitlesinin korunması ve kas protein sentezinin desteklenmesi, yaşam kalitesinin sürdürülmesine katkı sağlayabilmektedir.

Rhodes ve arkadaşları (2018), ghrelin agonistlerinin yalnızca iştah artışı oluşturmadığını, aynı zamanda büyüme hormonu ve IGF-1 sekresyonu üzerinden anabolik etkiler de gösterebildiğini bildirmiştir. Bu durum ghrelin sistemini klasik iştah stimülanlarından ayıran önemli özelliklerden biri olarak değerlendirilmektedir. Çünkü iştah artışına ek olarak kas kitlesinin korunmasına katkı sağlanması, kronik hastalıkların yönetiminde klinik açıdan önemli avantajlar sunabilmektedir.

Kronik böbrek hastalığına bağlı anoreksi ve kaşeksi gelişen hastalarda yalnızca kalori alımının artırılması çoğu zaman yeterli olmamaktadır. Kas protein yıkımının azaltılması ve yağsız vücut kitlesinin korunması da tedavinin önemli hedefleri arasında yer almaktadır (Freeman, 2012). Bu nedenle ghrelin sistemini hedefleyen farmakolojik ajanlar son yıllarda yoğun ilgi görmeye başlamıştır.

Veteriner hekimlikte geliştirilen ghrelin reseptör agonistleri arasında en fazla klinik kullanım alanı bulan ajan capromorelindir. Capromorelin, ghrelinin fizyolojik etkilerini taklit ederek hem iştahı artırmakta hem de GH–IGF-1 eksenini aktive etmektedir (Rhodes et al., 2018). Bu özellikleri nedeniyle kronik böbrek hastalığına bağlı anoreksi, kilo kaybı, sarkopeni ve kaşeksi gelişen hastalarda potansiyel olarak önemli bir tedavi seçeneği olarak değerlendirilmektedir.

Capromorelin ve Klinik Çalışmalar

Capromorelin, oral yolla uygulanabilen seçici bir ghrelin reseptör agonisti olup veteriner hekimlikte kullanım onayı alan ilk ghrelin agonistidir. GHS-R1a reseptörlerini aktive ederek endojen ghrelin hormonunun etkilerini taklit etmekte, iştahı artırmakta ve büyüme hormonu–IGF-1 eksenini uyarmaktadır. Bu çift yönlü etki sayesinde yalnızca enerji alımını artırmakla kalmamakta, aynı zamanda yağsız vücut kitlesinin korunmasına da katkıda bulunabilmektedir (Rhodes et al., 2018).

Capromorelinin etkinliğini değerlendiren en önemli çalışmalardan biri Zollers ve arkadaşları tarafından gerçekleştirilen çok merkezli, randomize, çift kör ve plasebo kontrollü klinik araştırmadır. Çalışmada iştahsızlık şikâyeti bulunan 244 köpek değerlendirilmiş ve capromorelin uygulanan grupta iştah skorlarında plaseboya göre anlamlı iyileşme saptanmıştır. Araştırmacılar tedavi başarısının capromorelin grubunda %68,6, plasebo grubunda ise %44,6 olduğunu bildirmiştir. Ayrıca tedavi süresince vücut ağırlığında da anlamlı artış gözlenmiştir (Zollers et al., 2016). Bu çalışma, capromorelinin spontan anoreksi gösteren köpeklerde klinik etkinliğini ortaya koyan en önemli araştırmalardan biri olarak kabul edilmektedir.

Capromorelinin metabolik etkilerini değerlendirmek amacıyla gerçekleştirilen başka bir çalışmada sağlıklı Beagle köpeklerde dört günlük uygulama sonrasında gıda tüketiminde yaklaşık %60 oranında artış ve anlamlı vücut ağırlığı kazanımı belirlenmiştir (Zollers et al., 2017a). Bu sonuçlar ilacın iştah üzerindeki etkisinin hızlı başladığını ve kısa süre içerisinde klinik olarak anlamlı sonuçlar oluşturabildiğini göstermektedir.

Zollers ve arkadaşları tarafından yürütülen bir diğer araştırmada capromorelin uygulamasının büyüme hormonu ve IGF-1 düzeyleri üzerindeki etkileri incelenmiştir (Zollers et al., 2017b). Araştırma sonucunda gıda tüketiminde ve vücut ağırlığında artışın yanı sıra GH ve IGF-1 konsantrasyonlarında da belirgin yükselme saptanmıştır. Elde edilen bulgular, capromorelinin yalnızca iştah stimülanı olarak değil, aynı zamanda anabolik metabolizmayı destekleyen bir ajan olarak da değerlendirilebileceğini göstermektedir.

Rhodes ve arkadaşları (2018) tarafından yayımlanan kapsamlı derlemede ghrelin fizyolojisi ve capromorelinin veteriner hekimlikteki kullanım alanları ayrıntılı olarak incelenmiştir. Araştırmacılar capromorelinin kronik böbrek hastalığı, neoplastik hastalıklar, geriatrik kilo kaybı ve kronik inflamatuvar hastalıklar gibi farklı klinik durumlarda potansiyel faydalar sağlayabileceğini belirtmişlerdir. Özellikle iştah artışına ek olarak kas kitlesinin korunmasına katkı sağlayabilecek olması ilacın gelecekteki kullanım alanlarını genişletebilecek önemli bir özellik olarak değerlendirilmiştir.

Kronik böbrek hastalığında görülen anoreksi çoğu zaman yalnızca kalori alımındaki azalma ile sınırlı değildir. Hastalarda sıklıkla kilo kaybı, sarkopeni ve kaşeksi de gelişmektedir (Freeman, 2012). Bu nedenle ideal bir iştah stimülanının yalnızca gıda tüketimini artırması değil, aynı zamanda yağsız vücut kitlesinin korunmasına da katkı sağlaması beklenmektedir. Capromorelinin GH–IGF-1 ekseni üzerindeki etkileri göz önüne alındığında bu açıdan önemli avantajlar sunabileceği düşünülmektedir (Rhodes et al., 2018; Zollers et al., 2017).

Veteriner hekimlikte anoreksi tedavisinde kullanılan diğer önemli ajanlardan biri mirtazapindir. Mirtazapin serotonerjik ve adrenerjik mekanizmalar üzerinden etkili olmakta, iştah artışı ve antiemetik etki sağlamaktadır (Quimby, 2017). Bununla birlikte mirtazapinin temel etkisi merkezi nörotransmitter sistemleri üzerinden gerçekleşirken, capromorelin fizyolojik ghrelin yolaklarını aktive etmektedir. Ayrıca capromorelinin GH–IGF-1 ekseni üzerindeki etkileri nedeniyle kas kitlesinin korunmasına yönelik ek avantajlar sağlayabileceği düşünülmektedir (Rhodes et al., 2018).

Capromorelinin güvenlilik profili genel olarak olumlu görünmektedir. Klinik çalışmalarda bildirilen en yaygın advers etkiler kusma, diyare, hipersalivasyon ve hafif letarji olarak sıralanmaktadır (Zollers et al., 2016; Rhodes et al., 2018). Bu yan etkiler çoğu olguda hafif şiddette seyretmekte ve tedavinin sonlandırılmasını gerektirmemektedir.

Wofford ve arkadaşları tarafından gerçekleştirilen uzun dönem güvenlilik çalışmalarında ghrelin agonistlerinin genel olarak iyi tolere edildiği ve ciddi klinik patoloji değişikliklerine yol açmadığı bildirilmiştir (Wofford et al., 2018). Bu bulgular capromorelinin uzun süreli kullanım potansiyeli açısından önemli bilgiler sunmaktadır.

Son yıllarda capromorelinin glukoz metabolizması üzerindeki etkileri de araştırılmaya başlanmıştır.

Pascutti ve arkadaşları (2022), sağlıklı köpeklerde gerçekleştirdikleri çalışmada capromorelin uygulaması sonrasında postprandial glukoz düzeylerinde hafif artışlar gözlemlemiş ancak bu değişikliklerin klinik açıdan anlamlı olmadığını bildirmiştir. Benzer şekilde Pires ve arkadaşları (2021), kedilerde yaptıkları araştırmada glukoz metabolizması ve endokrin parametreler üzerinde bazı değişiklikler saptamış, ancak ilacın genel güvenlilik profilinin korunmaya devam ettiğini belirtmiştir. Bu nedenle özellikle diyabet riski bulunan hastalarda dikkatli kullanım önerilmekle birlikte mevcut veriler capromorelinin genel olarak güvenli bir ajan olduğunu göstermektedir (Pascutti et al., 2022; Pires et al., 2021).

Mevcut literatür birlikte değerlendirildiğinde capromorelinin iştah artışı, kilo kazanımı, enerji alımının desteklenmesi ve potansiyel anabolik etkileri sayesinde kronik böbrek hastalığına bağlı anoreksi yönetiminde umut verici bir tedavi seçeneği olduğu görülmektedir (Rhodes et al., 2018; Zollers et al., 2016; Zollers et al., 2017). Bununla birlikte kronik böbrek hastalığı bulunan köpeklerde uzun dönem etkinlik, sağkalım üzerine etkiler ve farklı IRIS evrelerindeki klinik sonuçların değerlendirilmesi için daha geniş hasta gruplarını içeren kontrollü çalışmalara ihtiyaç bulunmaktadır.

SONUÇ

Kronik böbrek hastalığı, köpeklerde yalnızca renal fonksiyon kaybı ile sınırlı olmayan, çok sayıda sistemik komplikasyonun eşlik ettiği kompleks bir hastalık tablosudur (Ettinger et al., 2017; Nelson & Couto, 2020). Hastalığın ilerleyen dönemlerinde ortaya çıkan anoreksi, malnütrisyon, sarkopeni ve kaşeksi gelişiminde temel rol oynamakta; yaşam kalitesinin azalmasına, tedaviye yanıtın zayıflamasına ve sağkalım süresinin kısalmasına katkıda bulunmaktadır (Freeman, 2012; Quimby, 2017). Bu nedenle iştahsızlık, kronik böbrek hastalığının ikincil bir belirtisi olarak değil, aktif şekilde yönetilmesi gereken önemli bir klinik problem olarak değerlendirilmelidir.

Kronik böbrek hastalığında anoreksinin patogenezinde üremik toksinlerin birikimi, gastrointestinal disfonksiyon, metabolik asidoz, kronik inflamasyon ve nörohormonal değişiklikler birlikte rol oynamaktadır (Polzin, 2011; Quimby, 2017). Bu mekanizmaların sonucunda enerji alımı azalmakta, protein katabolizması artmakta ve zamanla kas kitlesinde belirgin kayıplar meydana gelmektedir. Özellikle kaşeksi ve sarkopeni gelişimi, kronik böbrek hastalarının prognozunu olumsuz etkileyen en önemli faktörlerden biri olarak kabul edilmektedir (Freeman, 2012; Hall et al., 2016). Bu nedenle güncel tedavi yaklaşımları yalnızca böbrek fonksiyonlarının korunmasına değil, aynı zamanda vücut kondisyonunun ve yağsız vücut kitlesinin sürdürülmesine de odaklanmaktadır.

Beslenme yönetimi, renal diyet uygulamaları, antiemetik tedaviler ve destekleyici yaklaşımlar kronik böbrek hastalığının temel tedavi bileşenleri arasında yer almakla birlikte, birçok hastada iştahsızlığın kontrol altına alınması güç olabilmektedir (IRIS, 2023; Polzin, 2013). Son yıllarda ghrelin sistemi üzerine yapılan çalışmalar, anoreksi ve kaşeksi tedavisinde yeni farmakolojik yaklaşımların geliştirilmesine olanak sağlamıştır. Ghrelin reseptör agonistleri içerisinde yer alan capromorelin, fizyolojik iştah düzenleme mekanizmalarını taklit ederek gıda tüketimini artırmakta ve enerji alımını desteklemektedir (Rhodes et al., 2018).

Mevcut deneysel ve klinik çalışmalar, capromorelinin köpeklerde iştahı artırdığını, vücut ağırlığı kazanımını desteklediğini ve genel olarak iyi tolere edildiğini göstermektedir (Zollers et al., 2016; Zollers et al., 2017). Ayrıca büyüme hormonu ve IGF-1 eksenini aktive etmesi nedeniyle yalnızca iştah artışı sağlamakla kalmayıp yağsız vücut kitlesinin korunmasına da katkıda bulunabileceği düşünülmektedir (Rhodes et al., 2018; Zollers et al., 2017). Bu özellik, ilacı kronik böbrek hastalığına bağlı kaşeksi ve sarkopeni gelişen olgularda özellikle dikkat çekici hale getirmektedir.

Bununla birlikte, capromorelin ile ilgili mevcut çalışmaların büyük bölümü sağlıklı köpeklerde veya farklı nedenlere bağlı anoreksi olgularında gerçekleştirilmiştir. Kronik böbrek hastalığı bulunan köpeklerde uzun dönem etkinlik, ideal tedavi süresi, farklı IRIS evrelerindeki yanıtlar ve sağkalım üzerine etkiler konusunda daha fazla kontrollü klinik araştırmaya ihtiyaç bulunmaktadır (Rhodes et al., 2018; Quimby, 2017). Özellikle kas kondisyon skoru, vücut kompozisyonu, inflamasyon belirteçleri ve yaşam kalitesi parametrelerinin değerlendirildiği uzun süreli çalışmalar, capromorelinin bu hasta grubundaki gerçek klinik değerinin ortaya konulmasına katkı sağlayacaktır.

Sonuç olarak capromorelin, kronik böbrek hastalığına bağlı anoreksi yönetiminde umut verici ve yenilikçi bir tedavi seçeneği olarak değerlendirilmektedir.

İştahın desteklenmesi, enerji alımının artırılması ve potansiyel anabolik etkileri göz önüne alındığında, gelecekte kronik böbrek hastalığının multimodal tedavi yaklaşımında daha önemli bir yer edinmesi beklenmektedir (Rhodes et al., 2018; Zollers et al., 2016). Ancak bu potansiyelin tam olarak ortaya konulabilmesi için özellikle kronik böbrek hastalığı bulunan köpeklerde gerçekleştirilecek ileri düzey klinik çalışmalara ihtiyaç vardır.

KAYNAKÇA

Brown, S., Atkins, C., Bagley, R., Carr, A., Cowgill, L., Davidson, M., Egner, B., Elliott, J., Henik, R., Labato, M., Littman, M., Polzin, D., Ross, L., Snyder, P., Stepien, R., & American College of Veterinary Internal Medicine. (2007). Guidelines for the identification, evaluation, and management of systemic hypertension in dogs and cats. *Journal of Veterinary Internal Medicine, 21*(3), 542–558. DOI: 10.1892/0891-6640(2007)21[542:gftiea]2.0.co;2

Cummings, D. E. (2006). Ghrelin and the short- and long-term regulation of appetite and body weight. *Physiology & Behavior, 89*(1), 71–84. DOI: 10.1016/j.physbeh.2006.05.022

Date, Y., Nakazato, M., Murakami, N., Kojima, M., Kangawa, K., & Matsukura, S. (2001). Ghrelin acts in the central nervous system to stimulate gastric acid secretion. Biochemical and Biophysical Research Communications, 280(3), 904–907. DOI: 10.1006/bbrc.2000.4212

Ettinger, S. J., Feldman, E. C., & Côté, E. (2017). *Textbook of Veterinary Internal Medicine* (8th ed.). Elsevier.

Freeman, L. M. (2012). Cachexia and sarcopenia: Emerging syndromes of importance in dogs and cats. *Journal of Veterinary Internal Medicine, 26*(1), 3–17. DOI: 10.1111/j.1939-1676.2011.00838.x

Hall, J. A., Yerramilli, M., Obare, E., Li, J., Yerramilli, M., & Jewell, D. E. (2016). Relationship between lean body mass and serum renal biomarkers in healthy dogs. *Journal of Veterinary Internal Medicine, 30*(3), 794–802. DOI: 10.1111/jvim.12607

International Renal Interest Society. (2023). *IRIS treatment recommendations for dogs with chronic kidney disease*. IRIS.

Jacob, F., Polzin, D. J., Osborne, C. A., Neaton, J. D., Kirk, C. A., Allen, T. A., Swanson, L. L., & Green, J. J. (2005). Evaluation of the association between initial proteinuria and morbidity rate or death in dogs with naturally occurring chronic renal failure. *Journal of the American Veterinary Medical Association, 226*(3), 393–400. DOI: 10.2460/javma.2005.226.393

Kojima, M., Hosoda, H., Date, Y., Nakazato, M., Matsuo, H., & Kangawa, K. (1999). Ghrelin is a growth-hormone-releasing acylated peptide from stomach. *Nature, 402*(6762), 656–660. DOI: 10.1038/45230

Nelson, R. W., & Couto, C. G. (2020). *Small Animal Internal Medicine* (6th ed.). Elsevier.

Pascutti, K. M., O'Kell, A. L., Hill, R. C., Greathouse, R., Rhodes, L., & Heinen, E. (2022). Effects of capromorelin on glycemic control and metabolic variables in healthy dogs. *Domestic Animal Endocrinology, 81*, 106732. DOI: 10.1016/j.domaniend.2022.106732

Pires, J., Greathouse, R. L., Quach, N., Rhodes, L., & Heinen, E. (2021). Effects of the ghrelin receptor agonist capromorelin on glucose metabolism in healthy cats. *Domestic Animal Endocrinology, 74*, 106484. DOI:10.1016/j.domaniend.2020.106484

Polzin, D. J. (2011). Chronic kidney disease in small animals. *Veterinary Clinics of North America: Small Animal Practice, 41*(1), 15–30. DOI: 10.1016/j.cvsm.2010.09.004

Polzin, D. J. (2013). Evidence-based step-wise approach to managing chronic kidney disease in dogs and cats. *Journal of Veterinary Emergency and Critical Care, 23*(2), 205–215. DOI: 10.1111/vec.12034

Quimby, J. M. (2017). Advances in appetite stimulants in pets with chronic kidney disease. *Veterinary Clinics of North America: Small Animal Practice, 47*(6), 1181–1190.

Rhodes, L., Zollers, B., Wofford, J. A., & Heinen, E. (2018). Capromorelin: A ghrelin receptor agonist and novel therapy for stimulation of appetite in dogs. *Veterinary Medicine and Science, 4*(1), 3–16. DOI: 10.1002/vms3.83

Date, Y., Kojima, M., Hosoda, H., Sawaguchi, A., Mondal, M. S., Suganuma, T., ... & Kangawa, K. (2000). Ghrelin, a novel growth hormone-releasing acylated peptide, is synthesized in a distinct endocrine cell type in the gastrointestinal tracts of rats and humans. *Endocrinology, 141*(11), 4255–4261. DOI: 10.1210/endo.141.11.7757

Wofford, J. A., Zollers, B., Rhodes, L., Bell, M., & Heinen, E. (2018). Evaluation of the safety of daily administration of capromorelin in cats. *Journal of Veterinary Pharmacology and Therapeutics, 41*(2), 324–333. DOI: 10.1111/jvp.12459

Zollers, B., Wofford, J. A., Heinen, E., Huebner, M., & Rhodes, L. (2016). A prospective, randomized, masked, placebo-controlled clinical study of capromorelin in dogs with reduced appetite. *Journal of Veterinary Internal Medicine, 30*(6), 1851–1857. DOI: 10.1111/jvim.14607

Zollers, B., Rhodes, L., & Heinen, E. (2017a). Capromorelin oral solution (ENTYCE®) increases food consumption and body weight when administered for four consecutive days to healthy adult Beagle dogs. *BMC Veterinary Research, 13*, 10. DOI: 10.1186/s12917-016-0925-z

Zollers, B., Rhodes, L., Smith, R. G., & Heinen, E. (2017b). Capromorelin increases food consumption, body weight, growth hormone, and sustained insulin-like growth factor-1 concentrations when administered to healthy adult Beagle dogs. *Journal of Veterinary Pharmacology and Therapeutics, 40*(2), 140–147. DOI: 10.1111/jvp.12344

INVESTIGATION OF CURRENT–VOLTAGE (I–V) CHARACTERISTICS UNDER DIFFERENT WAVELENGTH ILLUMINATION

Arş. Gör. Dr. Ali Orkun ÇAĞIRTEKİN
Gazi University, Faculty of Science, Department of Physics, Ankara, Türkiye
ORCID ID: 0000-0001-8602-6233

Doç. Dr. Sezen TEKİN
Çankırı Karatekin University, Department of Medical Services and Techniques, Eldivan Medical Services Vocational School, Çankırı, Türkiye
ORCID ID: 0000-0002-6599-9631

Doç. Dr. Irmak KARADUMAN ER
Çankırı Karatekin University, Department of Medical Services and Techniques, Eldivan Medical Services Vocational School, Çankırı, Türkiye
ORCID ID: 0000-0003-3786-3865

Prof. Dr. Selim ACAR
Gazi University, Faculty of Science, Department of Physics, Ankara, Türkiye
ORCID ID: 0000-0003-4014-7800

ABSTRACT
In this study, the photoelectrical behavior of W-doped ZnO thin films fabricated by the Successive Ionic Layer Adsorption and Reaction (SILAR) method was investigated through current–voltage (I–V) measurements under different wavelength illuminations. The structural and optical properties of the films were found to be significantly influenced by tungsten incorporation, which consequently affected their charge transport characteristics. I–V measurements were carried out in darkness and under illumination at various wavelengths to evaluate the wavelength-dependent photoconductive response of the samples. The results revealed a noticeable increase in current under light exposure compared to dark conditions, indicating efficient photogenerated carrier formation and transport. Furthermore, the photocurrent response varied with illumination wavelength due to differences in photon energy and optical absorption within the semiconductor layer. The enhanced electrical conductivity observed under illumination demonstrates the strong interaction between incident light and the W-doped ZnO films. These findings suggest that W-doped ZnO thin films exhibit promising photoresponsive properties and may be suitable candidates for photodetector and optoelectronic device applications operating in the visible spectral region.
Keywords: W-doped ZnO, SILAR, thin films, I–V characteristics, wavelength-dependent illumination, photocurrent, photodetector, optoelectronic devices.

INTRODUCTION
Zinc oxide (ZnO) is one of the most extensively studied wide-bandgap semiconductors due to its remarkable optical transparency, high exciton binding energy (60 meV), excellent chemical stability, and low-cost fabrication methods(Abdulhameed et. al., 2024). . These properties make ZnO a promising material for a variety of optoelectronic applications, including photodetectors, light-emitting devices, solar cells, and gas sensors. However, the practical performance of pure ZnO is often limited by its relatively low electrical conductivity and rapid recombination of photogenerated charge carriers. To overcome these limitations, various transition metal and high-valence dopants have been incorporated into the ZnO lattice to tailor its structural, optical, and electrical properties (Abdulhameed et. al., 2024). Among these dopants, tungsten (W) has attracted considerable attention because of its high oxidation state (W^{6+}) and ionic radius comparable to that of Zn^{2+}, allowing it to substitute Zn sites within the crystal lattice. The incorporation of W ions can significantly modify the electronic structure of ZnO by introducing additional donor states, increasing carrier concentration, and enhancing (Xuan et. al., 2022) visible-light absorption. Consequently, W-doped ZnO thin films have emerged as promising candidates for visible-light-driven optoelectronic devices and photoconductive applications (Xuan et. al., 2022).

The photoresponse behavior of semiconductor materials strongly depends on both the incident light wavelength and dopant concentration (Labuda et. al., 2026). Therefore, investigating the wavelength-dependent electrical characteristics of W-doped ZnO films is essential for understanding the underlying photoconduction mechanisms and optimizing device performance. In particular, illumination in the visible spectral region can provide valuable information regarding carrier generation, charge transport, and defect-related energy levels introduced by tungsten incorporation. In this study, the photoconductive properties of ZnO thin films doped with different tungsten concentrations (4%, 6%, and 8%) were systematically investigated through wavelength-dependent current–voltage (I–V) measurements under illumination ranging from 390 to 950 nm. The influence of W concentration on the electrical response and photocurrent generation was evaluated by comparing the I–V characteristics of the three samples. The results reveal a strong dependence of the photocurrent on both illumination wavelength and tungsten content, with the 6% W-doped ZnO film exhibiting the highest photoresponse, indicating an optimum doping concentration for enhanced visible-light photodetection performance. These findings provide insight into the role of W incorporation in tuning the optoelectronic properties of ZnO and demonstrate the potential of W-doped ZnO thin films for wavelength-selective photodetector applications.

EXPERIMENTAL

W-doped ZnO thin films containing 4%, 6%, and 8% tungsten were successfully deposited onto glass substrates using the Successive Ionic Layer Adsorption and Reaction (SILAR) method. Prior to deposition, the glass substrates were ultrasonically cleaned sequentially in ethanol, acetone, and deionized water, followed by drying at room temperature. The precursor solution was prepared by dissolving zinc acetate in deionized water, while appropriate amounts of a tungsten precursor were added to obtain W doping concentrations of 4%, 6%, and 8%. During the SILAR process, the substrates were alternately immersed in the cationic precursor solution and hot deionized water, allowing the adsorption and subsequent reaction of ions on the substrate surface. Each deposition cycle consisted of adsorption, rinsing, reaction, and washing steps, and the cycle was repeated multiple times to achieve the desired film thickness. After deposition, the films were annealed to improve their crystallinity and remove residual impurities. The resulting samples were denoted as 4WZO, 6WZO, and 8WZO, corresponding to their tungsten doping concentrations. The SILAR technique was chosen due to its simplicity, low cost, excellent compositional control, and suitability for producing uniform metal oxide thin films over large substrate areas.

RESULTS AND DISCUSSIONS

Figure 1 shows the current–voltage (I–V) characteristics of the 4% W-doped ZnO (4WZO) thin film measured under illumination with wavelengths ranging from 390 to 950 nm. The I–V curves exhibit an almost linear and symmetric behavior in both forward and reverse bias regions, indicating the formation of nearly ohmic contacts between the electrodes and the semiconductor layer (Usha Rain et. al., 2025). The linear response suggests efficient charge transport without significant barrier effects at the metal–semiconductor interface.

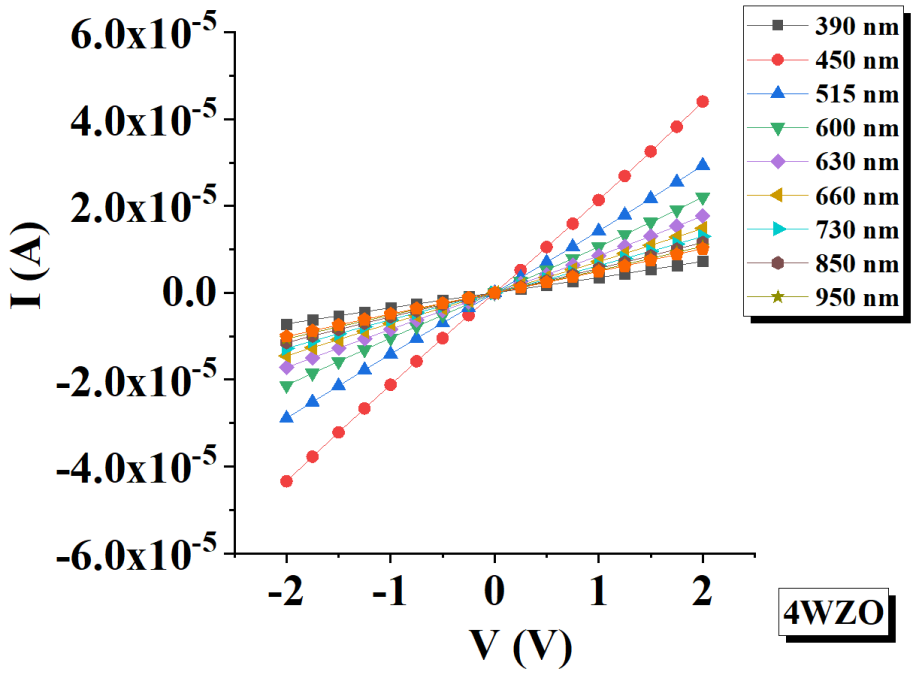


Figure 1. The I-V characteristic of 4 % W-doped ZnO under different light illumination

A strong dependence of the photocurrent on the incident wavelength is observed. Among all illumination conditions, the highest current values were obtained under 450 nm illumination, reaching approximately 4.4×10^{-5} A at +2 V. This result indicates that the 4WZO thin film exhibits maximum photoresponse in the blue region of the visible spectrum. The enhanced photocurrent at 450 nm can be attributed to the efficient absorption of photons and the subsequent generation of electron–hole pairs, leading to an increase in charge carrier concentration (Surya Reddy et. al., 2026). The photocurrent decreases gradually as the illumination wavelength shifts toward longer wavelengths (600–950 nm), which is related to the reduction in photon energy and lower carrier generation efficiency.

The sample also shows a noticeable response under 515 nm and 600 nm illumination, while the lowest photocurrent values are observed under 390 nm illumination. This behavior may be associated with defect-related states introduced by W doping, which modify the optical absorption characteristics and carrier dynamics of ZnO. The increased conductivity under visible-light illumination demonstrates the capability of W-doped ZnO films to effectively convert optical energy into electrical signals (Enis et. al., 2025).

Overall, the wavelength-dependent I–V characteristics reveal that the 4WZO thin film possesses significant photoconductive properties, with the strongest sensitivity occurring at 450 nm. These findings suggest that W-doped ZnO thin films are promising candidates for visible-light photodetectors and optoelectronic sensing applications due to their stable linear response and enhanced photocurrent generation under blue-light illumination (Luo et. al., 2026).

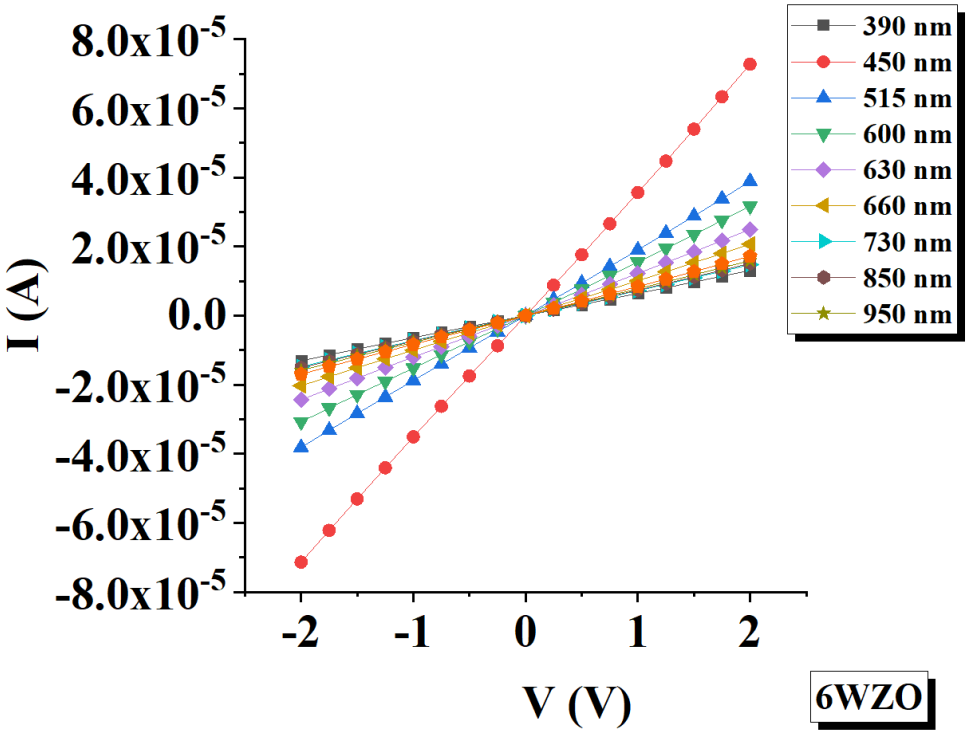


Figure 2. The I-V characteristic of 6 % W-doped ZnO under different light illumination

Figure 6 presents the wavelength-dependent current–voltage (I–V) characteristics of the 6% W-doped ZnO (6WZO) thin film under illumination in the 390–950 nm spectral range. The I–V curves exhibit a nearly linear and symmetric behavior with respect to both positive and negative bias voltages, indicating good ohmic contact formation between the deposited film and the electrodes. The absence of significant rectifying behavior suggests efficient carrier transport across the device interface.

The photocurrent strongly depends on the incident wavelength. Among the investigated wavelengths, the highest photocurrent was obtained under 450 nm illumination, where the current reached approximately 7.3×10^{-5} A at an applied bias of +2 V. This value is considerably higher than those observed at other wavelengths, demonstrating the enhanced photoresponse of the 6WZO sample in the blue-light region. The increased current under 450 nm illumination can be attributed to the efficient absorption of photons with energies close to the optical absorption region of W-doped ZnO, resulting in the generation of a larger number of electron–hole pairs (Toleda et. al., 2023).

The photocurrent decreases progressively as the illumination wavelength increases from 515 nm to 950 nm. Although the response remains significant under green and red light illumination, lower current values are observed at longer wavelengths due to the reduced photon energy and consequently lower carrier generation efficiency. The enhanced visible-light sensitivity of the 6WZO film may be associated with defect levels and impurity states introduced by W incorporation into the ZnO lattice, which facilitate sub-bandgap optical absorption and improve charge carrier separation (Kuo et. al., 2921).

Compared with the 4WZO sample, the 6WZO film exhibits substantially higher photocurrent values over the entire investigated wavelength range, indicating that increasing the W concentration to 6% improves the photoconductive performance. This enhancement can be related to the increased carrier concentration and improved charge transport pathways resulting from optimal W incorporation. The superior photoresponse observed at 450 nm suggests that the 6WZO thin film is highly suitable for visible-light photodetection applications, particularly in the blue spectral region. Overall, the results demonstrate that the 6WZO thin film possesses excellent wavelength-dependent photoconductive behavior, with maximum sensitivity under 450 nm illumination and enhanced electrical conductivity under visible-light exposure. These characteristics highlight the potential of 6WZO thin films for use in optoelectronic devices and broadband photodetector applications (Loyola Roul Raj et. al., 2022).

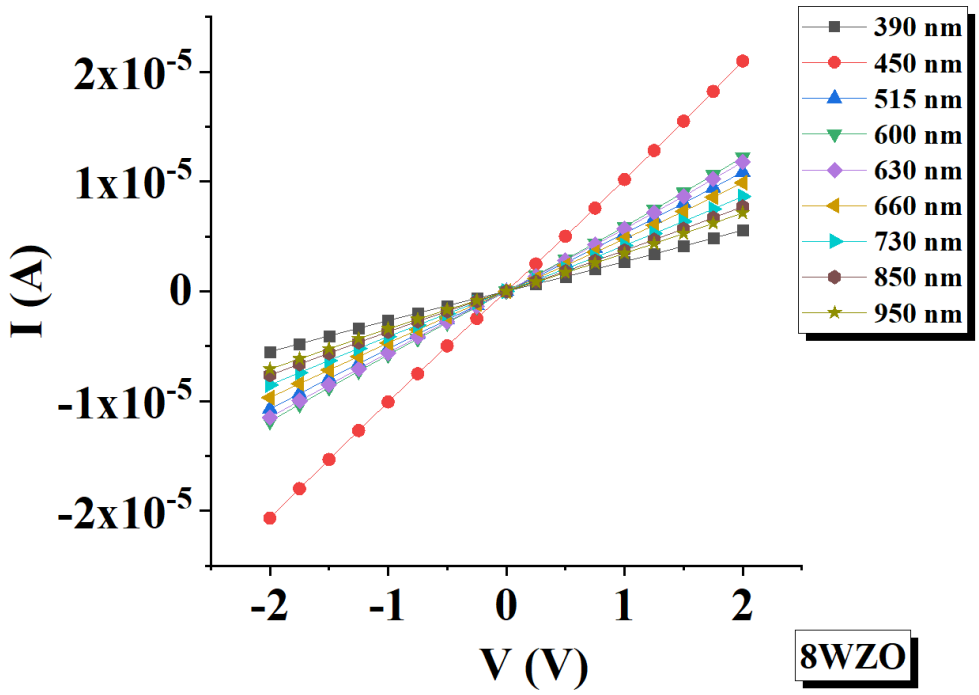


Figure 3. The I-V characteristic of 8 % W-doped ZnO under different light illumination

Figure 3 illustrates the current–voltage (I–V) characteristics of the 8% W-doped ZnO (8WZO) thin film measured under illumination at different wavelengths ranging from 390 to 950 nm. The obtained curves exhibit a nearly linear and symmetric behavior in both forward and reverse bias regions, confirming the formation of good ohmic contacts between the electrodes and the semiconductor layer. The linear dependence of current on voltage indicates that charge transport is primarily governed by photogenerated carriers rather than by interfacial barrier effects (Dharani Devi et. al., 2021).

A clear wavelength-dependent photoresponse is observed for the 8WZO sample. The highest photocurrent is recorded under 450 nm illumination, reaching approximately 2.1×10^{-5} A at an applied voltage of +2 V. This enhanced response in the blue-light region suggests that photons with higher energies are more effective in generating electron–hole pairs within the W-doped ZnO structure. The efficient absorption of 450 nm light results in a significant increase in carrier concentration, thereby improving the electrical conductivity of the film (Murahari et. al., 2026).

For wavelengths longer than 450 nm, the photocurrent gradually decreases, although a measurable response is maintained throughout the visible and near-infrared regions. The photocurrent values obtained under 515, 600, 630, and 660 nm illumination remain relatively close to each other, while a further reduction is observed for 730, 850, and 950 nm wavelengths. This behavior is associated with the decrease in photon energy at longer wavelengths, which limits the generation of photocarriers and reduces the overall photoconductive effect.

When compared with the 4WZO and 6WZO samples, the 8WZO thin film exhibits noticeably lower photocurrent values under all illumination conditions. This reduction suggests that excessive W incorporation may introduce additional structural defects, carrier trapping centers, or recombination sites within the ZnO lattice. As a result, the lifetime and mobility of photogenerated carriers decrease, leading to a deterioration of the photoresponse. Therefore, although W doping enhances visible-light sensitivity, higher doping levels may adversely affect carrier transport and photodetection performance (Murahari et. al., 2026)..

Overall, the wavelength-dependent I–V measurements demonstrate that the 8WZO thin film remains photoactive across a broad spectral range, with maximum sensitivity at 450 nm. However, the lower photocurrent values relative to the 6WZO sample indicate that 8% W doping exceeds the optimum concentration for achieving the highest photoconductive performance.

These findings suggest that moderate W incorporation provides a more favorable balance between carrier generation and recombination processes, making lower W concentrations more suitable for visible-light photodetector applications.

CONCLUSION AND DISCUSSION

Comparing the results shows that W doping significantly improves the photoelectric properties of ZnO, but this effect persists only up to a certain doping level. The 6WZO sample exhibited the highest photoresponse at all wavelengths, and was determined to be the optimum W doping concentration. At 8% W doping, structural defects and recombination centers caused by excessive doping reduced the photocurrent. Therefore, the 6WZO thin film can be considered the most suitable sample for visible region photodetector and optoelectronic applications.

REFERENCES

Abdulhameed A., Elzawiei Y. SM, Halim M. M., Mzwd E., AL-Zahrani A. A., (2024). Transparent ultraviolet photosensor based on vertically aligned ZnO nanorods: The role of the electrode geometry, *Sensors and Actuators A: Physical*, 376, 115569.

Chaib A., Amrani M., Benamara Z., (2026) Optical response of Ag/poly-Si/ITO Schottky diodes under illumination: experiment and 2D modeling, *Micro and Nanostructures*, 212, 208578.

Dharani Devi M. , Vimala Juliet A. , Hariprasad K. , Ganesh V. , Elhosiny Alicd H. , Algarni H. , Yahia I.S. (2021), Improved UV photodetection of terbium-doped NiO thin films prepared by cost-effective nebulizer spray technique, *Mater. Sci. Semicond. Process*., 127, 105673.

Enis O.N., Nadaroğlu H., Güzeldir B., Sağlam M., (2025) Study of how illumination affects the electrical properties of Al/n-gap Schottky diodes with varying amounts of Cu NCs-doped wm-cqd interlayer, Physica B: Condensed Matter, 717, 417776.

Kuo C.-T., Chu Y.-Y., Chen H.-Y., Yew T.-R., (2021). Tin-manganese-nickel oxide thin films prepared by thermal evaporation for photosensor applications, *Materials Science and Engineering: B*, 268, 115126.

Labuda M., Kuchta I., Wohlmuthova V., Seleng J. (2026). A low-cost three-wavelength illumination system for camera-based photoplethysmography imaging, *HardwareX*, 26, e00787.

Loyola Poul Raj I., Valanarasu S., Rimal Isaac R.S., Ramudu M., Bitla Y., Ganesh V., Yahia I.S., (2022). The role of silver doping in tuning the optical absorption, energy gap, photoluminescence properties of NiO thin films for UV photosensor applications, *Optik*, 254, 168634.

Luo Z., Fang B., Zeng J., Huang J., Cai J., Shi Z. (2026). Energy conversion and loss mechanism of non-planar flexible perovskite solar cells under non-uniform illumination conditions, *Solar Energy*, 303,
114098.

Murahari P., Alagarasan D., Hegde S.S., Shetty H. D., Khashoqji M. M., Benghanem M., Shkir M., Prasad Kollur S. (2026). Antimony-induced structural and optical modifications in bismuth sulfide thin films for UV photodetection, *Journal of Physics and Chemistry of Solids*, 214, 113649.

Surya Reddy D., Ashok Kumar A., Rajagopal Reddy V., (2026). Electrical and photodiode possessions of the Au/V2O5/un-InP MIS-type photodiode under different illumination light intensities, *Materials Science and Engineering: B*, 323, Part B, 118878.

Toledo P., Hernandez Luna I. S., Hernandez-Cuevas F., Hernandez-Como N., Electrical instabilities of a-IGZO TFTs under different conditions of bias and illumination stress, (2023) *Microelectronics Reliability*, 148, 115186.

Usha Rani A., Ashajyothi S., Ashok Kumar A., Rajagopal Reddy V. (2025).Exploration of photoresponsivity, specific detectivity and interface properties of Au/ZnPc/InP/In photodiode at different illumination wavelengths, *Thin Solid Films*, 809, 140594,

Xuan J., Wang L., Zou Y., Li Y., Zhang H., Lu Q., Sun M., Yin G., Zhou A., (2022). Room-temperature gas sensor based on in situ grown, etched and W-doped ZnO nanotubes functionalized with Pt nanoparticles for the detection of low-concentration H_2S, *Journal of Alloys and Compounds*, 922, 166158.

TARGETING AQUACULTURE PATHOGENS: SYNTHESIS, CHARACTERIZATION, AND LIGAND TRACER STUDIES OF ANTIMICROBIAL PEPTIDES AGAINST *AEROMONAS HYDROPHILA*

Kübra ARANCI
TÜBİTAK Marmara Research Center, Kocaeli, Türkiye
Marmara University, Faculty of Engineering, Department of Bioengineering, İstanbul, Türkiye
ORCID: 0000-0002-4004-7319,

Dr. Ahmet Akif KIZILKURTLU
TÜBİTAK Marmara Research Center, Kocaeli, Türkiye
Department of Biomedical Engineering, Faculty of Engineering and Natural Sciences, İstanbul Atlas University, İstanbul, Türkiye,
ORCID: 0000-0001-8694-259X,

Zeynep Sude ÇİFTÇİBAŞI
TÜBİTAK Marmara Research Center, Kocaeli, Türkiye
Department of Chemistry, Faculty of Basic Sciences, Gebze Technical University, Kocaeli, Türkiye

Dr. Sevgi GÜLYÜZ
TÜBİTAK Marmara Research Center, Kocaeli, Türkiye
ORCID: 0000-0002-2576-3085

Doç. Dr. Sevde ALTUNTAŞ
Department of Tissue Engineering, Institution of Health Sciences, University of Health Sciences İstanbul, Türkiye,
Experimental Medicine Research and Application Center, University of Health Sciences İstanbul, Türkiye,
ORCID: 0000-0002-4803-9479

Dr. Özgür YILMAZ*
TÜBİTAK Marmara Research Center, Kocaeli, Türkiye
Istanbul University, Faculty of Pharmacy, Department of Pharmacy, Istanbul, Türkiye
ORCID: 0000-0003-3892-2775

Abstract
Aeromonas hydrophila is a Gram-negative opportunistic pathogen responsible for motile Aeromonas septicemia in aquaculture systems, leading to significant economic losses worldwide. The emergence of antimicrobial resistance has increased the need for alternative therapeutic and diagnostic strategies, including antimicrobial peptides (AMPs). In this study, a literature-derived antimicrobial peptide (AMP), KK16, originally designed by Raja Aadil Hussain Bhat *et al.* (2022), was selected and synthesized using the solid-phase peptide synthesis (SPPS) method. The crude peptide was purified and structurally characterized to confirm its identity. Molecular weight determination was performed using LC-MS/MS, while peptide purity was assessed by RP-HPLC analysis. The purified peptide exhibited a high purity of 99.76%. For real-time binding studies, the peptide was fluorescently labeled with 5(6)-carboxyfluorescein (5(6)-FAM) and further purified, resulting in a final purity of 99.45%. This labeled peptide was then used to investigate interaction behavior with bacterial cells. The antimicrobial activity of the AMP was evaluated against *A. hydrophila*, and a significant concentration-dependent inhibition of bacterial growth was observed. Based on these results, sub-inhibitory concentrations were selected for kinetic interaction studies to maintain bacterial viability during measurements. Real-time binding interactions were analyzed using the LigandTracer® Green system. The 5(6)-FAM-labeled AMP demonstrated strong and stable binding to live *A. hydrophila* cells, indicating sustained peptide–cell surface interaction. Furthermore, LigandTracer® Green sensorgrams were used to compare the binding behavior of the peptide across different bacterial species, including *Citrobacter koseri*, *Aeromonas*

sobria, *Lactococcus garvieae*, and *Aeromonas salmonicida*. The peptide exhibited distinct binding profiles among these species, suggesting selective interaction toward target aquaculture pathogens. Overall, the results demonstrate that the synthesized AMP exhibits potent antimicrobial activity and selective binding toward *A. hydrophila*, supporting its potential application as a targeted molecular agent for pathogen detection and control in aquaculture systems.
Keywords: *Aeromonas Hydrophilia*, Antimicrobial peptide, Aquaculture pathogen, Ligand tracer, Peptide synthesis

Acknowledgement: *This study was funded by TÜBİTAK (Science and Technology Research Council of Türkiye) under project number 22AG069. We would like to thank Assoc. Prof. Dr. Ahmet Katı for kindly providing the bacterial strains used in this study.*

MEYVE SUYU VE GAZLI İÇECEKLER İÇİN ENTEGRE ÜÇLÜ MİKS HAZIRLAMA ÜNİTESİ TASARIMI VE PROTOTİP İMALATI

DESIGN AND PROTOTYPE MANUFACTURING OF AN INTEGRATED TRIPLE MIXING UNIT FOR FRUIT JUICE AND CARBONATED BEVERAGES

Ecem IŞIK
Araştırma ve Geliştirme Personeli, Gemak Gıda Endüstri Makinaları ve Tic. A.Ş., Ankara, Türkiye
ORCID ID: 0009-0000-5232-0821

Ebubekir DİŞLİ
Ar-Ge Yöneticisi, Gemak Gıda Endüstri Makinaları ve Tic. A.Ş., Ankara, Türkiye
ORCID ID: 0000-0002-3613-7370

Abstract

Deaeration, syrup preparation, and carbonation processes are critical in fruit juice and carbonated beverage production in terms of product quality, process efficiency, and cost. In conventional production systems, performing these operations in separate units leads to reduced CO_2 dissolution efficiency, increased energy consumption, product losses, and difficulties in maintaining quality standardization. In addition, insufficient gas–liquid contact surface area and the inability to precisely control process parameters result in product variability and the need for reprocessing.

Within the scope of this study, a triple mix preparation unit that integrates deaeration, syrup preparation, and carbonation processes into a single system was designed and prototyped to address these challenges. In the developed system, a novel nozzle design capable of generating microbubbles increases the gas–liquid contact surface area, thereby enhancing the dissolution efficiency of CO_2 in the liquid. As a result, gas consumption is reduced while improving the taste, carbonation sensation, and shelf life of the product.

Furthermore, the deaeration step applied prior to carbonation removes dissolved oxygen, reducing oxidative degradation risks and establishing suitable initial conditions for carbonation. During the syrup preparation stage, Brix-controlled automatic dosing and inline measurement systems ensure recipe standardization and minimize product losses.

Through the developed process software and PLC-based automation infrastructure, critical parameters such as pressure, temperature, flow rate, and contact time can be monitored and controlled in real time. This enables optimization of gas transfer into the liquid (mass transfer) and enhances process stability.

The innovative aspect of this study lies in integrating conventionally separate deaeration, syrup preparation, and carbonation processes into a single compact, hygienic, and continuous production system, supported by a novel nozzle design and locally developed automation software. This integrated structure aims to improve production efficiency, reduce CO_2 and raw material consumption, ensure consistent product quality, and lower operational costs.

In conclusion, this study presents an innovative approach to process integration and mass transfer improvement in beverage production technologies, contributing to the development of sustainable and competitive industrial-scale production systems.

Keywords: Carbonated beverages, Air flow, Carbonation, CO_2-N_2

Özet

Meyve suyu ve gazlı içecek üretiminde hava alma (deaerasyon), şurup hazırlama ve karbonizasyon süreçleri; ürün kalitesi, proses verimliliği ve maliyet açısından kritik öneme sahiptir. Mevcut üretim sistemlerinde bu işlemlerin ayrı ünitelerde yürütülmesi; CO_2 çözünme veriminin düşmesine, enerji tüketiminin artmasına, ürün kayıplarına ve kalite standardizasyonunun sağlanmasında zorluklara neden olmaktadır. Ayrıca gaz-sıvı temas yüzeyinin yetersiz olması ve proses parametrelerinin hassas şekilde kontrol edilememesi, ürün bazında farklılıkların oluşmasına ve yeniden işlem gereksinimlerine yol açmaktadır.

Bu çalışma kapsamında ise söz konusu problemlerin çözümüne yönelik olarak hava alma, şurup hazırlama ve karbonizasyon süreçlerini tek bir entegre sistem altında birleştiren üçlü miks hazırlama ünitesinin tasarımı ve prototip imalatı gerçekleştirilmiştir.

Geliştirilen sistemde, mikro baloncuk oluşturan özgün nozul tasarımı sayesinde gaz-sıvı temas yüzeyi artırılmış ve CO_2'nin sıvı içerisindeki çözünme verimi yükseltilmiştir. Bu sayede hem gaz tüketimi azaltılmış hem de ürünün tat, gazlılık hissi ve raf ömrü iyileştirilmiştir.
Sistem içerisinde ayrıca karbonizasyon öncesinde gerçekleştirilen hava alma işlemi ile çözünmüş oksijen uzaklaştırılmış, oksidatif bozulma riskleri azaltılmış ve karbonizasyon için uygun başlangıç koşulları oluşturulmuştur. Şurup hazırlama aşamasında ise Brix kontrollü otomatik dozajlama ve hat üzeri ölçüm sistemleri kullanılarak reçete standardizasyonu sağlanmış, ürün kayıpları minimize edilmiştir.
Geliştirilen proses yazılımı ve PLC tabanlı otomasyon altyapısı sayesinde basınç, sıcaklık, debi ve temas süresi gibi kritik parametreler anlık olarak izlenebilir ve kontrol edilebilir hale getirilmiştir. Bu sayede gazın sıvıya geçişi (kütle aktarımı) optimize edilerek süreç stabilitesi artırılmıştır.
Çalışmanın yenilikçi yönüne baktığımızda ise geleneksel olarak ayrı yürütülen hava alma, şurup hazırlama ve karbonizasyon işlemlerinin tek bir kompakt, hijyenik ve sürekli üretim hattında birleştirilmesi, özgün nozul tasarımı ve yerli otomasyon yazılımı ile desteklenmesidir. Bu bütünleşik yapı sayesinde üretim verimliliğinin artırılması, CO_2 ve hammadde tüketiminin azaltılması, ürün kalitesinde sürekliliğin sağlanması ve işletme maliyetlerinin düşürülmesi hedeflenmektedir.
Sonuç olarak bu çalışma, içecek üretim teknolojilerinde proses entegrasyonu ve kütle aktarımının iyileştirilmesine yönelik yenilikçi bir yaklaşım sunmakta olup, endüstriyel ölçekte sürdürülebilir ve rekabetçi üretim sistemlerinin geliştirilmesine katkı sağlamaktadır.
Anahtar Kelimeler: Gazlı içecekler, Hava akışı, Karbonizasyon, CO_2-N_2

THE EFFECTS OF SOME ECO-FRIENDLY AND STANDARD DISHWASHER DETERGENTS ON MITOSIS IN *Allium sativum* L.

BAZI ÇEVRE DOSTU VE STANDART BULAŞIK MAKİNESİ DETERJANLARIN Allium sativum L.'DA MİTOZ BÖLÜNME ÜZERİNE ETKİLERİ

Muhammet TANRIVERDİ
Kocaeli University, Faculty of Arts and Sciences, Department of Biology, 41001, Kocaeli, Türkiye, ORCID: ID/ 0009-0000-3506-8847

Arş. Gör. Dr. Salih DİKİLİTAŞ
Kocaeli University, Faculty of Arts and Sciences, Department of Biology, 41001, Kocaeli, Türkiye, ORCID: ID/0000-0002-4516-3407

Prof. Dr. Özlem AKSOY
Kocaeli University, Faculty of Arts and Sciences, Department of Biology, 41001, Kocaeli, Türkiye, ORCID: ID/0000-0003-0969-5171

ABSTRACT
Detergents are among the products commonly used for cleaning in everyday life, and they contribute to environmental pollution due to the chemicals they contain. Detergents containing ingredients that are biodegradable and free of toxic chemicals are referred to as eco-friendly. The aim of this study is to contribute to the literature by identifying the potential toxic effects of standard and eco-friendly dishwasher detergents. In this study, the effects of some standard and eco-friendly detergents used in dishwashers on root length and the mitotic index of root meristematic cells in *Allium sativum* were investigated. Three different detergent concentrations 2 g/L, 4 g/L and 8 g/L were used. Garlic cloves were germinated for 72 hours in control and treated groups. Upon evaluation of the findings, it was determined that both the standard dishwasher detergent and the eco-friendly dishwasher detergent reduced root length and the mitotic index. No germination occurred in garlic exposed to the highest concentration (8 g/L) of detergent, and a high level of abnormality was observed; therefore, the mitotic index could not be evaluated. Additionally, when compared to the control group at 2 g/L and 4 g/L concentrations, it was determined that the eco-friendly dishwasher detergent inhibited root length and the mitotic index to a lesser extent than the standard dishwasher detergent. In the standard dishwasher detergent, the mitotic index was found to be 19.63%, 11.38%, and 7.14% at the control, 2 g/L, and 4 g/L concentrations, respectively. In the eco-friendly dishwasher detergent, the mitotic index was found to be 13.14%, 9.84%, and 8.28% at the control, 2 g/L, and 4 g/L concentrations, respectively. As a result, it was determined that the standard dishwasher detergent causes greater toxic effect compared to the eco-friendly one. It is believed that choosing eco-friendly detergents could help reduce harm to the ecosystem.
Keywords: *A. sativum*, Toxicity, Mitotic Index, Dishwasher Detergent, Eco-friendly Detergent.

ÖZET
Deterjanlar, günlük hayatta temizlikte yaygın olarak kullanılan ürünler arasında yer alır ve içeriklerindeki kimyasal maddeler nedeniyle çevre kirliliğine sebep olurlar. Doğada biyolojik olarak çözünebilen ve toksik kimyasallar içermeyen içeriklere sahip deterjanlar çevre dostu olarak adlandırılır. Çalışmadaki amaç standart ve çevre dostu bulaşık makinesi deterjanlarının olası toksik etkilerini tespit ederek literatüre katkıda bulunmaktır. Bu çalışmada, bulaşık makinelerinde kullanılan bazı standart ve çevre dostu deterjanların *Allium sativum* üzerindeki kök uzunluğu ve kök meristematik hücrelerindeki mitotik indeks üzerindeki etkileri araştırıldı. Deterjan konsantrasyonları olarak, 2 g/L, 4 g/L ve 8 g/L olmak üzere 3 farklı konsantrasyon kullanıldı. Sarımsak dişleri 72 saat boyunca kontrol ve muameleli gruplarda çimlendirildi. Elde edilen bulgular değerlendirildiğinde hem standart bulaşık makinesi deterjanının hem de çevre dostu bulaşık makinesi deterjanının kök uzunluğunu ve mitotik indeksi azalttığı tespit edildi. En yüksek konsantrasyonda (8 g/L) deterjana maruz kalan sarımsakta çimlenme gerçekleşmedi ve yüksek düzeyde anomali tespit edildi; bu nedenle mitotik indeks değerlendirilemedi. Ayrıca 2 g/L ve 4 g/L konsantrasyonlar kontrol grubu ile karşılaştırıldığında çevre dostu bulaşık

makinesi deterjanının kök uzunluğunu ve mitotik indeksi standart bulaşık makinesi deterjanına göre daha az inhibe ettiği belirlendi. Standart bulaşık makinesi deterjanında sırasıyla kontrol, 2 g/L ve 4 g/L konsantrasyonlarda mitotik indeksin %19,63, %11,38 ve %7,14 olduğu tespit edildi. Çevre dostu bulaşık makinesi deterjanında ise sırasıyla kontrol, 2 g/L ve 4 g/L konsantrasyonlarda mitotik indeksin %13,14, %9,84 ve %8,28 olduğu tespit edildi. Sonuç olarak standart bulaşık makinesi deterjanının çevre dostu bulaşık makinesi deterjanına göre daha fazla toksik etkiye neden olduğu saptandı. Çevre dostu deterjanların tercih edilmesiyle, ekosistemdeki zararların azaltılabileceği düşünülmektedir.
Anahtar Kelimeler: *A. sativum,* Toksisite, Mitotik İndeks, Bulaşık Makinesi Deterjanı, Çevre Dostu Deterjan.

INTRODUCTION

Household detergents are complex mixtures primarily composed of surfactants, abrasives, optical brighteners, chelating agents, oxidants, enzymes, colors, perfumes, buffering agents, and various stabilizing ingredients (Linke, 2009). Detergents can cause far-reaching environmental impacts by releasing into the household wastewater stream. Surfactants, or surface-active agents, are the main components of detergents (Effendi et al., 2017). Surfactants can exhibit toxic effects. It is important to remove detergent-like substances from wastewater before discharge into aquatic systems (Jahan et al., 2008). Furthermore, the large-scale production of chemicals contained in detergents also contributes to air pollution (Khan, 2022). Detergents can raise the soil's pH and reduce the number of bacteria and fungi in the soil. (Bilen & Kaya, 2018). It has been observed that high concentrations of detergents can reduce seed germination, plant height, the number of leaves on a plant, total biomass, and stem weight (Heidari, 2013).

Since synthetic detergents are a part of the routine of thousands of people worldwide and their use is established, ideas have emerged to overcome the threat of these products with eco-friendly products. (Kogawa et al., 2017). Detergents containing natural or oleochemical-based surfactants and formulated in a way that does not harm aquatic ecosystems are defined as “eco-friendly.” Detergents in this category provide a dual benefit to both the environment and costumers (Siwayanan et al., 2015).

Allium sativum and *Allium cepa* are model organisms utilized in various toxicity tests (Bellani et al., 1991; Chatterjee & Majumder, 2010; Dikilitas et al., 2018; Onisan et al., 2025; Yılmaz et al., 2008). The Allium test can be used in environmental monitoring for many reasons, including its ease of use, the ability to obtain rapid results and its reproducibility (Fiskesjö, 1985).

The aim of this study is to investigate whether there are any differences in the cytotoxic and genotoxic effects of certain standard dishwasher detergents and eco-friendly dishwasher detergents on *A. sativum*.

MATERIALS AND METHODS

Procurement of *A. sativum* and Dishwasher Detergents

A. sativum L., obtained from a local market, was used as the experimental material in this study. Standard and eco-friendly dishwasher detergents were purchased commercially.

Preparation of Standard and Eco-Friendly Dishwasher Detergents

One standard dishwasher detergent in solid(tablet) form and one eco-friendly dishwasher detergent in solid(powder) form were used. The standard dishwasher detergent tablets were thoroughly crushed with a mortar and pestle to a fine powder. The detergents were labeled with the symbols “SD” and “ED” for the standard and eco-friendly dishwasher detergents, respectively.

Table 1. Names and chemical compositions of dishwasher detergents

Dishwasher Detergents	Chemical Compositions
SD	5%–15% oxygen-based bleaching agents, 5%–15% phosphonate, enzymes (subtilisin, amylase), fragrance, <5% nonionic surfactant
ED	>30% sodium citrate, 15%–30% sodium bicarbonate, sodium carbonate, sodium percarbonate, sugar-based surfactant, enzymes

SD; standard dishwasher detergent, ED; eco-friendly dishwasher detergent

Formation of Experimental Groups

The concentrations for the experimental groups were determined based on data from a similar study in the literature (Sezer, 2024). In addition to the control group created using tap water for SD and ED dishwasher detergents, three experimental groups were used at concentrations of 2 g/L, 4 g/L, and 8 g/L, for a total of four groups. Approximately 500 cells were counted per treatment group (control, 2 g/L, and 4 g/L) for each dishwasher detergent and the experiment was conducted in triplicate. At 8 g/L, only early prophase stages showing chromosomal abnormalities were observed; therefore, this concentration was excluded from the statistical analysis. All experimental groups were exposed to identical environmental conditions at 25 °C under dark conditions.

Physiological Observations

For each experimental group, the root lengths of the germinated garlic cloves were measured in triplicate, and the averages were calculated. The morphological characteristics of the germinated roots were observed.

Cytogenetic Analyses

Roots 1-1,5 cm in length, harvested from garlic germinated for 72 hours, were fixed in Carnoy's solution (3 parts alcohol + 1 part 45% glacial acetic acid) at +4°C for 24 hours, and then transferred to a 70% alcohol solution. Before squash preparation, roots were hydrolyzed in 1N HCl. Aceto-orcein was used to stain the preparations, and the cells were spread by the squashing method. A light microscope was used to visualize the cells. The number of cells in mitotic phases and the total cell count were recorded for each preparation. The mitotic index (MI) and the percentages of interphase, prophase, metaphase, anaphase, telophase, and cytokinesis were determined.

The mitotic index was calculated using the following formula (Chatterjee & Majumder, 2010)

$$Mitotic\ Index(\%) = \frac{Number\ of\ dividing\ cells}{Total\ number\ of\ cells} \times 100$$

Statistical Analysis

Statistical analyses were performed using SPSS version 22. Data normality and homogeneity of variance were evaluated using the Shapiro–Wilk and Levene tests, respectively. Differences between groups were analyzed using one-way ANOVA followed by Dunnett's post hoc test. Values of $p < 0.05$ were considered statistically significant.

RESULTS

Root Lengths of *A. sativum* Treated with Different Concentrations of SD and ED Dishwasher detergents

This study investigated the effects of different concentrations (2, 4, and 8 g/L) of SD and ED dishwasher detergents on garlic root-tip length. The experiment was conducted in triplicate for each group, and average root lengths were measured. The results are shown in Table 2 and Table 3.

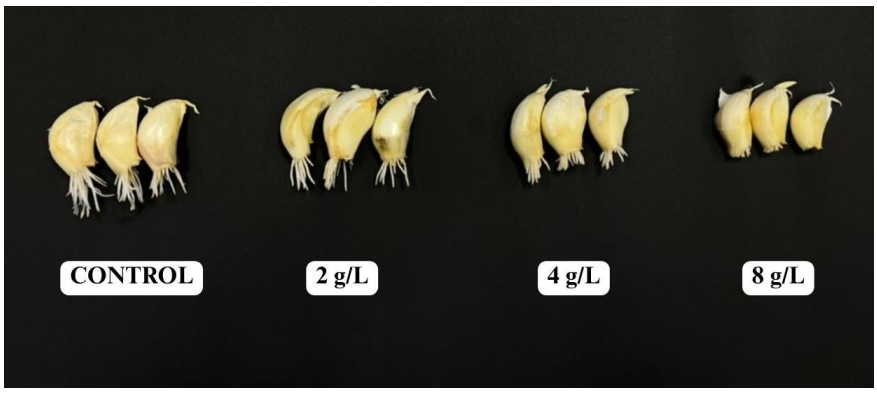


Figure 1. Effect of increasing concentrations of SD dishwasher detergent on the root length of *A. sativum*

Table 2. Results of root lengths following the application of SD dishwasher detergent to *A. sativum*

SD Concentration (g/L)	Average Root Length (cm) ± Standard Deviation	P- value
Control	1.38±0,47	-
2	1.16±0,20	0.339
4	0.67±0,04	0.011*
8	0.20±0,09	0.001*

Statistically significant differences compared to the control at the p <0.05 level are indicated by *.

Table 2 shows that the average root length of *A. sativum* decreased with increasing concentrations of SD dishwasher detergent. Results of the one-way ANOVA indicated a statistically significant difference between the groups. SD dishwasher detergent concentrations of 4 g/L and 8 g/L significantly reduced root length compared with the control group (p <0.05). No significant difference was found between the 2 g/L SD dishwasher detergent concentration group and the control group. Increasing the concentration generally resulted in a decrease in root length. Compared to the control group, a 16% inhibition in root length was observed at a concentration of 2 g/L of SD dishwasher detergent. When the concentration was increased to 4 g/L, this inhibition reached 51%, and at the highest dose of 8 g/L, it reached 86%.

Figure 2. Effect of increasing concentrations of ED dishwasher detergent on the root length of *A. sativum*

Table 3. Results of root length following the application of ED dishwasher detergent to *A. sativum*

ED Concentration (g/L)	Average Root Length (cm) ± Standard Deviation	P- value
Control	0.87±0,26	-
2	0.56±0,20	0.059
4	0.52±0,12	0.038*
8	0.20±0,05	0.002*

Statistically significant differences compared to the control at the p <0.05 level are indicated by *.

Table 3 shows that the average root length of *A. sativum* decreased with increasing concentrations of ED dishwasher detergent. According to the results of the one-way ANOVA test, a statistically significant difference was found between the groups. ED dishwasher detergent concentrations of 4 g/L and 8 g/L significantly reduced root length compared to the control group (p <0.05). No significant difference was found between the 2 g/L ED dishwasher detergent concentration and the control group. Increasing the concentration generally resulted in a decrease in root length. Compared to the control group, a 36% inhibition in root length was observed at an ED dishwasher detergent concentration of 2 g/L. When the ED dishwasher detergent concentration was increased to 4 g/L, this inhibition reached 40%, and at the highest dose of 8 g/L, it reached 77%.

Cytological analysis results

Table 4. Results of applying SD dishwasher detergent concentration to *A. sativum*

	Number of Dividing Cells			
SD (g/L)	Prophase	Metaphase	Anaphase	Telophase
Control	53	13	17	15
2	33	7	12	5
4	20	4	8	4

Table 5. Results of applying ED dishwasher detergent concentration to *A. sativum*

	Number of Dividing Cells			
ED (g/L)	Prophase	Metaphase	Anaphase	Telophase
Control	49	4	8	13
2	29	4	9	10
4	31	4	4	3

The effect of SD and ED dishwasher detergents on the mitotic index of *A. sativum*

Table 6. The effect of SD dishwasher detergent on the mitotic index of *A. sativum*

SD (g/L)	Mitotic Index (%) ± Standard Deviation
Control	19,63±1,15
2	11,38±0,22*
4	7,14±0,27*

Statistically significant differences compared to the control at the $p < 0.05$ level are indicated by *.

Table 7. The effect of ED dishwasher detergent on the mitotic index of *A. sativum*

ED (g/L)	Mitotic Index (%) ± Standard Deviation
Control	13,14±0,30
2	9,84±0,41*
4	8,28±0,31*

Statistically significant differences compared to the control at the $p < 0.05$ level are indicated by *.

The differences in the mitotic indices of the control groups are due to the fact that the experimental setups were established at different times. In SD dishwasher detergent the mitotic index was 19.63%, 11.38%, and 7.14% in the control and at 2 g/L and 4 g/L concentrations, respectively. At 8 g/L, only early prophase stages showing chromosomal abnormalities were observed. Therefore, the 8 g/L SD dishwasher detergent concentration was excluded from the statistical analysis. It was found to have a significantly higher mitotic index than the control and the 2 g/L and 4 g/L SD dishwasher detergent concentrations. The results are shown in Table 6.
For the ED dishwasher detergent, the mitotic index was 13.14%, 9.84%, and 8.28% in the control, 2 g/L, and 4 g/L concentrations, respectively. At a concentration of 8 g/L, as with the SD dishwasher detergent, only early prophase cells with chromosomal abnormalities were observed.

Therefore, the 8 g/L ED dishwasher detergent concentration was not included in the statistical analysis. The control group exhibited a significantly higher mitotic index than those observed at the 2 g/L and 4 g/L ED dishwasher detergent concentrations. The results are presented in Table 7. Compared to the control group, a 42% decrease in the mitotic index was observed at an SD dishwasher detergent concentration of 2 g/L. When the SD dishwasher detergent concentration was increased to 4 g/L, a 64% decrease in the mitotic index was observed compared to the control group. At an ED dishwasher detergent concentration of 2 g/L, a 25% decrease in the mitotic index was observed compared to the control group. When the ED dishwasher detergent concentration was increased to 4 g/L, a 37% decrease in the mitotic index was observed compared to the control group.

CONCLUSIONS AND DISCUSSION

In our study, we also observed a decrease in root length for both standard and eco-friendly dishwasher detergents at concentrations of 4 g/L and 8 g/L, compared with the control group. Upon examining the root growth inhibition data, it was determined that the toxicity gradient of the standard dishwasher detergent in response to increasing doses was higher than that of the eco-friendly dishwasher detergent. Although standart dishwasher detergent reduced root length by a smaller percentage at a concentration of 2 g/L, it caused more growth defects compared to eco-friendly dishwasher detergent at high exposure doses such as 4 and 8 g/L.

It has been observed that the mitotic index decreases as the concentration increases in both standard and eco-friendly dishwasher detergents. Various chromosomal abnormalities such as chromosomal bridge and pole shift in anaphase, pole shift and chromosome adhesion in metaphase, irregular prophase and pole shift in telophase have been observed at both standart and eco-friendly dishwasher detergent concentrations.

It was found that the cytotoxic inhibition observed in the mitotic index, which was associated with increasing concentrations, was more limited in the groups treated with the eco-friendly dishwasher detergent compared to those treated with the standard detergent. Bellani et al. (1991) demonstrated that synthetic surfactants can cause a reduction in root length, a decrease in the mitotic index, and the emergence of high levels of chromosomal aberrations. Statistical analyses revealed that the eco-friendly dishwasher detergent has lower toxicity compared to standard dishwasher detergent. Surfactants produced from sugar-based and naturally occurring renewable materials can serve as alternatives to synthetic surfactants due to their advantageous properties, such as being environmentally friendly, biodegradable, and non-toxic. (Mańko & Zdziennicka, 2015). This study has demonstrated that the use of eco-friendly detergents can be a critical choice for protecting plant flora, particularly in discharge areas with high levels of chemical accumulation, and for reducing anthropogenic pressure on the ecosystem. However, at the highest concentration of 8 g/L, similar effects were observed in both the standard and eco-friendly dishwasher detergents. Our findings indicate that even eco-friendly formulations can pose a phytotoxic risk similar to that of standard detergents at high concentrations. Therefore, to protect aquatic ecosystems and agricultural productivity, the environmental discharge levels and usage intensities of these products must be carefully monitored.

In conclusion, this study has demonstrated that eco-friendly dishwasher detergents exhibit lower toxicity than standard dishwasher detergents at certain concentrations. It is recommended that future studies investigate this effect in greater detail by using different concentrations and conducting analyses at the molecular level.

REFERENCES

Bellani, L. M., Rinallo, C., & Bennici, A. (1991). Cyto-morphological alterations in *Allium* roots induced by surfactants. *Environmental and Experimental Botany*, *31*(2), 179–185. https://doi.org/10.1016/0098-8472(91)90068-Y

Bilen, S., & Kaya, L. O. (2018). Deterjan çözeltilerinin tarım topraklarının bazı özellikleri üzerine etkileri. *Artvin Çoruh Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, *19*(1), 55–65. https://doi.org/10.17474/artvinofd.382295

Chatterjee, J., & Majumder, A. L. (2010). Salt-induced abnormalities on root tip mitotic cells of *Allium cepa*: prevention by inositol pretreatment. *Protoplasma*, *245*(1), 165-172. https://doi.org/10.1007/s00709-010-0170-4

Dikilitas, S., Tütünoglu, B., Aksoy, Ö., & Rind, N. A. (2018). The Cytotoxic Effects of Benzoic Acid and Coumarin on *Allium cepa* var. cepa. *Journal of Functional and Environmental Botany, 8*, 1-6. https://doi.org/10.5958/2231-1750.2018.00001.X

Effendi, I., Nedi, S., Ellizal, Nursyirwani, Feliatra, Fikar, Tanjung, Pakpahan, R., & Pratama. (2017). Detergent Disposal into Our Environmentand Its Impact on Marine Microbes. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 97*, 012030. https://doi.org/10.1088/1755-1315/97/1/012030

Fiskesjö, G. (1985). The Allium test as a standard in environmental monitoring. *Hereditas, 102*(1), 99–112. https://doi.org/10.1111/j.1601-5223.1985.tb00471.x

Heidari, H. (2013). Effect of Irrigation with Contaminated Water by Cloth Detergent on Seed Germination Traits and Early Growth of Sunflower (*Helianthus annuus* L.). *Notulae Scientia Biologicae*, *5*(1), 86–89. https://doi.org/10.15835/nsb519003

Jahan, K., Balzer, S., & Mosto, P. (2008). Toxicity of nonionic surfactants. *WIT Transactions on Ecology and the Environment, 110*, 281-290. https://doi.org/10.2495/ETOX080301

Khan, R. A. (2022). Detergents. In *Environmental Micropollutants* (pp. 117–130). Elsevier. https://doi.org/10.1016/B978-0-323-90555-8.00014-3

Kogawa, A. C., Cernic, B. G., Do Couto, L. G. D., & Salgado, H. R. N. (2017). Synthetic detergents: 100 years of history. *Saudi Pharmaceutical Journal*, *25*(6), 934–938. https://doi.org/10.1016/j.jsps.2017.02.006

Linke, D. (2009). Chapter 34 Detergents: An Overview. In R. R. Burgess & M. P. Deutscher (Eds.), *Guide to Protein Purification, 2nd Edition* (Vol. 463, pp. 603–617). Academic Press. https://doi.org/10.1016/S0076-6879(09)63034-2

Mańko, D., & Zdziennicka, A. (2015). Sugar-based surfactants as alternative to synthetic ones. *Annales UMCS, Chemia*, *70*(1). https://doi.org/10.1515/umcschem-2015-0012

Onisan, E., Sarac, I., Petolescu, C., Horablaga, M. N., Mate, C., Simina, A., Camen, D., Ganea, M., Ardelean, D. R., Cãlugar, L., Petrescu, I., & Ștef, R. (2025). Application of the *Allium* Test in Toxicity Studies of Lead and Copper: A Cytological Perspective. *Applied Sciences*, *15*(3), 1491. https://doi.org/10.3390/app15031491

SEZER, D. (2024). *Bazı tablet deterjanların Pisum sativum L. üzerindeki sitotoksik etkileri* (Publication No. 895090) [Master's thesis, Kocaeli University]. YÖK National Thesis Center.

Siwayanan, P., Bakar, N. A., Aziz, R., & Chelliapan, S. (2015). Exploring Malaysian Household Consumers Acceptance towards Eco-friendly Laundry Detergent Powders. *Asian Social Science, 11*(9), p125. https://doi.org/10.5539/ass.v11n9p125

Yılmaz, S., Ünal, F., Aksoy, H., Yüzbaşıoğlu, D., & Çelik, M. (2008). Cytogenetic effects of citric acid and benzoic acid on *allium* chromosomes. *Fresenius Environmental Bulletin, 17*(8).

MODELING AND MAPPING THE POTENTIAL SPATIAL DISTRIBUTION OF *ORIGANUM MAJORANA* L. (MARJORAM)

MERCANKÖŞK (ORIGANUM MAJORANA L.) TÜRÜNÜN MEKANSAL DAĞILIMININ TAHMİNİ VE HARİTALANMASI

Asst. Prof. Alican ÇIVĞA
Isparta University of Applied Science, Sütçüler Prof. Dr. Hasan Gürbüz Vocational School, Department of Forest Engineering, Isparta, Türkiye.
ORCID: 0000-0003-4975-8878

Res. Asst. Nazlı ÖĞÜT
Isparta University of Applied Sciences, Faculty of Forestry, Department of Forest Engineering, Isparta, Türkiye
ORCID: 0009-0003-8375-3808

ABSTRACT

This study aims to determine the potential distribution areas of *Origanum majorana* L., an important non-wood forest product, in the Kumluca district of Antalya Province, and to identify the main environmental variables influencing its distribution**.** The Maximum Entropy (MaxEnt) model was applied using species occurrence data and environmental variables. During the modeling process, Pearson correlation analysis was conducted to prevent multicollinearity, and variables that did not contribute to the model were excluded. According to the model results, the mean test AUC value was calculated as 0.846, indicating that the model performance was at a "good" level. The variables contributing most to the species distribution were, in order, annual precipitation (bio12, 42.5%), mean diurnal temperature range (bio2, 21%), parent material (17.1%), annual mean temperature (bio1, 12.8%), radiation index (5.1%), and topographic position index (1.5%). Marginal response curves revealed that the species exhibited higher habitat suitability in areas with annual precipitation between 650–870 mm, a mean diurnal temperature range of 11–12 °C, and an annual mean temperature of 8 °C or higher, particularly on limestone parent material, in regions with prolonged solar radiation, and in flat or gently sloping terrains. In conclusion, climatic and topographic variables play a decisive role in the distribution of *O. majorana*, and the species is particularly sensitive to specific temperature and precipitation regimes as well as calcareous soils. The findings provide a scientific basis for the sustainable management and conservation planning of the species.

Keywords: Maxent, non-wood forest products, *Origanum majorana*, site factors, species distribution modelling

ÖZET

Bu çalışmada, odun dışı orman ürünleri arasında önemli bir yere sahip olan *Origanum majorana* L. türünün Antalya ili Kumluca ilçesindeki potansiyel dağılım alanlarının belirlenmesi ve türün dağılımını etkileyen başlıca çevresel değişkenlerin ortaya konulması amaçlanmıştır. Türün varlık verileri ile çevresel değişkenler kullanılarak Maksimum Entropi (Maxent) modeli uygulanmıştır. Modelleme sürecinde çoklu bağlantı problemini önlemek amacıyla Pearson korelasyon analizi yapılmış ve modele katkı sağlamayan değişkenler elenmiştir. Elde edilen modele göre ortalama test AUC değeri 0,846 olarak hesaplanmış olup model performansının "iyi" düzeyde olduğu belirlenmiştir. Türün dağılımına en fazla katkıyı sağlayan değişkenler sırasıyla yıllık yağış (bio12, %42,5), günlük sıcaklık farklarının aylık ortalaması (bio2, %21), anakaya türü (%17,1), yıllık ortalama sıcaklık (bio1, %12,8), radyasyon indeksi (%5,1) ve topografik pozisyon indeksi (%1,5) olmuştur. Marjinal cevaplandırıcı eğriler, türün yıllık yağışın 650–870 mm, günlük sıcaklık farklarının 11–12 °C, yıllık ortalama sıcaklığın 8 °C ve üzeri olduğu, kireçtaşı anakaya üzerinde, güneşlenme süresinin uzun olduğu ve düz ile düze yakın az eğimli alanlarda daha yüksek habitat uygunluğu gösterdiğini ortaya koymuştur. Sonuç olarak, O. majorana türünün dağılımında iklimsel ve topoğrafik değişkenlerin belirleyici rol oynadığı, türün özellikle belirli sıcaklık ve yağış rejimleri ile kireçli topraklara duyarlı olduğu anlaşılmıştır. Elde edilen bulgular, türün sürdürülebilir yönetimi ve korunmasına yönelik planlamalara bilimsel temel oluşturmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Maxent, odun dışı orman ürnleri, *Origanum majorana,* yetişme ortamı faktörleri, tür dağılım modellemesi

INTRODUCTION

Forest ecosystems are multifunctional natural resource systems that extend beyond the production of timber, playing a critical role in societal well-being and sustainable development. These ecosystems directly contribute to local economies and rural livelihoods by providing a wide range of non-wood forest products (NWFPs), including food, medicinal raw materials, fuel, fiber, and resin (Asfaw et al., 2013; Lovrić et al., 2020). NWFPs not only provide food and renewable materials but also deliver cultural ecosystem services, supporting the preservation of traditions and local identities, and offering significant potential for employment and income generation, particularly in rural areas (Weiss et al., 2020; Leakey et al., 2021). According to FAO (2022), at least 3.5 billion people worldwide make widespread use of NWFPs, while in Europe, the annual economic value of these products collected from nature is estimated at €23.3 billion (Lovrić et al., 2020). This highlights the strategic importance of NWFPs in forestry and rural development, despite the lack of specific policy frameworks or financial support mechanisms targeting these products (Sacchelli et al., 2021). Indeed, in the Mediterranean region, the economic returns from certain non-wood forest products, such as mushrooms, truffles, and pine nuts, often exceed those of timber production (Sánchez-González et al., 2007; Palahí et al., 2009). The ecosystem services and economic contributions provided by forest ecosystems further underscore the importance of their conservation. However, the sustainability of these benefits is under serious threat due to global pressures affecting these ecosystems.

Habitat degradation and fragmentation, the spread of invasive species, overexploitation of resources, and rapidly increasing human populations are among the primary drivers of global biodiversity loss and species extinction (Barnosky et al., 2011). In addition, global climate change is occurring at an unprecedented rate, with average temperatures having increased by approximately 0.85 °C over the past century. It is projected that this increase will reach at least 0.3–1.7 °C and up to 2.6–4.8 °C by 2100 (IPCC, 2013). These changes have profound impacts on ecosystems and are expected to place approximately one-fifth of plant species at risk of extinction (Brummitt & Bachman, 2010). The threats are not only relevant to primary forest products but also apply to NWFPs. Among the important NWFPs in Türkiye, the genus *Origanum*, which ranks highly in export statistics, is also known to be affected by these threats (Doğan et al., 2024; Jaouani et al., 2025). Therefore, *Origanum* represents one of the key NWFP groups whose sustainability is of considerable importance.

Approximately 75% of the species belonging to the genus *Origanum*, which is the focus of this study, are distributed within the Mediterranean Basin, particularly in the Eastern Mediterranean region, including Türkiye. In Türkiye, these species are naturally distributed mainly in Thrace, Western Anatolia, and Southern Anatolia (Temel & Tokur, 2014; Davis, 1982). In the flora of Türkiye, 23 species and 32 taxa of the genus Origanum have been identified, of which approximately 65.2% are endemic (Başer, 1993). Among these, *Origanum majorana* L., which is the focus of this study, has been reported to have been used throughout history in the treatment of various conditions, including the common cold, allergies, fever, influenza, hypertension, respiratory tract infections, diabetes, menstrual pain, uterine disorders, stomachache, cough, rheumatism, headache, and insomnia (Bouyahya et al., 2021).

In line with the considerations, it is important not only to conserve the current populations of *O. majorana* L., but also to predict the future status of the species in response to the threats outlined above. In this context, models that aim to predict the potential distribution of species provide valuable tools for assessing the possible impacts of climate change and habitat loss.

Currently, various statistical models are used to predict the spatial distribution of plant species (Adhikari et al., 2012; Şentürk, 2024). Among these, the Maximum Entropy (MaxEnt) model stands out due to its ability to utilize only species presence data along with environmental variables, providing a significant advantage (Phillips et al., 2004; Elith et al., 2011). Moreover, it is widely preferred in species distribution studies due to its ability to analyses both continuous and categorical variables and to incorporate interactions among variables into the model (Phillips & Dudík, 2008; Çıvğa et al., 2024; Tekeş et al., 2025; Öğüt & Kurdoğlu, 2025). This study aims to provide a scientific basis for conservation measures and propagation strategies by determining the potential distribution of *O. majorana* L., thereby addressing the risks faced by the species.

MATERIALS AND METHODS

Study Area

The study area is the Kumluca district of Antalya Province. Kumluca is located in the Western Mediterranean region, in the western part of the Gulf of Antalya, and is a district of Antalya situated on the Teke Peninsula (Figure 1). The town center of Kumluca lies at an elevation of approximately 3 meters above sea level. Kumluca is bordered by the Mediterranean Sea to the south, Finike to the west, and Elmalı to the northwest.

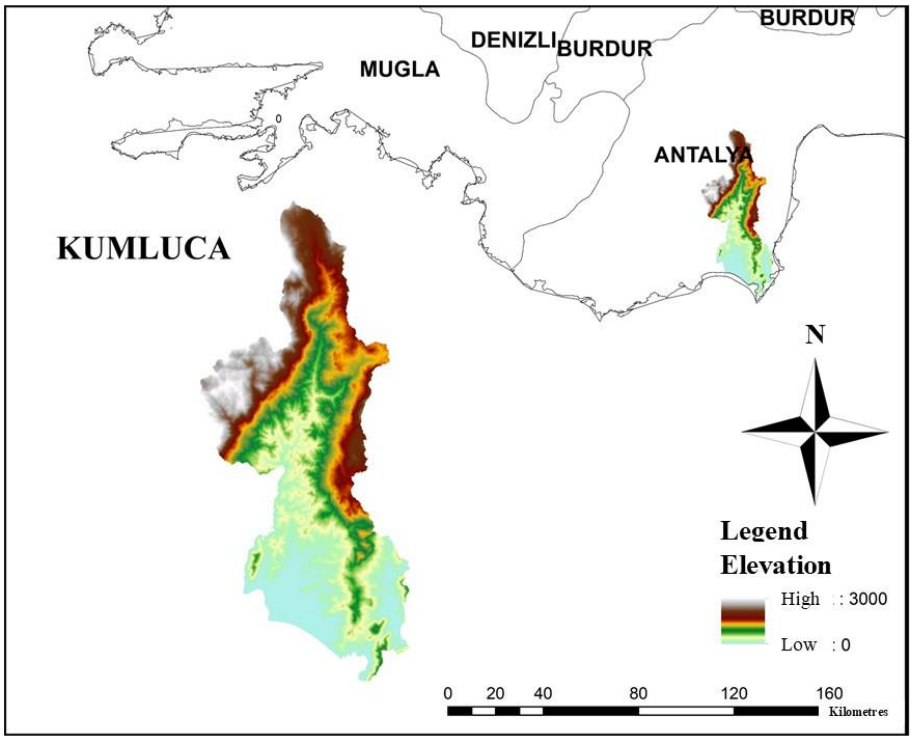


Figure 1. Location map of the study area

As the study area is located within the Mediterranean climate zone, winters are mild and rainy, while summers are hot and dry. Precipitation is almost absent during the summer months. Based on the average monthly total precipitation, December has the highest rainfall (271.7 mm), whereas July has the lowest (4.0 mm). The diurnal temperature range is relatively low. According to meteorological data, the highest average temperature is observed in August (34.9 °C), while the lowest average temperature occurs in January (5.9 °C). The average temperature during the vegetation period is approximately 21 °C (MGM, 2025). The dominant forest tree species in the study area is Turkish red pine (*Pinus brutia* Ten.). Other commonly distributed tree species in Kumluca include Taurus cedar (*Cedrus libani* A. Rich), as well as species of *Quercus*, *Juniperus*, and *Cupressus*. As the vegetation of the region is predominantly maquis, species such as *Ceratonia siliqua*, *Arbutus andrachne*, *Myrtus communis*, *Cornus mas*, *Pistacia terebinthus*, *Crataegus* sp., *Cistus* sp., *Phillyrea latifolia*, *Rhus coriaria*, *Cotinus coggygria*, *Laurus nobilis*, and *Nerium oleander* are also widely distributed in the area (Nacakcı & Dutkuner, 2018).

Preparation of Environmental Variables

The bioclimatic variables used in the study were downloaded from WorldClim version 2.1 (www.worldclim.org/data/worldclim21.html). As a topographic variable, elevation data were first downloaded from the USGS database (www.earthexplorer.usgs.gov). Subsequently, slope, aspect, roughness, ruggedness, hillshade, and topographic position index maps were generated from the elevation data using ArcMap software. In addition, layers for temperature index and radiation index were generated based on formulas reported in the literature. Finally, a parent material map was created using data obtained from the General Directorate of Mineral Research and Exploration (https://www.mta.gov.tr/en/).

Variable Selection and Statistical Analysis

In this stage, Pearson correlation analysis was first conducted to examine the level of correlation among the environmental variables. The main purpose of this analysis was to prevent multicollinearity issues that may arise during the modeling process. If not addressed, such issues can lead to erroneous evaluations of the effects of independent variables on the dependent variable (Alin, 2010) and may result in misleading reliability and validity of the models. Therefore, based on the results of the Pearson correlation analysis, some of the variables showing high correlation (Pearson's $R \geq 0.80$) with each other were excluded. Following the selection of variables, the modeling and mapping process for *O. majorana* was carried out using the Maximum Entropy (MaxEnt) method.

RESULTS

The results of the Pearson correlation analysis conducted to eliminate potential multicollinearity among the environmental variables are presented in Figure 2.

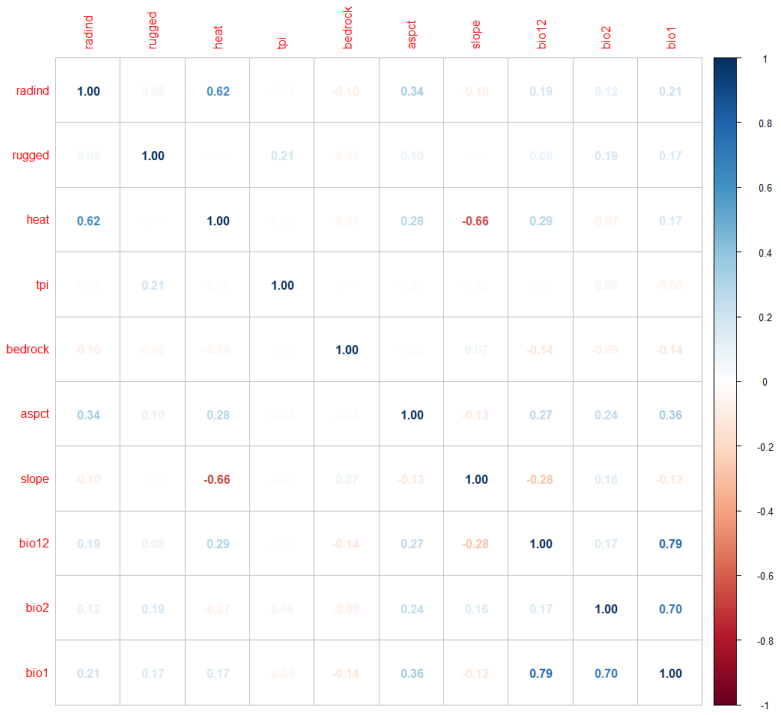


Figure 2. Results of the Pearson correlation analysis

After eliminating variables with high correlation and determining the variables presented in Figure 2, the modeling phase was carried out using the MaxEnt software. At this stage, each analysis was run with 10 replicates within MaxEnt. The results indicated that some variables did not contribute to the model. These variables were subsequently removed, and repeated analyses were conducted to obtain the final models representing the potential distribution of the species. The variables included in the final model and their contribution rates are presented in Table 1.

Table 1. Environmental variable codes contributing to the model and their percentage contributions

Variable code	Description	Percentage contributions
bio12	Annual Precipitation (mm)	42.5
bio2	Mean Diurnal Range (°C)	21
bedrock	Bedrock	17.1
bio1	Annual Mean Temperature (°C)	12.8
radind	Radiation index	5.1
tpi	Topographic position index	1.5

As shown in Table 1, the variables constituting the model, ranked by their contribution rates, were bio12, bio2, parent material, bio1, radiation index, and topographic position index. Based on the average of the repeated analyses, the omission curve and the ROC curve (together with the AUC value), derived according to the cumulative threshold, are presented in Figures 3 and 4.

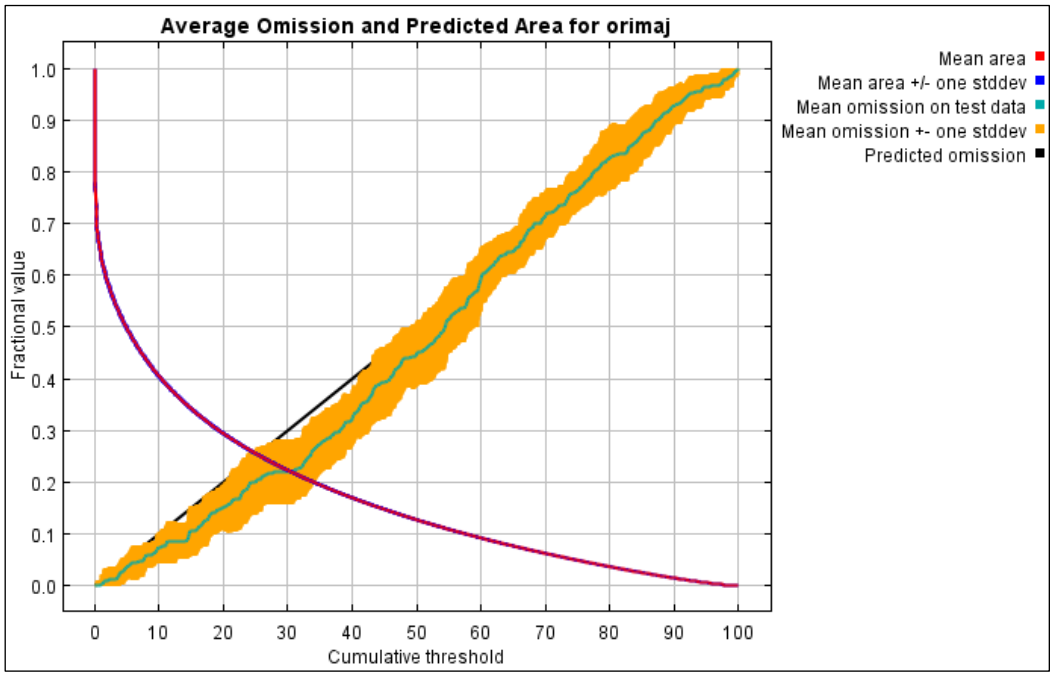


Figure 3. Omission curve of the model developed for the target species

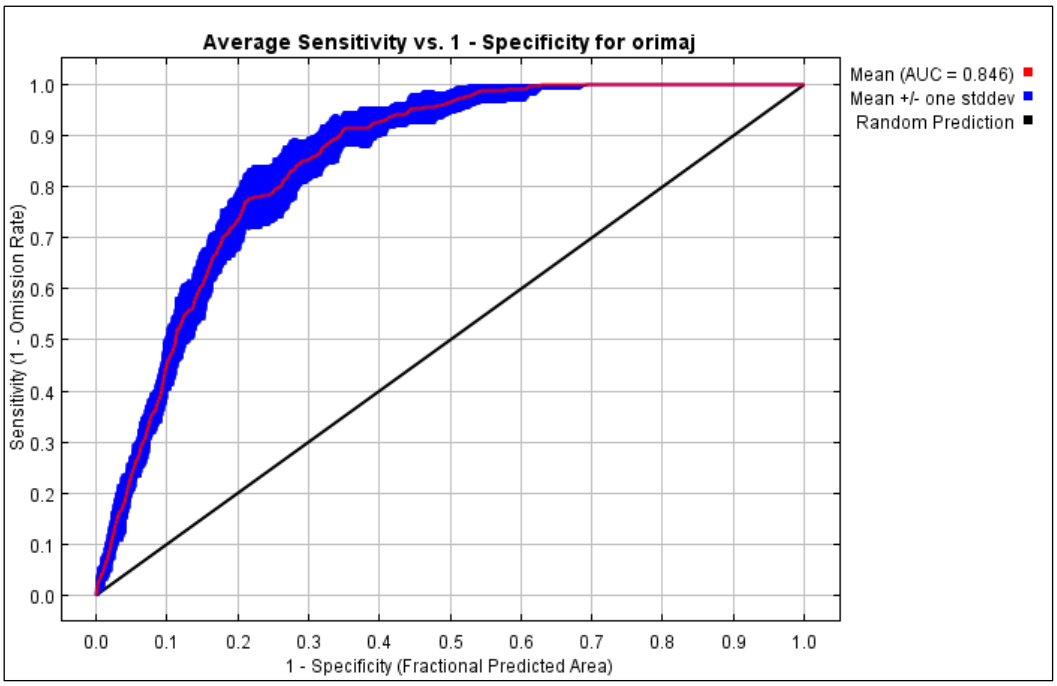


Figure 4. ROC curve and AUC value of the model developed for the target species

As shown in Figure 4, the mean test AUC value of the model is 0.846, with a standard deviation of 0.016. The marginal response curves of the variables contributing to the model are presented in Figure 5.

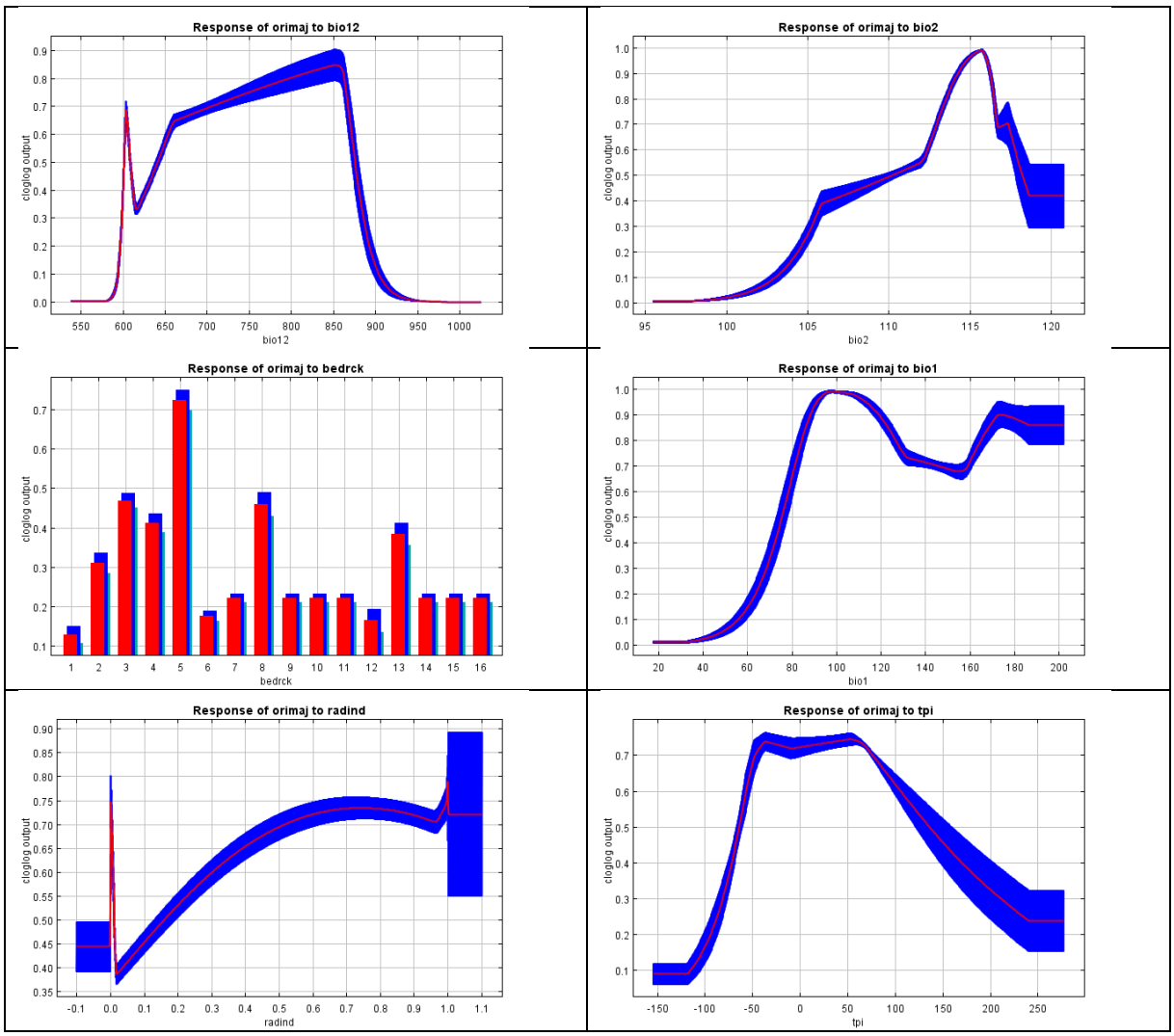


Figure 5. Marginal response curves of the variables contributing to the model

Interpretation of the response curves indicates that the potential distribution areas of the species within the study area are characterized by annual precipitation (bio12) ranging between 650–870 mm, a mean diurnal temperature range (bio2) of 11–12 °C, limestone as the dominant parent material, an annual mean temperature (bio1) of 8 °C or higher, extended daily solar radiation periods (radind), and flat or gently sloping terrains in terms of topographic position. The map showing the potential distribution areas within the study area is presented in Figure 6.

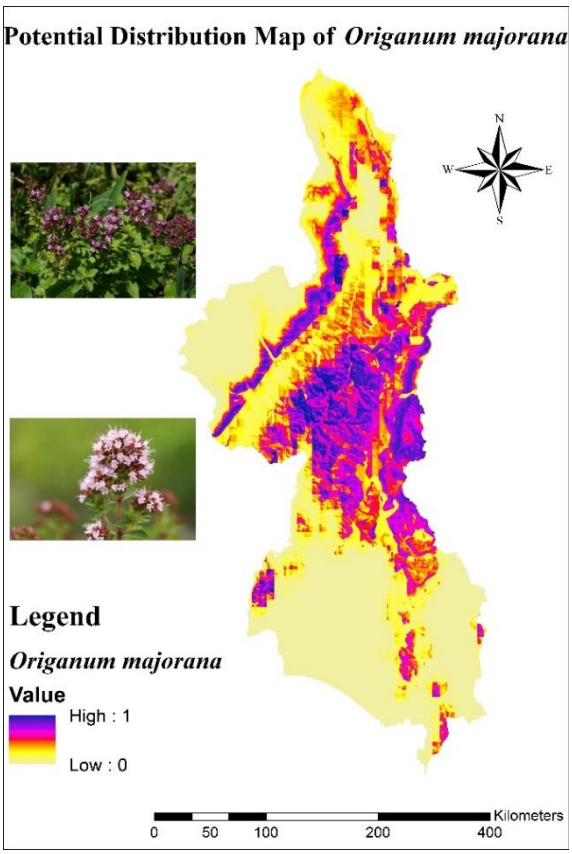


Figure 6. Potential distribution map of O. majorana

Figure 6 shows the regions within the study area where the potential distribution areas for the target species are located.

DISCUSSION

In this study, the potential distribution of *Origanum majorana* L. was determined using the MaxEnt model, and the main environmental variables affecting its distribution were identified. The mean AUC value of the model was calculated as 0.846, which indicates a "good" level of model performance according to the classification proposed by Swets (1988).

According to the model results, among the variables affecting the distribution of the species, annual precipitation (bio12) was identified as the most influential factor. It was observed that values between 650–870 mm for the bio12 variable provide the most suitable conditions for the species. This finding is consistent with the climatic characteristics of the Mediterranean climate zone in the study area (Şensoy et al., 2008). When the bioclimatic variables bio1 and bio2 are evaluated together, it was determined that areas with an annual mean temperature (bio1) of 8 °C or higher and a mean diurnal temperature range (bio2) of approximately 11–12 °C provide higher habitat suitability for the species. This finding is consistent with the typical characteristics of the Mediterranean climate prevailing in the study area and indicates that the species prefers habitats with moderate temperature conditions and intermediate levels of diurnal temperature variability (MGM, 2025). Indeed, the high daytime temperatures and relatively lower nighttime temperatures during the summer months in the region result in moderate diurnal temperature differences. This finding suggests that O. majorana prefers balanced microclimatic conditions rather than environments with extremely low or high temperature fluctuations.

In terms of topographic variables, it was determined that areas with limestone parent material provide higher habitat suitability for *O. majorana*. This finding reveals the species' preference for calcareous soils and is consistent with the habitat preferences reported in the literature (Temel & Tokur, 2013). According to the radiation index (radind), which represents daily solar radiation duration, areas with longer solar exposure were found to provide higher habitat suitability for the species.

This finding is consistent with studies indicating that solar radiation duration and intensity are lower at northern latitudes and higher at southern latitudes in Türkiye (Şensoy et al., 2008; KŞM, 2008). Finally, an examination of the results related to the topographic position index (TPI) indicated that flat and gently sloping areas provide higher habitat suitability for *O. majorana*. This suggests that the species prefers areas with low topographic variability rather than highly rugged and heterogeneous terrains. Indeed, this finding is consistent with the literature indicating that *O. majorana* is generally distributed in areas close to sea level (Temel & Tokur, 2013). Moreover, the distribution of the species within the 0–500 m elevation range further supports its preference for low-lying and gently sloping areas.

CONCLUSION

This study determined the potential distribution of Origanum majorana L., revealing its ecological requirements and identifying the key climatic and topographic variables shaping its distribution. The findings indicate that the species is particularly sensitive to specific temperature and precipitation regimes, calcareous soils, and suitable topographic conditions, and tends to concentrate in habitats that meet these requirements. This highlights the necessity of conserving areas with high habitat suitability for the sustainable management of this species, which holds significant importance among non-wood forest products. Furthermore, considering global climate change and increasing anthropogenic pressures, the future distribution of the species is likely to be subject to change. Therefore, the conservation of potential distribution areas, monitoring of suitable habitats, and the development of strategies for the propagation of the species are of great importance. In this context, the findings of this study are expected to provide a scientific basis for decision-makers in the sustainable use of non-wood forest products and the development of forestry policies.

REFERENCES

Adhikari, D., Barik, S. K., & Upadhaya, K. (2012). Habitat distribution modelling for reintroduction of Ilex khasiana Purk., a critically endangered tree species of northeastern India. *Ecological Engineering*, *40*, 37-43.

Alin, A. (2010). Multicollinearity. *Wiley interdisciplinary reviews: computational statistics*, *2*(3), 370-374.

Asfaw, A., Lemenih, M., Kassa, H., & Ewnetu, Z. (2013). Importance, determinants and gender dimensions of forest income in eastern highlands of Ethiopia: The case of communities around Jelo Afromontane Forest. *Forest Policy and Economics*, *28*, 1-7.

Barnosky, A. D., Matzke, N., Tomiya, S., Wogan, G. O., Swartz, B., Quental, T. B., ... & Ferrer, E. A. (2011). Has the Earth's sixth mass extinction already arrived?. *Nature*, *471*(7336), 51-57.Başer, K.H.C., 1993. Essential Oils of Anatolian Labiatae Acta Horticulture; 333: 217-238.

Bouyahya, A., Chamkhi, I., Benali, T., Guaouguaou, F. E., Balahbib, A., El Omari, N., ... & El Menyiy, N. (2021). Traditional use, phytochemistry, toxicology, and pharmacology of Origanum majorana L. *Journal of ethnopharmacology*, 265, 113318.

Brummitt, N., & Bachman, S. (2010). Plants under pressure a global assessment. The first report of the IUCN Sampled Red List Index for Plants. Royal Botanic Gardens, Kew.

Çıvğa, A., Gülsoy, S., & Şentürk, Ö. (2024). Modelling of potential distribution of some non-wood forest products. *Šumarski list*, 148(9-10).

Davis, P.H., 1982. Flora of Turkey and the East Aegean Islands., Vol.7, Edinburgh University Press, Edinburg (1982).

Doğan, T. G., Eroğlu, E., & Karataş, M. (2024). Temperature effects on the morphologıcal development of orıganum vulgare. In Sustainable Approaches in Architecture and Urban Design, pp 203-212, Livre de Lyo.

Elith, J., Phillips, S. J., Hastie, T., Dudík, M., Chee, Y. E., & Yates, C. J. (2011). A statistical explanation of MaxEnt for ecologists. *Diversity and distributions*, *17*(1), 43-57.

FAO (2022) The State of the World's Forests 2022. Forest pathways for green recovery and building inclusive, resilient and sustainable economies. Rome, FAO.

IPCC, 2013. Climate change 2013: the physical science basis. In: Stocker, T.F., Qin,D., Plattner, G.K., Tignor, M., Allen, S.K., Boschung, J., Nauels, A., Xia, Y., Bex, V.,Midgley, P.M. (Eds.), Contribution of Working Group I to the Fifth AssessmentReport of the Intergovernmental Panel

on Climate Change. CambridgeUniversity Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY USA, p. 1535.

Jaouani, M., Boubekraoui, H., Abdelilah, G., Saidi, R., & Maouni, A. (2025). Ecological niche differentiation and climate change response of Origanum elongatum and Origanum compactum in northern Morocco. *Ecological Engineering & Environmental Technology (EEET)*, *26*(10).

KŞM, (2008). Klimatoloji Şube Müdürlüğü, Türkiye İklim Atlası, Ankara.

Leakey, R. R., Mabhaudhi, T., & Gurib-Fakim, A. (2021). African lives matter: Wild food plants matter for livelihoods, justice, and the environment—A policy brief for agricultural reform and new crops. *Sustainability*, *13*(13), 7252.

Lovrić, M., Da Re, R., Vidale, E., Prokofieva, I., Wong, J., Pettenella, D., ... & Mavsar, R. (2020). Non-wood forest products in Europe–A quantitative overview. *Forest Policy and Economics*, *116*, 102175.

MGM, 2025. Meteoroloji Genel Müdürlüğü, Türkiye. https://www.mgm.gov.tr/veridegerlendirme/il-ve-ilceler-istatistik.aspx?k=H&m=ANTALYA , Accessed: 09.03.2026

Nacakcı, F. M., & Dutkuner, İ. (2018). A study of ethnobotany in Kumluca (Antalya). *Turkish Journal of Forestry*, 19(2), 113-119.

Öğüt, N., & Kurdoğlu, O. (2025). Species distribution models and sustainable forest management, *Anatolian Journal of Forest Research*, *11*(2), 470-479. https://doi.org/10.53516/ajfr.1732342

Palahí, M., Pukkala, T., Bonet, J. A., Colinas, C., Fischer, C. R., & Martinez de Aragon, J. R. (2009). Effect of the inclusion of mushroom values on the optimal management of even-aged pine stands of Catalonia. *Forest Science*, *55*(6), 503-511.

Phillips, S. J., & Dudík, M. (2008). Modeling of species distributions with Maxent: new extensions and a comprehensive evaluation. *Ecography*, *31*(2), 161-175.

Phillips, S.J., Miroslav, D., Schapire, R.E., 2004. Maxent Software for Species Distribution Modeling.

Sacchelli S, Borghi C, Fratini R, Bernetti I (2021) Assessment and valorization of Non-Wood Forest Products in Europe: a quantitative literature review. Sustainability 13(6):3533.

Sánchez-González, M., Calama, R., Cañellas, I., & Montero, G. (2007). Management oriented growth models for multifunctional Mediterranean Forests: the case of Cork Oak (Quercus suber L.). In *EFI proceedings* (Vol. 56, pp. 71-84).

Sensoy, S., Demircan, M., Ulupınar, U., & Balta, I. (2008). Türkiye iklimi. *Turkish State Meteorological Service (DMİ), Ankara*.

Swets, K.A. (1988). Measuring the accuracy of diagnostic systems. Science, 240, 1285–1293.

Şentürk, Ö. (2024). Niche based distribution modelling and mapping of Brutian pine in the Gölhisar district. *Šumarski list*, *148*(11-12), 541-553.

Tekeş, A., Özdemir, S., Aykurt, C., Gülsoy, S., & Özkan, K. (2025). Species distribution modeling of red hawthorn (*Crataegus monogyna* Jacq.) in response to climate change. *Šumarski list*, *149*(5-6).

Temel, M., & Tokur, S. (2013). Anatomical, morphological and ecological studies on *Origanum onites* and *O. majorana* (Lamiaceae). *Biological Diversity and Conservation*, *6*, 123-133.

Weiss, G., Emery, M. R., Corradini, G., & Živojinović, I. (2020). New values of non-wood forest products. *Forests*, *11*(2), 165.

MASS EXTINCTION

Sezer ÇELİK
Fırat University, Faculty of Engineering, Department of Geological Engineering, Elazığ, Turkey. Firat University, Institute of Science, Department of Geological Engineering
ORCID ID: 0009-0002-2220-1041

Abstract
This study titled Mass Extinction was prepared as a master's seminar within the scope of the master's degree program conducted at the Department of Geological Engineering, Institute of Science, Fırat University. This study is a literature review.
Mass extinction refers to the sudden disappearance of organism groups, not a gradual, slow decline or extinction over time.
Studies have shown that our planet, which is 4,6 billion years old, experienced five major mass extinctions at the end of the Ordovician, the end of the Devonian, the end of the Permian, the end of the Triassic, and the end of the Cretaceous.
Organisms experience biological stress and become extinct when they encounter an ecological factor to which they cannot adapt. Factors that cause this stress, and thus mass extinction, are identified as food chain disruption, climate change, O_2/CO_2 imbalance, regression, transgression, volcanism, meteor event, increased trace element concentrations, cosmic radiation, galactic events, and changes in the Earth's magnetic field. The causes of extinctions are debated, and as more research is conducted on this topic, it will be possible to reach clearer conclusions.
Keywords: Mass extinction, biological stress, climate change, geological events, geological history.

A COMPARATIVE CONTENT ANALYSIS OF THE VISUAL COMMUNICATION PERFORMANCE OF SUSTAINABILITY CERTIFICATIONS IN THE TEXTILE INDUSTRY THROUGH GLOBAL BRANDS

TEKSTİL SEKTÖRÜNDE SÜRDÜRÜLEBİLİRLİK SERTİFİKALARININ GÖRSEL İLETİŞİM PERFORMANSININ KÜRESEL MARKALAR ÜZERİNDEN KARŞILAŞTIRMALI İÇERİK ANALİZİ

Asst. Prof. Dr. Şeyma Büşra GÜNCÜ
Istanbul Beykent University, Vocational School, Textile Technology Department, Istanbul, Turkey,
ORCID: ID/0000-0002-7267-0658

ABSTRACT

The global textile industry is undergoing a complex and multi-layered certification and data management process that spans from raw material selection to final product labeling, in line with sustainability goals. However, there is a significant lack of transparency and clarity in conveying technical data such as raw material composition, chemical limit values (RSL), life cycle assessments (LCA), and water footprint to the end consumer. This study aims to analyze, using a qualitative approach, how technical parameters such as material content and traceability form a data structure according to market segments, and to assess the functional role of these data in their transmission to the end user via certification symbols, as well as to measure the effectiveness of sustainability communication. Within the scope of the research, product groups selected from brands representing technical performance-focused (Patagonia), ethical luxury-focused (Stella McCartney), and mass market-focused (H&M) segments were examined using the case study method. In the methodological process, the certification inventory held by the selected brands was documented based on their corporate sustainability statements. The implications of this data across different product groups were examined: for raw material-focused product groups, fiber purity and agricultural standards were analyzed, while for product groups with complex material compositions, component-based certification scopes were examined; the obtained data were compared through a systemic perspective representing an integrated, verified data chain extending from raw material sourcing to the consumer decision-making process. As a result of the analyses conducted on brand claims and product groups, it was determined that, regardless of the structural complexity of the examined products, certification and logo information which serve as a documented summary of sustainability performance constitute the most concrete reference point presented to the consumer. In conclusion, the study demonstrates that certifications serve as a strategic tool that goes beyond merely creating a theoretical chain of verification, transforming complex technical data into a decisive and rational selection criterion for consumers. The research findings emphasize the importance of transparent disclosure strategies and symbolic visualization, highlighting the necessity of presenting verified data in a standardized manner aligned with consumer perception to minimize the risk of greenwashing and ensure the sustainability of trust in the eyes of consumers.

Keywords: Sustainability, Green Washing, Traceability, Visual Communication

ÖZET

Küresel tekstil endüstrisi, sürdürülebilirlik hedefleri doğrultusunda hammadde seçiminden nihai ürün etiketlemesine kadar uzanan, karmaşık ve çok katmanlı bir sertifikasyon ve veri yönetimi sürecinden geçmektedir. Ancak hammadde içeriği, kimyasal limit değerler (RSL), yaşam döngüsü analizleri (LCA) ve su ayak izi gibi teknik verilerin son tüketiciye aktarılmasında ciddi bir şeffaflık ve anlaşılırlık problemi yaşanmaktadır. Bu çalışma, materyal içeriği ve izlenebilirlik gibi teknik parametrelerin pazar segmentlerine göre nasıl bir veri yapısı oluşturduğunu ve bu verilerin sertifikasyon sembolleri aracılığıyla son kullanıcıya aktarımındaki fonksiyonel rolünü kalitatif bir yaklaşımla analiz etmeyi ve sürdürülebilirlik iletişiminin etkinliğini ölçmeyi amaçlamaktadır. Araştırma kapsamında, teknik performans odaklı (Patagonia), etik lüks odaklı (Stella McCartney) ve kitlesel pazar odaklı (H&M) segmentlerini temsil eden markalardan seçilen ürün grupları, vaka analizi yöntemiyle incelenmiştir. Metodolojik süreçte, seçilen markaların kurumsal sürdürülebilirlik beyanları üzerinden sahip oldukları sertifikasyon envanteri dökümante edilmiştir. Bu verilerin farklı ürün gruplarındaki yansımaları, hammadde odaklı ürün gruplarında lif saflığı ve tarımsal standartlar analiz edilirken, malzeme kompozisyonu karmaşık olan ürün gruplarında ise bileşen bazlı sertifika kapsamları incelenmiştir.

Elde edilen veriler hammadde tedariğinden tüketici karar mekanizmasına uzanan entegre bir doğrulanmış veri zincirini ifade eden sistemsel bir perspektifle karşılaştırılmıştır. Marka beyanları ve ürün grupları üzerinde yapılan incelemeler sonucunda, incelenen ürünlerin yapısal karmaşıklığından bağımsız olarak, sürdürülebilirlik performansının dökümante edilmiş bir özeti niteliğindeki sertifika ve logo bilgilerinin, tüketiciye sunulan en somut referans noktası olduğu saptanmıştır. Sonuç olarak çalışma, sertifikasyonların sadece teorik bir doğrulama zinciri oluşturmanın ötesinde, karmaşık teknik verileri tüketici için belirleyici ve rasyonel bir seçim kriterine dönüştüren stratejik bir araç olduğunu ortaya koymaktadır. Araştırma bulguları, şeffaf beyan stratejilerinin ve sembolik görselleştirmenin önemini vurgulamakta, yeşil aklama riskinin minimizasyonu ve tüketici nezdinde algılanan güvenin kalıcı kılınması için doğrulanmış verilerin tüketici algısına uygun şekilde standardize edilerek sunulmasının gerekliliğine dikkat çekmektedir.
Anahtar Kelimeler: Sürdürülebilirlik, Yeşil Aklama, İzlenebilirlik, Görsel İletişim

GİRİŞ

Küresel tekstil ekosistemi, doğrusal üretim modellerinden, döngüsel ekonomi yaklaşımlarına geçiş sürecinde, sürdürülebilirlik iddialarının şeffaf ve ölçülebilir bir zemine oturtulması noktasında kritik bir eşiktedir. Sektördeki sürdürülebilirlik performansı, yaşam döngüsü analizi (LCA), karbon ayak izi ve su tüketimi gibi çok yönlü mühendislik verileri ile uluslararası sertifikasyon standartları üzerinden tanımlanmaktadır. Son yıllarda tekstil endüstrisi, sürdürülebilir süreçlere ve pazarlamaya önemli miktarda kaynak yatırımı yapmıştır. Ancak tüketiciler arasında, çevrimiçi olarak satın alınan tekstil ürünleri perakendeciliğinde sürdürülebilirlik iletişiminin güvenilirliği konusunda bir takım belirsizlikler devam etmektedir (Behre & Cauberghe 2025).

Tekstil endüstrisinde sürdürülebilirlik, sadece bir ürün etiketi veya yüzeysel bir sembolik gösterge olmanın ötesinde, kurumsal kimliğin yapısal bir bileşeni ve operasyonel süreçlerin bütünleşik bir çıktısıdır. Bir ürün üzerindeki yeşil veya doğal ürün içerikli logolardan ziyade, markanın hammadde tedarikinden yaşam döngüsü analizine kadar uzanan perde arkasındaki teknik eylemlerine dayanan stratejik bir taahhüdü temsil etmektedir. Bu çerçeveden bakıldığında sürdürülebilirlik, markanın yerel ve küresel pazarlarda kabul görmesini sağlayan, rekabet avantajını uzun vadeli bir perspektifte koruyan ve mühendislik verileriyle temellendirilmiş güvenilir bir kimlik inşası sunan temel bir parametre olarak tanımlanmaktadır (Ahiwale & Kaushik 2024). Sürdürülebilirliği, gelecek nesillerin kendi ihtiyaçlarını karşılama yeteneğinden ödün vermeden, bugünün ihtiyaçlarını karşılama kapasitesi olarak tanımlayan 1987 tarihli Brundtland Raporu'nun yayınlanmasından bu yana, sürdürülebilir kalkınma giderek insan çevresi ve doğa arasında bir denge kurmaya odaklanmıştır (Garofalo vd. 2025).

Ekonomik verimlilik ile çevresel etki arasındaki hassas dengenin korunması, günümüz tekstil ve hazır giyim işletmeleri için ürün geliştirme stratejilerinde vazgeçilmez bir perspektif haline gelmiştir. Çevresel sürdürülebilirlik, artık yalnızca bir kurumsal sorumluluk değil, operasyonel kararların merkezinde yer alan stratejik bir parametredir. Ancak, tekstil değer zincirinin hammadde tedariğinden son tüketime kadar uzanan çok katmanlı yapısı ve bu süreçlerin barındırdığı teknik karmaşıklık, ürünlerin çevresel performansının bilimsel ve objektif bir şekilde değerlendirilmesini oldukça güçleştirmektedir. Bu durum, sektörde sürdürülebilirlik iddialarının doğrulanabilir mühendislik verileriyle temellendirilmesi ihtiyacını her zamankinden daha kritik bir noktaya taşımaktadır (Luo vd. 2021). Tüketici odaklı bir yaklaşımla, sürdürülebilirlik iletişimi, bireyleri sorumlu tüketim modellerine yönlendiren stratejik bir araç olarak tanımlanmaktadır (Morris vd., 2021). Özellikle tekstil endüstrisinin teknik süreçlerine dair bilgi eksikliğini gidermeyi hedefleyen sertifikasyon uygulamaları, karmaşık mühendislik verilerini tüketici için anlamlı ve güvenilir sinyallere dönüştürerek bilinçli satın alma tercihlerini mümkün kılan en etkili pazarlama stratejileri arasında yer almaktadır.

Tekstil endüstrisinin yüksek çevresel maliyeti ve geçmişteki etik dışı pratikleri, günümüzde sürdürülebilirlik iletişiminin önündeki en büyük engel olan tüketici şüpheciliğini beslemektedir (Niinimäki vd., 2020) Tüketiciler, markaların sunduğu sürdürülebilirlik iddialarının samimiyetini sorgularken, bu durum markaya duyulan güvenin erozyonuna ve sunulan ürünlerin gerçekliğinin değerlendirilememesine yol açmaktadır (Kim ve Oh, 2020). Özellikle çevrimiçi olarak yapılan tekstil ürünlerinin e-ticaretinde, ürünün fiziksel olarak deneyimlenememesi, dijital mecralardaki yeşil pazarlama iddialarını daha kırılgan ve şüpheye açık bir hale getirmektedir (Houf vd., 2024; SanMiguel vd., 2021). Bu hassasiyet, sürdürülebilirlik verilerinin sadece metinsel değil, tüketicinin güvenini tesis

edecek şeffaf ve doğrulanabilir görsel iletişim stratejileriyle desteklenmesini zorunlu kılmaktadır. Tekstil endüstrisinin küresel çevresel maliyetlerine dair artan bilimsel literatür, sektör paydaşlarını yalnızca üretim süreçlerini teknik olarak iyileştirmeye değil, aynı zamanda bu iyileştirmeleri şeffaf bir iletişim stratejisiyle sunmaya zorlamaktadır. Ancak sürdürülebilir tekstil iletişimi, endüstrinin yüksek karbon ayak izi ve geçmişteki etik dışı uygulamaları nedeniyle tüketici nezdinde genellikle derin bir şüphecilik ve güven kriziyle karşılanmaktadır. Tasarım odaklı görsel iletişim stratejileri ile somut mühendislik verileri arasındaki bu senkronizasyon kaybı, sürdürülebilirliğin bir etiketin ötesine geçmesi idealini zayıflatmakta ve tüketicideki şeffaflık algısını manipüle etmektedir. Bu çalışma, küresel tekstil markalarının sertifikasyon süreçlerini görselleştirme performanslarını içerik analizi yöntemiyle inceleyerek, tekstil odaklı sürdürülebilirlik iddialarının sembolik bir etiketin ötesine geçerek kurumsal kimliğin yapısal bir bileşeni haline gelmesi gerektiğini savunmakta ve teknik verinin doğru bir görsel dil ile bütünleşmesinin sektörel güven endeksi üzerindeki belirleyici rolünü tartışmaya açmaktadır.

ARAŞTIRMA VE BULGULAR

Tekstil endüstrisinin çevresel ve sosyal etkilerinin küresel ölçekte sorgulandığı günümüzde, markaların sürdürülebilirlik iddiaları tüketici güvenini belirleyen en temel unsurlardan biri haline gelmiştir. Bu çalışma, sürdürülebilirlik iddialarını Sertifikasyon, Şeffaflık ve Görsel İletişim stratejileri üzerinden denetlemek amacıyla, tekstil pazarının üç farklı segmentini temsil eden Patagonia, Stella McCartney ve H&M markalarını inceleme kapsamına almıştır. Bu üç markanın seçilme nedeni, sürdürülebilirlik spektrumunun farklı uçlarını temsil etmeleridir. Araştırma kapsamında incelenen markaların sürdürülebilirlik performansları, hammadde tedariğinden son ürüne kadar olan süreçteki teknik yeterlilikleri, bağımsız denetim mekanizmaları ve dijital şeffaflık düzeyleri üzerinden analiz edilmiştir. Bu bölümde yapılan incelemeler, markaların resmi web siteleri, 2025/2026 yılı sürdürülebilirlik raporları ve halka açık tedarik zinciri haritaları üzerinden alınan anlık verilerle desteklenmiştir. Bu anlamda, örneklem grubunun seçim gerekçeleri ve temel karakteristikleri Tablo 1'de sunulmuştur (Patagonia, 2026; Stella McCartney, 2026; H&M, 2026).

Marka	Segment	Sürdürülebilirlik Yaklaşımı
Patagonia	Outdoor / Performans	Dayanıklılık, onarım kültürü ve radikal tedarik zinciri şeffaflık politikası sunması ve sürdürülebilirlik uygulamalarını pazarlama stratejisi olarak değil, şirket politikası olarak benimseyen markalardan olduğu için seçilmiştir.
Stella McCartney	Lüks Moda	Sürdürülebilirliğin lüks moda estetiği ve materyal inovasyonuyla (biyoteknolojik deri, hayvan refahı orman dostu viskon vb.) nasıl bütünleştiğini analiz etmek amacıyla seçilmiştir.
H&M	Hızlı Moda	Büyük ölçekli geri dönüşüm programları ve döngüsel moda ekonomisine geçiş iddiaları, yeşil aklama risklerinin ve karmaşık sürdürülebilirlik iletişiminin incelenmesi için kritik bir örnektir.

Tablo 1: İncelenen Markaların Seçim Kriterleri ve Sektörel Pozisyonları

Tablo 1'de sunulan marka seçimleri, tekstil endüstrisinin mevcut karmaşık yapısını üç temel boyutta analiz etmek üzere tasarlanmıştır. Bu analizde temel alınan teknik metrikler şunlardır:

- **Sertifikasyon Derinliği:** Patagonia'nın sunduğu üçüncü taraf teknik onaylar (bluesign®, GOTS vb.), markanın iddialarını doğrulanabilir veri statüsüne taşımaktadır.
- **Materyal İnovasyonu ve Ar-Ge:** Stella McCartney incelemesinde, hayvansal kaynaklı materyallerin (deri/kürk) yerine ikame edilen laboratuvar ortamında geliştirilmiş biyoteknolojik liflerin (Mylo, Koba vb.) performans ve estetik dengesini ölçümlemeyi hedeflemektedir.
- **Ölçeklenebilirlik ve Sistem Dönüşümü:** H&M örneği, sürdürülebilirliğin sadece lüks pazarlarda değil, milyonlarca adetlik üretim hacmine sahip hızlı moda segmentinde uygulanabilirliğini ve bu süreçteki şeffaflık bariyerlerini tartışmaya açmaktadır.

Teknik performans odaklı pazar segmentini temsil eden Patagonia markasına ait sertifikalar incelendiğinde, markanın görsel iletişim stratejisini işlevsel doğrulama ve izlenebilirlik üzerine kurduğu saptanmıştır. Özellikle hammadde odaklı ürün gruplarında (örneğin fonksiyonel tekstil yüzeyleri) lif saflığını korumak adına GOTS ve RWS gibi tarımsal ve hayvansal refah standartlarının yoğun olarak belgelendiği görülmektedir. Karmaşık malzeme kompozisyonuna sahip ürün gruplarında ise bileşen bazlı sertifikasyon mekanizmaları devreye girmekte ve teknik parametreler sembolik göstergelerle (örneğin Fair Trade logosuyla) tüketiciye aktarılmaktadır. Markanın görsel iletişim performansı, estetik kaygılardan ziyade, teknik verilerin şeffaflığını ve rasyonel güven zincirini doğrudan tüketiciye aktarma üzerine kuruludur. Markanın pazar segmenti doğrultusunda bünyesinde barındırdığı ve ürün grupları bazında sahip olduğu detaylı sürdürülebilirlik sertifika matrisi Tablo 2'de verilmiştir.

Etik lüks pazar segmentinin öncülerinden Stella McCartney markasının sertifikasyon yapısı, estetik ve tasarım odaklı bir görsel iletişimin arkasında, oldukça katı teknik sınırların (RSL/kimyasal limit değerler ve hayvansal girdi karşıtlığı) yer aldığını göstermektedir. Tablo verilerinden anlaşıldığı üzere marka, karmaşık malzeme kompozisyonlarına (örneğin kompozit katmanlı lüks aksesuarlar) sahip ürün gruplarında bile, bileşen bazlı sertifika kapsamlarını (GRS, FSC vb.) belgelemektedir. Ancak, markanın tüketici ara yüzündeki görsel iletişim performansı, teknik verileri sembolik logolarla değil, kurumsal hikâye anlatımı ve minimalist etiket tasarımları üzerinden yürütülmektedir. Bu durum, kompleks teknik verilerin lüks segment algısını zedelemeden tüketici karar mekanizmasına nasıl entegre edilebileceğine dair sistemsel bir perspektif sunmaktadır. Lüks pazar segmenti ekseninde incelenen markanın portföyündeki detaylı sürdürülebilirlik sertifika matrisi Tablo 3'te sunulmuştur.

Kitlesel pazar segmentini temsil eden H&M markasına ait ürün gruplarının analizi, yüksek hacimli üretim ve heterojen ürün çeşitliliği nedeniyle çok çeşitli sertifika tablolarından birini oluşturmaktadır. Markanın kurumsal beyanlarında (BCI, OEKO-TEX vb.) küresel standartlar yer almaktadır. Ancak, kitlesel pazarda, bu teknik verilerin son tüketiciye aktarılmasında şeffaflık ve anlaşılırlık bariyeri gözlemlenmektedir. Hammadde odaklı ürünlerde lif saflığı beyanları ön plana çıksa da, karışık malzemelerde sertifika kapsamlarının etiket üzerinde sembolik olarak görselleştirilmesi, yeşil aklama riskini azaltmada yetersiz kalabilmektedir. H&M'in veri envanteri zengin olsa da, bu verilerin standardize edilmesi ve rasyonel güven noktasında sistemsel bir optimizasyon ihtiyacı bulunmaktadır. Markanın ürün gruplarında beyan ettiği sürdürülebilirlik sertifika matrisi Tablo 4'te gösterilmiştir.

Elde edilen tablo verileri (Tablo 2.,3. ve 4) karşılaştırıldığında, markaların sürdürülebilirlik sertifikalarının genişliği ile bu verileri son tüketiciye görsel iletişim performansları aktarma biçimleri ile arasında pazar segmentine göre farklılık olduğu saptanmıştır. Patagonia, belgelediği teknik ve izlenebilirlik verilerini (GOTS, RWS, Fair Trade) doğrudan etiket verilerine yansıtarak işlevsel ve rasyonel bir görsel iletişim performansı sergilerken, Stella McCartney benzer şekilde sahip olduğu sertifikasyon envanterine (GRS, FSC) rağmen, verileri lüks segment algısını zedelemeden kurumsal hikâye anlatımı ve minimalist sembolizm üzerinden aktarmaktadır. H&M ise, sertifikalarını tüketici ara yüzüne aktarırken ürün odaklı ve değişken bir strateji izlemektedir. Belirli koleksiyonlarda logolara doğrudan yer verilerek yüksek bir görsel iletişim sergilenirken, tüm ürünlerde sembolik sürekliliğin sağlanamadığı görülmektedir. Bu durum, kitlesel pazarda şeffaf beyan stratejilerinin yetersiz kaldığına ve rasyonel güven için sistemsel bir optimizasyon ihtiyacına işaret etmektedir. Sistemsel bir perspektifle, ürün karmaşıklığı arttıkça lif saflığından bileşen bazlı sertifikasyona geçiş zorunlu hale gelmekte, bu teknik doğrulama zincirinin rasyonel bir seçim kriterine dönüşmesi ise markaların etiket

tasarımlarındaki şeffaf ve sembolik görselleştirme başarısına dayanmaktadır (Patagonia, 2026; Stella McCartney, 2026; H&M, 2026).

Sertifika Adı	Sertifika Kaynağı (Kuruluş)	Kapsam ve Teknik	Patagonia Durumu (2026)
bluesign®	Bluesign Technologies AG (İsviçre)	Kimyasal yönetimi, su ve enerji verimliliğine yönelik sertifikadır.	Marka portföyünün %40'ından fazlası bu mührü taşımaktadır.
Fair Trade Certified™	Fair Trade USA / Fairtrade International	Üretim aşamasında, Uluslararası Çalışma Örgütü (ILO) standartları ile uyumlu adil ücretlendirme, iş sağlığı ve güvenliği (İSG) protokollerinin operasyonel düzeyde doğrulanmasıdır.	Ürün hattının %90'ından fazlası Fair Trade sertifikalı fabrikalarda üretilmektedir.
RCS **GRS**	Textile Exchange	Geri dönüştürülmüş içerik doğrulaması (izlenebilirlik) sertifikasıdır.	Sentetik kumaşların %90'ından fazlası (polyester, naylon) bu standarttadır.
GOTS **OCS**	Global Standard / Textile Exchange	Ekolojik tarım yöntemleriyle üretilen doğal elyafın, hasattan nihai mamule kadar tüm terbiye ve konfeksiyon aşamalarında toksikolojik ve çevresel kriterlere uygunluğunun sertifikasyonudur.	1996'dan beri kullanılan tüm pamuklar %100 organiktir.
Regenerative Organic Certified® Programs **ROC™ (Regenerative Organic)**	Regenerative Organic Alliance	Organik tarım standartları, biyolojik çeşitliliğin korunması ve hayvan refahına yönelik ileri düzey etik kriterlerin entegrasyonudur.	2,000'den fazla çiftçi ile yürütülen en ileri düzey pamuk programıdır.
RWS **RDS**	Textile Exchange	Yün ve kuş tüyü tedarikinde, arazi yönetimi pratikleri ile hayvanların özgürlük ilkelerinin korunmasına yönelik şeffaf ve denetlenebilir izleme sistemidir.	Yün ve kuş tüylerinin %100'ü bu standartlarla izlenebilir durumdadır.

Tablo 2: Patagonia Sürdürülebilirlik Sertifikasyon Matrisi

Sertifika / Standart Adı	Sertifika Kaynağı (Kuruluş)	Kapsam ve Teknik	Stella McCartney Durumu (2026)
FSC® Certified Viscose	Forest Stewardship Council	Orman yönetimi ve selülozik liflerin (viskon) sürdürülebilirliğini denetleyen sertifikadır.	2017'den beri kullanılan tüm viskonların %100'ü Forest Stewardship Council sertifikalıdır.
GOTS OCS	Global Standard / Textile Exchange	Organik pamuk ve üretim süreçlerinin ekolojik denetimini sağlayan sertifikalardır.	Pamuklu ürün gruplarının büyük çoğunluğu bu standartlara tabidir.
Cruelty-Free (PETA Approved)	PETA	Hayvansal ürünlerin (deri, kürk, tüy) kullanılmamasıdır.	Markanın DNA'sıdır. Aksesuar, ayakkabı ve sentetik/bitkisel tabanlı giyim ürünleri için kullanılmaktadır.
Cradle to Cradle Certified®	C2C Products Innovation Institute	Döngüsel ekonomi, malzeme sağlığı ve yenilenebilir enerji kullanımına yönelik sertifikadır.	Bazı "Core" koleksiyon ürünleri (Örn: Denim) bu standarda sahiptir.
RWS (Responsible Wool)	Textile Exchange	Koyun refahı ve arazi yönetimi standartıdır.	Yünlü örme ve dokuma koleksiyonları için kullanılmaktadır.
VEGAN Society Brand	The Vegan Society	Hayvansal bileşen içermeyen ürünlerin doğrulanmasına yöneliktir.	Aksesuar ve ayakkabı gruplarında (Falabella vb.) temel standarttır.

Tablo 3: Stella McCartney Sürdürülebilirlik Sertifikasyon Matrisi

Sertifika / Standart Adı	Sertifika Kaynağı	Kapsam ve Teknik	H&M Durumu (2026)
BCI (Better Cotton)	Better Cotton Initiative	Pamuk üretiminde su, gübre ve zirai ilaç kullanımının optimizasyonu denetlemektedir.	Kullanılan pamuğun %100'ü (BCI, Organik veya Geri Dönüştürülmüş) kaynaklıdır.
RCS GRS	Textile Exchange	Geri dönüştürülmüş izlenebilirlik sertifikalarıdır.	2030 hedefi olan %100 geri dönüştürülmüş materyal vizyonunun temel taşıdır.
Higg Index (Higg FEM/FSLM)	Cascale	Tesis bazlı çevresel ve sosyal performans ölçümü yapmaktadır.	H&M, tedarikçilerini bu endeks üzerinden puanlayan dünyadaki en büyük markadır.
Oeko-Tex® Standard 100	Oeko-Tex Association	Ham, yarı bitmiş ve bitmiş tekstil ürün ve aksesuarları için standartlaştırılmış, sertifikasyon sistemidir.	Bebek ve çocuk kıyafetleri başta olmak üzere ürünlerin güvenliğini kanıtlamaktadır.
LWG (Leather Working Group)	Leather Working Group	Derinin çevreye zarar vermeden, sürdürülebilir üretilmesini sağlayan küresel bir standarttır.	Kullanılan derilerin %100'ü sertifikalı tabakhanelerden tedarik edilmektedir.
Circulator™	H&M Internal Tool	Tasarım aşamasında döngüsellik (circularity) analizi sunan çevrimiçi bir yazılımdır.	Ürünlerin geri dönüştürülebilirliğini tasarım aşamasında ölçen markaya özel bir araçtır.

Tablo 4: H&M Sürdürülebilirlik Sertifikasyon Matrisi

Tablo 5'de sunulan karşılaştırmalı analiz, sürdürülebilirlik parametrelerinin pazar segmentlerine göre nasıl farklılaştığını teknik verilerle ortaya koymaktadır. Analiz sonuçlarına göre, lüks segmentte (Stella McCartney) materyal saflığı ve izlenebilirlik ön plandayken, teknik segmentte (Patagonia) fonksiyonel ömür ve geri dönüştürülmüş malzemeler, kitlesel pazarda (H&M) ise tasarım yoluyla döngüsellik ve ölçeklenebilir sertifikasyon sistemleri belirleyici olmaktadır. Kullanım alanlarının heterojenliği, sürdürülebilirliği salt bir tekstil parametresi olmaktan çıkararak sosyo-ekonomik bir sistem analizi mertebesine taşımakta ve farklı hammadde politikalarının evrensel sertifikasyonlar (GOTS, GRS, BCI) üzerinden rasyonalize edilmesine olanak tanımaktadır.

Patagonia tarafından sunulan teknik performans ve fonksiyonel sürdürülebilirlik paradigması, sürdürülebilirliği bir pazarlama unsuru değil, bir tüketici zorunluluğu olarak ele almaktadır. İncelenen TerraVia Alpine modeli üzerinden yapılan analize göre, %86 geri dönüştürülmüş naylon ve %14 elastan kullanımı, mekanik dayanım ile esneklik arasındaki dengeyi optimize ederken, florsuz (PFC-free) DWR bitim işlemleri ile çevresel toksisiteyi minimize etmektedir. Patagonia'nın stratejisi, "Worn Wear" programı ile desteklenen tamir edilebilirlik ilkesi üzerine kuruludur. Ürünün yaşam döngüsü analizinde (LCA) kullanım evresinin maksimize edilerek, birim kullanım başına düşen karbon ayak izinin en düşük seviyeye çekilmesi anlamına gelir. Marka, Fair Trade ve Bluesign sertifikasyonlarıyla tedarik zincirindeki sosyal ve kimyasal şeffaflığı birer teknik parametre olarak belgelemektedir (Patagonia, 2026).

Stella McCartney tarafından sunulan etik lüks ve biyolojik döngüsellik yaklaşımı sürdürülebilirliği materyal saflığı ve etik değerler üzerinden tanımlamaktadır. High-Rise Wide-Leg Wool pantolon örneğinde görülen %100 izlenebilir yün kullanımı, hayvansal liflerin teknolojik izlenebilirliği açısından bir standart belirlemektedir. RWS (Responsible Wool Standard) sertifikalı lifler, biyolojik döngüselliğin korunmasını sağlarken, üretimin Macaristan'daki atölyelerde gerçekleştirilmesi zanaat ve kalite odaklı bir sürdürülebilirlik modelini yansıtmaktadır. Tüketici perspektifinden bakıldığında, Stella McCartney'nin odak noktası estetik dayanıklılık ve biyobozunur hammadde seçimidir. Lüks segmentin gerektirdiği yüksek döküm ve tuşe özellikleri, sentetik katkı maddeleri yerine üst segment doğal elyaf malzeme ile çözülerek, moda endüstrisinde etik lüksün teknik olarak mümkün olabileceğini göstermektedir (Stella McCartney, 2026).

H&M tarafından sunulan kitlesel pazar ve ölçeklenebilir sürdürülebilirlik stratejisi sürdürülebilirliği milyonlarca adetlik üretim kapasitesinde ölçeklenebilirlik üzerinden kurgulamaktadır. Bol Kesim Kanvas Pantolon modelinde kullanılan %100 pamuk içeriği ve BCI (Better Cotton) desteği, endüstriyel standartların tabana yayılma çabasını simgelemektedir. H&M'in stratejisi, özellikle Jeans Redesign gibi projelerde görüldüğü üzere, ürünün yaşam sonu (End-of-Life) aşamasını kolaylaştıracak tasarım yoluyla geri dönüşüm (Design for Recycling) ilkelerine dayanmaktadır. Metal perçinlerin eliminasyonu ve Oeko-Tex Standard 100 uyumu, kitlesel üretimde kimyasal güvenliğin ve mekanik geri dönüşümün önündeki engelleri kaldırmayı hedeflemektedir. Ancak bu segmentteki temel zorluk, ürünün ekonomik ömrünün kısa olmasıdır. H&M, döngüsel ekonomiyi erişilebilir fiyat parantezinde standardize ederek, sürdürülebilir materyal kullanımını erişilebilir kılmaktadır (H&M, 2026).

Üç farklı pazar segmentinin karşılaştırılması, sürdürülebilirliğin tek tip bir kavram olmadığını açıkça ortaya koymaktadır. Patagonia'nın fonksiyonel ömür, Stella McCartney'nin etik hammadde ve H&M'in döngüsel tasarım öncelikleri, tekstil markalarının farklı problem setlerine odaklandığını göstermektedir. Fiyat-performans (P/P) analizi yapıldığında, Patagonia'nın en yüksek tüketici verimliliğini sunduğu, Stella McCartney'nin lüks marka değerini etik dökümantasyonla rasyonalize ettiği, H&M'in ise sürdürülebilirliği bir seçenek olmaktan çıkarıp bir temel standart haline getirdiği gözlemlenmiştir. Bu durum, tekstil endüstrisinde hammadde seçiminin sadece mekanik özelliklere göre değil, aynı zamanda segmentin sosyal sorumluluk ve ekonomik modeline göre şekillendiğini göstermektedir.

Çalışmada benimsenen kullanım alanı heterojenliği (teknik, lüks ve gündelik), bir kısıt olmaktan ziyade sürdürülebilirliğin sosyo-ekonomik ve teknik boyutlarını bütüncül bir düzlemde analiz etmeye olanak tanıyan metodolojik bir avantaj olarak kurgulanmıştır. Bu yaklaşım, sürdürülebilirliği salt bir tekstil parametresi olmaktan çıkararak, farklı pazar segmentlerindeki tüketici davranışları ve mühendislik çözümleri arasındaki korelasyonu dökümante etmektedir. Farklı pazar segmentlerine ait evrensel sertifikasyonların (GOTS, GRS, BCI) ortak bir analitik çerçevede sentezlenmesi, tekstil ekosistemindeki Sertifika Hiyerarşisini rasyonalize ederek sektörel dinamikleri bütüncül bir perspektifle sunmaktadır.

Teknik Parametre	Patagonia	Stella McCartney	H&M
Ürün Görseli	**TerraVia Alpine Dağ Pantolonu** *(Teknik / Performans)*	**Geniş Paça Yünlü Pantolon** (Lüks *High-End Luxury)*	**Bol Kesim Kanvas Pantolon** *(Hızlı Moda Mass Market)*
Materyal İçeriği	%86 Geri Dönüştürülmüş Naylon, %14 Elastan	%100 İzlenebilir Yün (Traceable Wool)	%100 Pamuk (Kanvas Dokuma)
Sertifikalar	Fair Trade Certified™, Bluesign®	RWS (Responsible Wool Standard)	BCI (Better Cotton), Oeko-Tex Standard 100
Boyama ve Bitim İşlemleri	PFC-Free DWR (Kalıcı su itici apre, florokarbon içermez).	Geleneksel yüksek kaliteli yün bitim işlemleri yapılmıştır.	Standart boyama, sürdürülebilirlik vurgusu yoktur.
İzlenebilirlik	Vietnam fabrikası beyanlı, sosyal uygunluk verisi sunar.	Macaristan menşeli üretim, tedarik zinciri etik denetimlidir.	Hindistan üretimi beyanı (Ürün sayfasında şeffaf paylaşım vardır)
Döngüsellik ve Ömür	**Çok Yüksek:** Aşınma direnci yüksek, ömür boyu tamir garantilidir.	**Yüksek:** Materyal kalitesi uzun süreli kullanıma uygundur.	**Düşük:** Hızlı tüketime uygun tasarım ve materyal dayanımı sunar.
Fiyat-Performans (P/P)	**Yatırım:** Fonksiyonel ömür başına maliyeti en düşüktür.	**Etik Lüks:** Fiyatın odağı marka değeri ve hayvansal lif kalitesidir.	**Erişilebilirlik:** Düşük alım maliyeti yüksek çevresel ayak izi vardır.

Tablo 5: Farklı Pazar Segmentlerinin Sürdürülebilirlik Parametreleri ve Pantolon Bazlı Karşılaştırmalı Analizi

Teknik Parametre	Patagonia	Stella McCartney	H&M
Ürün Görseli	**(Black Hole Mini MLC)**	**(Falabella)**	**(Hasır Shopper Çanta)**
Ana Gövde Malzemesi	%100 Geri Dönüştürülmüş Polyester Ripstop Kumaş	Shaggy Deer Süet Alternatifi Kumaş %100 Polyester	%100 Kağıt
Kaplama Teknolojisi	Geri Dönüştürülmüş TPU (Termoplastik Poliüretan) Laminasyon	Solvent İçermeyen PU (Poliüretan) Kaplama	Kaplamasız
Donanım	Plastik/Metal (Geri dönüştürülmüş içerik beyanlı)	Geri Dönüştürülmüş Alüminyum ve Elmas Kesim Çelik Zincir	Donanımsız
Astar	%100 Geri Dönüştürülmüş Polyester ve PU Kaplama	%70 Geri Dönüştürülmüş Naylon (Logolu Astar)	Astarsız
Teknik Sertifikalar	Bluesign®, GRS, Fair Trade Certified™	GOTS, PETA-Approved Vegan	Genel Sürdürülebilirlik Beyanı
İzlenebilirlik	Vietnam (Sosyal uygunluk ve materyal şeffaflığı)	İtalya (Butik üretim ve yüksek denetimli zincir)	Çin (Tedarikçi şeffaflık endeksi beyanlı)
Döngüsellik ve Ömür	**Maksimum:** Mekanik direnç odaklı, ömür boyu tamir garantilidir.	**Yüksek:** Zamansız tasarım, estetik ve materyal kalitesi korunumu sağlar.	**Orta:** Mevsimlik trend odaklı, düşük kullanım döngüsü sağlar.
Fiyat-Performans (P/P)	**Uzun Ömür:** Yüksek ilk maliyet, malzeme	**Lüks-Prestij:** Yüksek fiyatlandırma, rasyonel	**Kısa Ömür:** Düşük maliyetle bütçe avantajı, kısa malzeme ömrü sunar.

Teknik Parametre	Patagonia	Stella McCartney	H&M
	dayanımı ve ömür boyu tamir garantisi sunar.	F/P yerine etik marka değeri sunar.	

Tablo 6: Farklı Pazar Segmentlerinin Sürdürülebilirlik Parametreleri ve Çanta Bazlı Karşılaştırmalı Analizi

Tablo 6'da sürdürülebilirlik ve izlenebilirlik yaklaşımlarının markaların hedef kitle motivasyonlarına göre nasıl şekillendiğini bütünsel olarak karşılaştırmak amacıyla Fonksiyonel/Outdoor, Lüks ve Hızlı Moda segmentlerinden farklı malzeme yapısı ve konstrüksiyona sahip üç çanta modeli seçilerek karşılaştırılmıştır. Patagonia Black Hole Mini MLC modeli, sürdürülebilirliği yaşam ömrü optimizasyonu ve teknik performans üzerinden kurgulayan segmentin temsilcisidir. Ürünün ana gövdesinde kullanılan 300-Denier Ripstop konstrüksiyonu, aralıklarla entegre edilen yüksek mukavemetli iplikler sayesinde yırtılmanın ilerlemesini mekanik olarak engellemektedir. Dış yüzeydeki post-endüstriyel geri dönüştürülmüş TPU laminasyon kaplaması, astar kumaşı ve hatta taşıyıcı kolon şeritlerinin (%100 geri dönüştürülmüş naylon) tamamı bileşen bazlı beyan edilmiştir. Tüketici ara yüzünde sunulan Vietnam menşeili üretim verisinin Fair Trade Certified™ ve bluesign® sertifikalarıyla rasyonel bir şekilde desteklenmesi, markanın dijital izlenebilirlik haritasıyla tam bir güven inşası sağladığını göstermektedir. Geleneksel lüks modanın deri bağımlılığına karşı etik bir alternatif olarak konumlanan Stella McCartney Falabella modeli, sürdürülebilirliği değer tabanlı ve prestij odaklı bir iletişim diliyle sunmaktadır. Ana gövdede kullanılan Shaggy Deer süet alternatifi malzeme, temelde geri dönüştürülmüş polyester tabanlı ve solvent içermeyen su bazlı bir PU kaplama teknolojisidir. Ancak ürünün tüketici ara yüzündeki görsel iletişim performansı incelendiğinde, sistemsel bir optimizasyon ihtiyacı göze çarpmaktadır. Marka, ürünün dik ve tok formunu korumak amacıyla içyapıda kullandığı selülozik takviye elemanlarının FSC (Orman Yönetim Konseyi) sertifikalı olduğunu kurumsal raporlarında belirtmesine rağmen, doğrudan ürün satış sayfasında bu teknik veriyi rasyonel olarak görselleştirmemektedir. Güven algısı, laboratuvar sertifikasyonlarından ziyade PETA-Approved Vegan ve Made in Italy zanaatkârlık algısı üzerinden, yani duygusal fayda odaklı kurgulanmıştır. H&M Hasır Shopper Çanta, tüketici ara yüzünde ürün ismi Hasır (Straw) olarak konumlandırılarak doğal bitki lifi illüzyonu yaratılmakta ancak rasyonel malzeme kompozisyonu incelendiğinde ürünün %100 işlenmiş kâğıt selülozu olduğu deşifre edilmektedir. Ürünün döngüsel tasarım kriterleri (Circular Design) açısından analizi, hızlı modanın yapısal çelişkisini ortaya koymaktadır. Ürün astarsız, kaplamasız ve fonksiyonel donanımsız (fermuar, iç cep, mıknatıs vb. içermeyen) tasarlanmıştır. Bu durum teorik olarak monomateryal (tek tip malzeme) kullanımına örnek teşkil edip geri dönüşümü kolaylaştırıyor gibi görünse de, gerçekte tamamen maliyet minimizasyonu amacıyla kurgulanmıştır. Lif mukavemetinin düşüklüğü, kaplama teknolojisinin eksikliği ürünün kullanım ömrünü kısaltarak onu hızla atığa dönüştürmektedir.

SONUÇ

Bu çalışmada, tekstil endüstrisindeki sürdürülebilirlik, döngüsel tasarım ve izlenebilirlik yaklaşımları, giyim (pantolon) ve aksesuar (çanta) kategorilerinde pazarın üç temel segmentini (fonksiyonel/outdoor, lüks moda, hızlı moda) temsil eden öncü markaların güncel ürünleri üzerinden incelenmiştir. Elde edilen bulgular, endüstrideki sürdürülebilirlik iddialarının lif düzeyinden nihai ürünün görsel iletişim performansına kadar uzanan süreçte sistemsel farklılıklar ve yapısal çelişkiler barındırdığını ortaya koymaktadır. Yapılan analizler neticesinde, Patagonia ürün gruplarında sürdürülebilirliği ömür boyu dayanıklılık odağında kurguladığı, ana kumaştan astara, dikiş ipliklerinden cep astarlarına kadar tüm ürün bileşenlerinde geri dönüştürülmüş polimerleri senkronize bir şeffaflıkla ve rasyonel sertifikalarla (bluesign®, Fair Trade) beyan ettiği görülmüştür. Buna karşın Stella McCartney, ürünlerinin teknik sertifikasyonlarını (FSC vb.) ürünün doğrudan satış ara yüzünde saklı tuttuğu, tüketiciyle laboratuvar verilerinden ziyade PETA-Approved Vegan ve coğrafi güvence "Made in Italy" gibi değer tabanlı, prestij odaklı iletişim kurduğu belirlenmiştir. H&M ürünlerinde ise sürdürülebilirliği bütünsel bir malzeme dönüşümünden ziyade kitle pazarına yönelik endüstriyel standartlar ve sertifikasyonlar (BCI)

üzerinden kurguladığı, ürün adlandırmalarında ekolojik algı yaratan ifadelere yer verirken teknik içerikte daha düşük maliyetli ve işlenmiş alternatif ham maddeleri tercih ettiği tespit edilmiştir. Bu segmentteki astarsız, kaplamasız ve donanımsız yalın tasarım parametrelerinin, teoride ürünün monomateryal yapısıyla geri dönüşüm kolaylığını artırırken pratik uygulamada malzemenin fiziksel mukavemetini ve kullanım ömrünü sınırlayarak hızlı tüketim döngüsünü yapısal olarak desteklediği görülmüştür. Sonuç olarak, markaların kurumsal raporlarındaki veriler ile tüketiciye ulaşan dijital ürün sayfaları arasında optimizasyon farkı olduğunu ortaya koymaktadır. Yeşil aklama risklerinin önlenmesi ve tekstil ekosisteminde döngüsel bir ekonomiye geçiş için, sürdürülebilirlik iletişiminin pazarlama illüzyonlarından arındırılarak rasyonel bir şeffaflık standardizasyonuyla tüketiciye aktarılmasının önemli bir gereklilik olduğunu göstermektedir.

KAYNAKÇA

Ahiwale, N., & Kaushik, H. (2024). Timeless Design Embracing Sustainability Through Brand Communıcatıon Strategies: A Study Of Indian Apparel Brands. ShodhKosh: Journal of Visual and Performing Arts https://doi.org/10.29121/shodhkosh.v5.iicetda24.2024.1265

Behre, B., & Cauberghe, V. (2025). Signaling sustainability in online fashion consumption: The role of credibility induced by certification labels. Cleaner and Responsible Consumption, 17. https://doi.org/10.1016/j.clrc.2025.100287

Garofalo, C., Barale, C. G., & Parodi, L. (2025). Aesthetics and Sustainability in Textile Design. In The Barcelona Conference on Arts, Media & Culture 2024: Official Conference Proceedings (pp. 113–121). The International Academic Forum https://doi.org/10.22492/issn.2435-9475.2024.12

H&M, (2026). https://www2.hm.com/tr_tr/productpage.1222670034.html

H&M, (2026). https://www2.hm.com/tr_tr/productpage.1327905001.html

H&M, Latest Sustainability News (2026). https://hmgroup.com/sustainability/

Houf, L., Szymkowiak, A., & Shepherd, L. A. (2024). Promotion of Sustainable Products: Can Sustainability Labels Promote User Selection of Environmentally Friendly Products? Sustainability (Switzerland) , 16(13). https://doi.org/10.3390/su16135390

Kim, Y., & Oh, K. W. (2020). Effects of perceived sustainability level of sportswear product on purchase intention: Exploring the roles of perceived skepticism and perceived brand reputation. Sustainability (Switzerland), 12(20), 1–16. https://doi.org/10.3390/su12208650

Luo, Y., Song, K., Ding, X., & Wu, X. (2021, January 1). Environmental sustainability of textiles and apparel: A review of evaluation methods. Environmental Impact Assessment Review. Elsevier Inc. https://doi.org/10.1016/j.eiar.2020.106497

Morris, J., Koep, L., & Damert, M. (2020). Labels in the Textile and Fashion Industry: Communicating Sustainability to Effect Sustainable Consumption. In Sustainable Textile and Fashion Value Chains: Drivers, Concepts, Theories and Solutions (pp. 257–274). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-030-22018-1_14

Niinimäki, K., Peters, G., Dahlbo, H., Perry, P., Rissanen, T., & Gwilt, A. (2020, April 1). The environmental price of fast fashion. Nature Reviews Earth and Environment. Springer Nature. https://doi.org/10.1038/s43017-020-0039-9

Patagonia, (2026). https://www.patagonia.com/product/black-hole-mini-mlc-convertible-carry-on-backpack-30-liters/198077532941.html

Patagonia, (2026). https://www.patagonia.com/product/womens-terravia-alpine-pants-regular/82966.html?cgid=womens-bottoms

Patagonia, Environmental Impact (2026). https://www.patagonia.com/environmental-responsibility-materials/

Sanmiguel, P., Pérez-bou, S., Sádaba, T., & Mir-bernal, P. (2021). How to communicate sustainability: From the corporate web to E-commerce. the case of the fashion industry. Sustainability (Switzerland), 13(20). https://doi.org/10.3390/su132011363

Stella McCartney, (2026). https://www.stellamccartney.com/us/en/high-rise-wide-leg-wool-pants-6402063CU7032011.html

Stella McCartney, (2026). https://www.stellamccartney.com/us/en/women/the-iconic-falabella/falabella-fold-over-tote-bag-234387W93559300.html

Stella McCartney, Sustainability (2026). https://www.stellamccartney.com/us/en/sustainability/social-sustainability.html

The Vegan Society Fashion and Textiles (2026). https://www.vegansociety.com/news/media/statistics/fashion-and-textiles

THE ROLE OF SCIENTIFIC VISUALIZATION TECHNIQUES IN ENGINEERING DOCUMENTATION: SYSTEMATIC ANALYSIS OF COMPLEX TEXTILE MECHANISMS AND SAMPLE FORMS

BİLİMSEL GÖRSELLEŞTİRME TEKNİKLERİNİN MÜHENDİSLİK DÖKÜMANTASYONUNDAKİ ROLÜ: KARMAŞIK TEKSTİL MEKANİZMALARININ VE NUMUNE FORMLARININ SİSTEMATİK ANALİZİ

Asst. Prof. Dr. Şeyma Büşra GÜNCÜ
Istanbul Beykent University, Vocational School, Textile Technology Department, Istanbul, Turkey, ORCID: ID/0000-0002-7267-0658

Lect. Gamze DUMLU
Istanbul Beykent University, Vocational School, Printing and Publishing Technology Department, ORCID: ID/0000-0003-3409-4706

ABSTRACT
In engineering research, the documentation of experimental setups and sample-machine interactions is of critical importance for the accuracy and reproducibility of findings. However, traditional imaging techniques may fall short in capturing technical details at both the micro- and macro-levels due to light diffraction, visual noise, and complex machine components. This situation increases the cognitive load during the interpretation of technical data and significantly limits the effectiveness of scientific communication. This study aims to analyze the use of scientific visualization techniques in textile engineering documentation through original experimental setups and specimen formations developed during the doctoral thesis process. The primary objective of the study is to contribute to the establishment of a standardized visual language in the academic literature by reconstructing engineering data using graphic design principles. As part of this study, the raw images obtained during the experimental process were restructured through an analytical process using graphic design principles and scientific illustration techniques. In this vector-based schematic analysis process, the geometric forms of the samples within the machine, surface interactions, and critical contact points were isolated while adhering to engineering parameters and technical tolerances. With this approach, the system's functional hierarchy was highlighted while irrelevant visual details were eliminated. It was determined that the resulting scientific visualizations significantly increased data transfer speed in engineering documentation and optimized the system's comprehensibility compared to photographs. Additionally, it has been observed that technical illustrations minimize error margins in complex mechanisms and facilitate analytical interpretation. Consequently, it has been demonstrated that the integration of graphic design with engineering data serves as a strategic tool that elevates the quality of academic publications and technical communication standards.
Keywords: Scientific Visualization, Engineering Documentation, Technical Illustration

ÖZET
Mühendislik araştırmalarında, deneysel düzeneklerin ve numune-makine etkileşimlerinin dökümante edilmesi, bulguların doğruluğu ve tekrarlanabilirliği açısından kritik bir öneme sahiptir. Ancak geleneksel fotoğraflandırma tekniklerinde ışık kırılmaları, görsel gürültü ve karmaşık makine aksamları nedeniyle mikro ve makro düzeydeki teknik detayları yansıtmakta yetersiz kalabilmektedir. Bu durum, teknik verilerin yorumlanması sürecinde bilişsel yükü artırmakta ve bilimsel iletişimin etkinliğini önemli ölçüde kısıtlamaktadır. Bu çalışma, tekstil mühendisliği dökümantasyonunda bilimsel görselleştirme tekniklerinin kullanımını, doktora tezi sürecinde geliştirilen özgün deneysel düzenekler ve numune formasyonları üzerinden analiz etmeyi amaçlamaktadır. Çalışmanın temel hedefi, mühendislik verilerinin grafik tasarım prensipleriyle yeniden inşa edilerek, akademik literatürde standart bir görsel dil oluşturulmasına katkı sağlamaktır. Çalışma kapsamında, deneysel süreçte elde edilen ham görseller, grafik tasarım prensipleri ve bilimsel illüstrasyon teknikleri kullanılarak analitik bir süreçle yeniden yapılandırılmıştır. Vektörel tabanlı bu şematik analiz sürecinde, numunelerin makine içindeki geometrik formları, yüzey etkileşimleri ve kritik temas noktaları, mühendislik parametrelerine ve teknik

toleranslara sadık kalınarak izole edilmiştir. Bu yaklaşımla, sistemin fonksiyonel hiyerarşisi ön plana çıkarılarak ilgisiz görsel ayrıntılar elenmiştir.
Elde edilen bilimsel görselleştirme çıktılarının, mühendislik dökümantasyonunda veri aktarım hızını önemli ölçüde artırdığı ve sistemin anlaşılabilirliğini fotoğraflara oranla optimize ettiği tespit edilmiştir. Ayrıca, teknik illüstrasyonların karmaşık mekanizmalardaki hata paylarını minimize ettiği ve analitik yorumlamayı kolaylaştırdığı gözlemlenmiştir. Sonuç olarak, grafik tasarım disiplini ile mühendislik verilerinin entegrasyonunun, akademik yayın kalitesini ve teknik iletişim standartlarını yükselten stratejik bir araç olduğu ortaya konmuştur.
Anahtar Kelimeler: Bilimsel Görselleştirme, Mühendislik Dökümantasyonu, Teknik İllüstrasyon

GİRİŞ

İnsanlığın varoluşundan itibaren bilgi ve algının aktarılmasında görsel dil, dilsel ifadelere kıyasla her zaman öncelikli ve kalıcı bir köprü görevi üstlenmiştir. Paleolitik dönem mağara duvarlarındaki tasvirlerden Antik Mısır hiyerogliflerine kadar uzanan süreç, insanoğlunun dış dünyayı anlamlandırma ve bu anlamı somutlaştırma dürtüsünün birer göstergesidir. Günümüz modern tasarım ekosisteminde ise bu gösterme eylemi, grafik tasarımın en dinamik ve işlevsel alt disiplinlerinden biri olan *"illüstrasyon"* kavramıyla akademik ve endüstriyel bir zemine oturmaktadır. Latince kökeni itibarıyla *"aydınlatmak"* anlamına gelen illüstrasyon, yalnızca sanatsal bir ifade biçimi değil, bir anlatıyı, veriyi veya karmaşık bir mekanizmayı izleyicinin algı dünyasına en yalın, açık ve bellekte kalıcı biçimde aktarma sanatıdır. Endüstri Devrimi ve takip eden dijital çağ, teknik ve bilimsel bilginin katlanarak artmasına neden olmuş, bu durum karmaşık verilerin hızlı ve hatasız bir şekilde aktarılması zorunluluğunu doğurmuştur. Mimarlık, tıp, botanik ve mühendislik gibi disiplinlerde kullanılan *"bilimsel ve teknik illüstrasyonlar"*, estetik kaygıların ötesinde, rasyonel ve analitik bir bilgi tasarımı modeli sunmaktadır. Özellikle mikroskobik dokuların, iç içe geçmiş mekanik düzeneklerin ve katmanlı yapıların yoğun olarak yer aldığı tekstil mühendisliği literatüründe, geleneksel fotoğrafik imajlar, perspektif sapmaları, gölge kırılımları ve arka plan gürültüsü gibi unsurlar nedeniyle bilgiyi maskeleyebilmekte ve görsel bir karmaşaya yol açabilmektedir. Bu çalışma, teknik illüstrasyonun kavramsal çerçevesini, tarihsel evrimini ve standartlarını ortaya koyduktan sonra dijital ve vektörel tabanlı illüstrasyon yaklaşımlarının mühendislik dokümantasyonundaki yalın gösterim avantajlarını incelemektedir. Çalışma kapsamında, *"Soğuk Hava Etkisine Karşı Termal Konfor Sağlayan Katmansal Tekstil Yapılarının Üretilmesi"* başlıklı tez çalışmasından elde edilen veriler referans alınmıştır. Çalışmanın temel amacı, karmaşık tekstil makinelerinin, asimetrik tüy formlarının ve mikro düzeydeki kumaş numunelerinin *Adobe Illustrator* ortamında hiyerarşik çizgi kalınlıkları ve şematik indirgeme yöntemleriyle nasıl yeniden yapılandırıldığını göstermek ve böylece teorik mühendislik verisi ile görsel bilgi tasarımı arasında sürdürülebilir, standartlaştırılabilir bir model önermektir.

İLLÜSTRASYON: KAVRAM, STANDARTLAR VE YÖNTEM

Grafik tasarımın temel taşlarından biri olan illüstrasyon, insanlığın ontolojik "gösterme" dürtüsüyle şekillenmiş ve sosyo-kültürel etkileşim gereksinimlerine paralel olarak gelişim göstermiş bir disiplindir. Gösterme eylemi, içsel algılarını, varoluşsal kaygılarını, dönemsel iletilerini ve beklentilerini piktoral ögeler aracılığıyla aktarmaya çalışan ilkel insana kadar uzanmaktadır (Uçar, 2004). Latince *"parıltı"* anlamındaki "lustrum" isminin türetilmesiyle *"aydınlatmak"* anlamına gelen *"illustrare"* fiiline dayanmaktadır. Fransızcada *"illustration", "resimleme, renklendirme, nakış"* anlamlarını içermektedir (Güneş, 2026). Görsel iletişim kurma yöntemi, görme duyusu aracılığıyla algıladığı elemanları anlamlandırarak karşı tarafa aktarmaktadır. Zekâmız dış dünyadan bize ulaşan verilere dayanarak davranışlarımızı yönlendirirken, görsel iletilerin yorumlanması da bu işlemin bir bölümünü oluşturmaktadır (Ruelle, 1995). İllüstrasyon, bir anlatıyı görselleştirme sanatıdır ve izleyicinin anlamlandırdığı imgeler bütünü olarak işlev görmektedir.
Bu süreç üç temel aşamada yapılandırılmaktadır:

- *Görsel Düzenleme (Manipülasyon):* Anlatılmak istenen fikrin, olayın veya duygunun anlaşılır kılınması için görsel öğeler bilinçli olarak yeniden şekillendirmektedir.
- *Algı Yönetimi:* Bu şekillendirme süreci, izleyicinin kendi yaşam tecrübelerinden, çevresel etkileşimlerinden ve sosyo-kültürel geçmişinden yararlanarak, onun algı dünyasına ulaşmayı hedeflemektedir.

- *Nihai Amaç:* Aktarılmak istenen mesajın, alıcıya en doğru, en açık ve bellekte en uzun süre kalacak biçimde ulaştırılmasıdır.

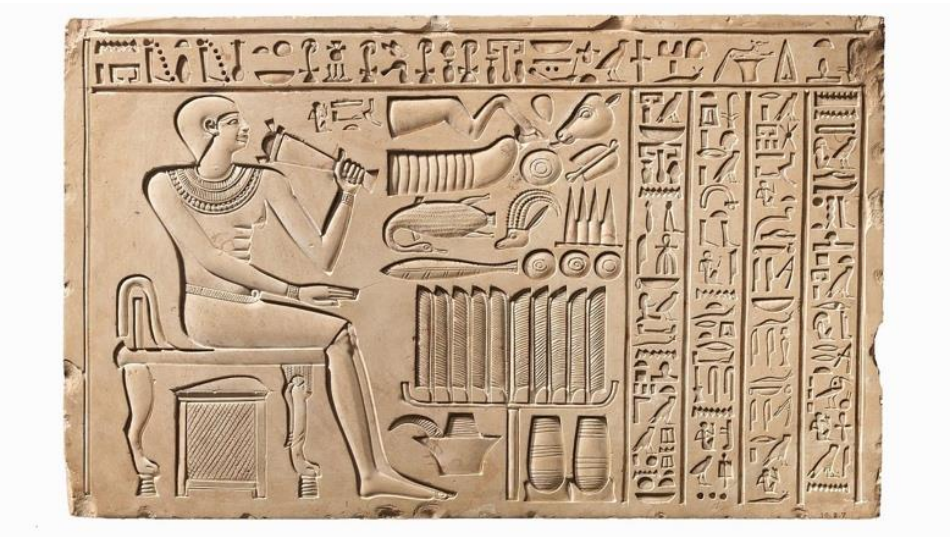
Bir görsel dil ve mecra olarak illüstrasyon, yıllar boyunca resim, gravür, ticari sanat, karikatür, kitap kapağı/içi resimleme gibi pek çok esnek ve birbirinden farklı alanlarda kullanılmıştır. Başka hiçbir şeye benzemeyen, kendine özgü bir üsluba sahiptir. İllüstrasyon, bir kitleye özgü belirli bir mesajı iletmekle sanatıdır. Temeli, belirli bir görevi yerine getirmek adına ya illüstratörün kendisi ya da ticari odaklı bir müşteri tarafından ortaya konan nesnel bir ihtiyaca dayanmaktadır. İllüstrasyon disiplini, işte bu farklı görevlerin kapsamı ve çeşitliliği sayesinde böylesine nüfuzlu bir görsel dil hâline gelmektedir (Male, 2007). Endüstri çağının yarattığı karmaşık ortam, dönemin düşünürlerini endişelendirmiştir. Bu kişiler, Endüstri Devrimi'nin insani değerleri hiçe sayarak toplumları maddeciliğe sürüklediğini, bireyin doğa ve estetikle olan bağını kopardığını savunmuştur. Fabrikasyon üretime geçilmesiyle el sanatları zayıflamış, sanat ile işlev birbirinden ayrılmıştır. Herhangi bir estetik kaygı taşımayan seri üretim ürünlerin hayatın her alanını kaplaması, sanatçıları işlev ile estetiği yeniden birleştirme arayışına itmiştir. Bu süreçte bazı sanatçılar, tarihselci bir yaklaşımla Orta Çağ geleneklerine dönerek sanat ve zanaat birlikteliğini yeniden canlandırmak istemiştir. Bazı sanatçılar ise geleneksel yapıya karşı çıkıp yenilikçi bir tutumla estetik ve işlevi bir araya getirmiştir. Böylece modern grafik tasarımın gelişebileceği uygun bir zemin oluşmuştur.
Modern sanat akımlarının da temellerinin atıldığı bu dönemden itibaren grafik tasarım, görsel anlatım yoluyla kurulan kitle iletişiminin en önemli unsuru haline gelmiştir (Bektaş, 1992). Sanat nesnesi olma kaygısı taşımayan belirli çizimler de illüstrasyon disiplini kapsamında değerlendirilmektedir. Mimarlık, mühendislik, tıp, botanik ve zooloji gibi alanlar için üretilen bu çalışmalar, *"bilimsel ve teknik illüstrasyon"* sınıfına dahildir. Sanatın felsefi ve biçimsel sınırlarının dışında tutularak yalnızca bir *"resimleme"* türü olarak sınırlandırılmaktadır (Kara, 2004). Bilgisayar teknolojisinin günlük hayata entegre olması, dijital illüstrasyonun görsel sanatlar ve grafik tasarım disiplinlerinde stratejik bir konum edinmesini sağlamıştır. Bilim ve teknolojinin her geçen gün giderek yükselmesiyle birlikte, geleneksel resim yöntemlerinin yerini oldukça yaygın ve çok fonksiyonlu olan dijital illüstrasyon yöntemi almıştır. İllüstrasyon tasarımcıları, bilgisayar, dijital tablet ve benzeri dijital araçlar vasıtasıyla tasarım işlerinin üstesinden gelebilmektedir. Bilgisayar destekli dijital illüstrasyon alanında büyük değişiklikler meydana gelmiş, bu durum, tasarım anlayışı ve tasarım yöntemi üzerinde devrimsel bir etki yaratmıştır (Liu, 2019). Günümüz tasarım ekosisteminde dijital illüstrasyon; piksel (Adobe Photoshop), vektörel (Adobe Illustrator) ve üç boyutlu modelleme (Blender, Cinema 4D, Autodesk Maya vb.) yazılımları aracılığıyla üç ana kategoride somutlaşmaktadır. Dijital ortamlar, teknik kısıtlamaların ortadan kalkmasıyla doğru orantılı olarak tasarımcılara yöntemsel bir estetik çeşitlilik ve özgün ifade özgürlüğü tanımaktadır (Yozgat, 2025).

İLLÜSTRASYONUN TARİHSEL EVRİMİ

İnsanoğlu, tarih boyunca kendini ifade etme sürecinde anlatılarını görsel unsurlarla destekleme ihtiyacı duymuştur. Paleolitik Dönem'den modern çağlara kadar kaya yüzeylerine yaptığı resimler aracılığıyla kendi hayal gücünün izlerini bırakmıştır. Bilinen en eski görsel kayıtlara, Kuzey İspanya'daki Altamira Mağarası'nda rastlanmaktadır. MÖ 36.000-13.000 yılları arasına tarihlendirilen bu mağara tasvirlerindeki bizon ve boğa çizimleri, insanlığın ulaştığı ilk görsel kaynaklar arasındadır. Benzer şekilde, Fransa'daki Lascaux Mağarası'nda yer alan ve MÖ yaklaşık 15.000 yılına ait olan duvar resimleri de önemli örneklerindendir. Dönemin mağara sanatçılarının sergilediği şaşırtıcı stilizasyon (biçimlendirme) becerisi ve yalınlaştırma ustalığı, günümüzde de güncelliğini ve etkileyiciliğini korumaktadır (Becer, 2013).

Şekil 1: Altamira ve Lascaux Mağarası

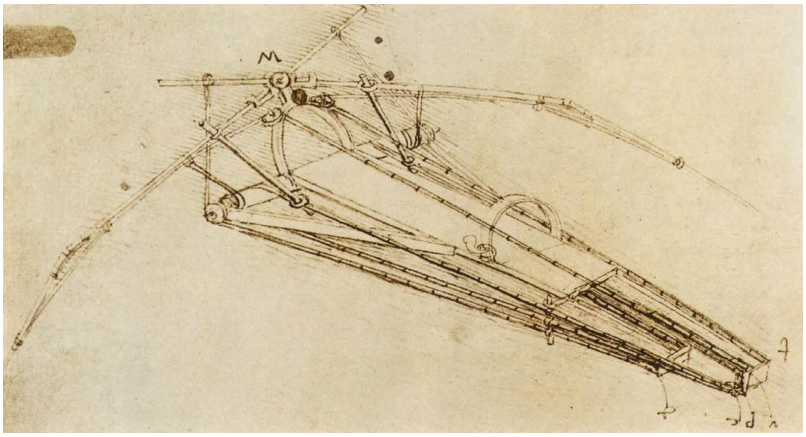
Grafik tasarımın tarihsel gelişimi incelendiğinde kökenlerinin yazının keşfine kadar uzandığı görülmektedir. Antik Mısır hiyeroglifleri, papirüs kullanımı ve Çin'de kağıdın icadı gibi erken dönem gelişmeler Avrupa'ya taşınarak burada Rönesans ve Aydınlanma hareketlerinin yayılmasına zemin hazırlamış ve gelecekteki tasarım pratiklerine yön vermiştir. Buhar gücünün keşfi kitlesel hareketliliği ve coğrafi keşifleri hızlandırırken; grafik sanatlar ve basım tarihinde paradigmatik bir kırılma yaratan hareketli hurufat (metal tipografi) sisteminin icadı gerçekleşmiştir. Bu teknik inovasyon, basılı ürünlerin üretim süreçlerinde yeni bir çağın kapılarını aralamıştır (Acartürk, 2019). İnsanlık, medeniyetler inşa etmek, ilerleme kaydetmek ve evrilmek için kolektif bir yaşam pratiğine ve iletişimsel etkileşime gereksinim duymuşlardır. Prehistorik dönem mağara tasvirleriyle başlayan süreç, morfolojik dönüşüm ve soyutlama mekanizmaları vasıtasıyla önce sembolik bir yapıya, ardından piktogram ve ideogram gibi işaret sistemlerine evrilerek yazının icadına epistemolojik bir temel oluşturmuştur (Elbir, 2020). Tarihsel süreçte ilkel formlardan piktogramlara (resimyazı), piktogramlardan ise alfabetik(tipografi) sistemlere evrilen yazının icadı ve gelişimi, hem insanlık tarihi hem de görsel iletişim disiplini için bir dönüm noktası olmuştur. Yazı, bireylerin bilişsel faaliyetlerini yapılandırmış ve bilginin insan belleğinin sınırları dışında, kalıcı olarak kayıt altına alınmasını sağlamıştır (Arda, 2019).



Şekil 2. Mısır Hiyeroglifi

Antik Mısır hiyerogliflerinin ve sanatının sahip olduğu bazı yapısal özellikler, günümüz bilimsel illüstrasyonunun erken dönem temelleri olarak değerlendirilebilir. Örneğin, titiz bir doğa gözleminin geometrik bir disiplinle birleştirilmesi, Mısır sanatının temel belirleyenidir. Bu durum mezar odalarının duvarlarında yer alan kabartma ve resimlerde net bir şekilde gözlemlenmektedir. Söz konusu sanatsal üretimler, binlerce yıl önceki Mısır yaşamına dair canlı ve analitik görsel kaynaklar olarak ortaya konmuştur (Gombrich, 2014). 15. yüzyılın sonlarında yazılı materyallerin çoğaltılması süreci, kitap kopyalamakla görevli yazıcıların çalışma masalarından baskı ustalarının atölyelerine taşınmıştır. Bilgiye erişim ve öğrenme yöntemlerinde köklü bir devrim yaratan bu kültürel değişim, tarih yazımı ve tarih bilimi açısından dönüm noktalarından biri olmuştur (Eisenstein, 2005).

Yüksek Rönesans'ta bilimsel verilerin görselleştirilmesinde, bilim ve sanatın iş birliği noktasında öne çıkan en önemli isim Leonardo da Vinci (1452-1519)'dir (Squeri, 1961). Bir sanatçı ve mucit olan Leonardo da Vinci, resim ve heykel çalışmalarının yanı sıra kapsamlı çok sayıda eskiz, not ve yazı bırakmıştır. Gözlem ve deneye olan bilimsel ilgisini yaratıcı hayal gücü ve sanatsal yeteneğiyle birleştiren da Vinci, bu notlar aracılığıyla sanat, teknik, buluş ve tasarımsal detaylara ilişkin derinlikli bilgiler aktarmaktadır.

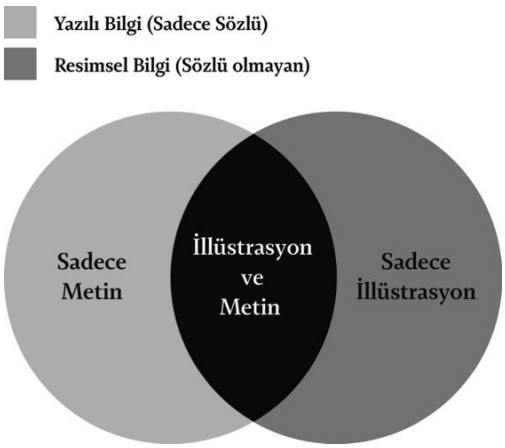


Şekil 3. Leonardo Da Vinci'nin "Uçan Makine" Çizimi

Askerî mekanik, mühendislik ve müzik aletleri tasarımı üzerine çalışan Leonardo da Vinci, insan gücü yerine ikame edilebilecek makine tasarımlarına yoğunlaşmıştır. Sanatçı ve mucit, dalgıç giysisi, kuşatma kulelerine su pompalayan hidrolik sistemler, uçak ve helikopter benzeri hava araçları, paraşüt ile bisiklet gibi erken dönem mühendislik tasarımlarına imza atmıştır. Optik alanında ışığın kırılma olgusunu inceleyen da Vinci'nin, anatomi konusundaki araştırmaları, onun en değerli bilimsel çalışmaları arasında gösterilmektedir. Hayvan ve insan cesetleri üzerinde yaptığı diseksiyon çalışmaları ve bu süreçte ürettiği detaylı analitik çizimler, tıp ve bilimsel illüstrasyon tarihine yön vermiştir (Bayav, 2009).

TEKNİK İLLÜSTRASYON KAVRAMI VE TEMEL PRENSİPLERİ

Görsel materyallerle desteklenen resimlemeler, hem okuma hem de dinleme yoluyla öğrenme durumlarında algılamayı güçlendirmektedir. Literatürde bu durumun aksine işaret eden bazı bulgular bulunsa da resimlemelerin kavramayı kolaylaştırıcı rolüne ilişkin veriler genel olarak büyük bir tutarlılık göstermektedir. Resimlemelerin olumlu etkileri, farklı zekâ seviyeleri, yaş grupları ve sosyo-ekonomik düzeylerdeki örneklemlerde değişik uzunluktaki metinsel içeriklerde, farklı nitelikteki test maddelerinde ve hem işlem sonrasındaki ölçümlerde hem de kalıcılık testlerinde gözlemlenmiştir (Demirel, 1998)
Bilimsel ve teknik illüstrasyonda asıl amaç, bilgiyi görsel yolla iletmek, anlaşılmasını sağlamak ve arşivlemektir. Çağımızda bilginin görsel yolla aktarılması önemli bir gereklilik haline gelmiştir. Aktarılmak istenen içeriklerin görsel materyallerle desteklendiğinde, yalnızca yazılı ve sözlü ifadelere oranla çok daha kalıcı ve anlaşılır olduğu çeşitli araştırmalarla kanıtlanmıştır. Nitekim W. Howard Levie ve Richard Lentz'in 1982 yılında yayımladıkları çalışma, görsel destekli ve görsel barındırmayan metinlerin öğrenme performansı üzerindeki etkisini kıyaslayarak bu durumu literatürde somutlaştırmıştır (Erarslan, 2019).



Şekil 4. Metin ve Illüstrasyondaki Bilgi Arasındaki İlişki

Bilimsel ve teknik illüstrasyonların üretim sürecinde, uygulayıcıların yararlanacakları yöntemi ve teknik altyapıyı belirlemelerinde çok boyutlu parametreler rol oynamaktadır. Teknolojik inovasyonlar, illüstrasyonun işlevsel amacı, konumlandırılacağı mecra, bireysel yetkinlik düzeyleri ve mevcut lojistik imkânlar, teknik karar alma mekanizmasının temel belirleyenlerini oluşturmaktadır. Teknik illüstrasyonların kullanım amacı, bilimsel ve teknik verileri görsel bir araç vasıtasıyla anlaşılır, hızlı ve kalıcı bir biçimde iletmektir. Ardışık imgeler, yapısal olarak her biri bir öncekini kronolojik veya tematik olarak takip eden ve iletilmesi amaçlanan mesajın özünü inşa eden bir görüntüler dizisidir. Tarihsel retrospektif incelendiğinde, ardışık görsel anlatının ilk ilkel örneklerine Üst Paleolitik Dönem mağara duvarlarındaki kaya resimlerinde rastlanmaktadır. Benzer şekilde, Antik Mısır medeniyeti tarafından geliştirilen ve yazılı iletişimin ilk sistemli formlarından biri kabul edilen hiyeroglifler; piktoral dizilim ile karmaşık sembolizmi harmanlayan erken dönem bir anlatı modeli olarak değerlendirilebilir. Orta Çağ Avrupa'sındaki bir diğer monümantal örnek ise Norman fethini ardışık resimsel bir kronikle aktaran Bayeux İşlemesi'dir. Söz konusu tarihsel parametreler değerlendirildiğinde, ardışık imge dizilimlerinin, görsel dilin ve anlatı geleneğinin en köklü morfolojik formunu oluşturduğu görülmektedir (Male, 2007). Kullanım kılavuzlarında sunulan ve kullanıcının istenilen sonuca ulaşmak için gerçekleştireceği eylemlerin görsel talimatlar haline getirilmesi, hassas ve titiz bir tasarım süreci gerektirmektedir. Bir makinenin veya ilacın işleyiş mekanizmasının aktarılmasında, görselleştirmenin doğruluğu, doğrudan insan sağlığı ile ilişkili olduğundan ya da kritik ve hayati bir önem taşıyan aletlerin kurulumunda görselleştirme sıralaması insanlığa kolaylık ve fayda sağlamaktadır (Erarslan, 2019).

Şekil 5: Philips Marka Tıraş Makinesinin Kullanım Aşamaları Kılavuzu

MÜHENDİSLİK DOKÜMANTASYONUNDA TEKNİK İLLÜSTRASYON UYGULAMALARI

Teknik dilin görsel-iletişimsel boyutu, mühendislik pratiklerinin temeli niteliğindedir. Çizimler, şemalar, üç boyutlu modeller ve algoritmalar yalnızca bilgi aktarım elemanları olarak değil aynı zamanda kavramsallaştırma, öngörü ve fikirlerin somutlaştırılması araçları olarak işlev görür. Günümüz görselleştirme teknolojileri, artırılmış gerçeklik ve dijital modelleme pratikleri, mühendislik tasarımının sınırlarını genişleterek bilişsel süreçlerin teknolojik platformlarla entegrasyonunu teşvik etmektedir (Ushno, 2025). Yaşam koşullarını radikal bir biçimde dönüştüren unsur yalnızca bilgisayar veya akıllı telefonların yaygın kullanımı değildir, günümüzde basit bir çamaşır makinesi bile programlanabilir nitelikte olup, düşük maliyetli oyuncaklar dahi fiziksel etkileşimle ses üretebilmektedir (Marwedel, 2006). Teknik ürünlerin her geçen gün daha yaygın ve kritik bir konuma ulaşması, teknik dokümantasyona duyulan gereksinimi de eş zamanlı olarak artırmaktadır. Bu teknik dokümantasyon ihtiyacı, örneğin Avrupa Parlamentosu ve Avrupa Birliği Konseyi'nin yasal düzenlemelerinde de yer almaktadır. Teknik dokümantasyon süreçleri, uluslararası bir standart olan IEC 82079-1 (Uluslararası Elektroteknik Komisyonu, 2012) gibi çeşitli normların gerekliliklerini karşılamak zorundadır.

Söz konusu standartlar, dokümantasyonun yeterli bir kalite düzeyine sahip olmasını güvence altına almayı amaçlamakta ve dikkate alınması gereken çok sayıda parametre sunmaktadır. Bu normlar, bir teknik dokümantasyonun nasıl geliştirileceğine dair detaylı bir açıklama sunmadığı gibi, talep edilen kriterlerin anlaşılır ve kullanışlı bir dokümantasyon oluşturmada gerçekte ne ölçüde fayda sağladığına dair deneysel bir kanıt da ortaya koymamaktadır.

Son yıllarda, gömülü sistemlerdeki yazılım ve donanımların teknik dokümantasyonuna yönelik süreç modelleri tartışılmış ancak farklı tasarım yaklaşımlarının etkinliğine ilişkin deneysel sonuçlar literatürde hâlâ eksikliğini korumaktadır (Große, Jungmann, Drechsler, 2015). Teknik illlüstrasyon, yalnızca araçsal bir teknikten ibaret olmayıp bilişin hem analitik hem de sezgisel boyutlarını bütünleştiren özgün bir düşünce biçimini temsil etmekte ve hem rasyonel hem de yaratıcı yönleri kapsayan benzersiz bir bilişsel pratik ortaya koymaktadır. Teknik illüstrasyonun analitik boyutu, matematiksel, geometrik ve fiziksel ilkelerin titizlikle uygulanmasını içererek mühendislik çözümlerinin mantıksal tutarlılığını güvence altına almaktadır. Bu sebeple teknik illüstrasyon, yalnızca gerçekliğin nesnel olarak modellenmesine yönelik bir mekanizma değil, aynı zamanda yeni bilginin üretilmesi, yenilikçi fikirlerin filizlenmesi ve bilimsel ile teknolojik ilerlemenin yönünün şekillendirilmesi adına işlevsel bir araç olarak ortaya çıkmaktadır (Ushno, 2025).

TEKNİK İLLÜSTRASYONDA VEKTÖREL YAKLAŞIMIN AVANTAJLARI

Fotoğrafik görüntüler, doğaları gereği perspektif bozulmaları, ortam ışığından kaynaklanan gölgelenmeler, derinlik karmaşası ve arka plan gürültüsü gibi teknik detayları maskeleyen unsurlar barındırır. Tekstil ürünleri ve makineleri gibi yüzlerce dokunun, detayın ve metalik parçanın iç içe geçtiği görüntü ve sistemlerde, bu durum görüntü kirliliğine yol açmaktadır. Vektörel tabanlı illüstrasyon ise analitik bir indirgeme sürecidir. Bu süreçte mekanizma, temel geometrik formlarına, çizgisel hatlarına ve işlevsel katmanlarına ayrıştırılarak yeniden yapılandırılır. Vektörel çizimin sunduğu matematiksel ölçeklenebilirlik, en küçük makine parçasından (bir iğne, platin veya iplik kılavuzu) bütüncül makine şemalarına kadar hiçbir detay ve çözünürlük kaybı yaşanmadan görsel esneklik sağlar. Bu çalışmada gerçekleştirilen illüstrasyonlarda, hat genişliklerinin hiyerarşik kullanımı, kesit alma teknikleri ve sadeleştirilmiş siluet yaklaşımları sayesinde, karmaşık tekstil düzenekleri okuyucunun doğrudan işlevsel odağa yönlenebileceği bir netliğe kavuşturulmuştur. Tekstil mühendisliği literatüründe, bir makinenin mekanik yapısı ile o makineden elde edilen ürünün (kumaş, iplik, yüzey vb.) yapısıyla doğrudan ilişkilidir. Bu bölümde sunulan teknik çizimlerde, iki temel odak noktası üzerinden yeniden yapılandırma gerçekleştirilmiştir:

- **Mekanik Düzeneklerin İllüstrasyonu:** Karmaşık dişli sistemleri, silindirler, besleme üniteleri ve gerilim aparatları, işlevsel rollerine göre katmanlandırılarak çizilmiştir. Detayların kaybolmaması adına, parça ilişkilerini vurgulayan aksonometrik veya şematik görünüşler tercih edilmiştir. Böylece hareketin yönü, izlediği rota ve mekanik etkileşim alanları kusursuz bir şeffaflıkla yansıtılmıştır.
- **Numune Formlarının Yeniden Yapılandırılması:** Tekstil ürünlerinin mikro yapısı (ilmek formasyonları, dokuma-örme bağlantısı, elyaf yoğunluğu), makine ayarlarıyla doğrudan bağlantılıdır. Görselleştirme sürecinde, ürün numunelerinin şematik analizleri yapılarak, üretim

esnasındaki mekanik kuvvetlerin ürüne nasıl yansıdığı vektörel formlar aracılığıyla somutlaştırılmıştır.

Fotoğraftan illüstrasyona dönüştürme süreci, sadece bir çizim faaliyeti değil, aynı zamanda mühendislik verisinin görsel bilgi tasarımına dönüştürülmesi sürecidir. İllüstrasyonlarda kullanılan temiz çizgiler, gereksiz doku ve detaylardan arındırılmış yalın estetik, karmaşık verilerin transfer hızını arttırmaktadır. Okuyucu, karmaşık bir tekstil makinesinin işleyiş şemasını incelerken, görsel bir karmaşa içinde kaybolmak yerine, sistemin yapısal hiyerarşisini ve parça-bütün ilişkisini anında kavrayabilmektedir. Sonuç olarak, bu bölümde yer alan vektörel tabanlı illüstrasyonlar ve şematik yeniden yapılandırma çalışmaları, teorik ve pratik bilgi arasında köprü kurmayı hedeflemektedir. Karmaşık tekstil mekanizmalarının ve üretim çıktılarının bu yöntemle görselleştirilmesi, hem akademik anlatımın niteliğini artırmakta hem de mühendislik dokümantasyonu için standartlaştırılabilir, sürdürülebilir ve yüksek çözünürlüklü bir görsel dil modeli sunmaktadır.

ARAŞTIRMA VE BULGULAR

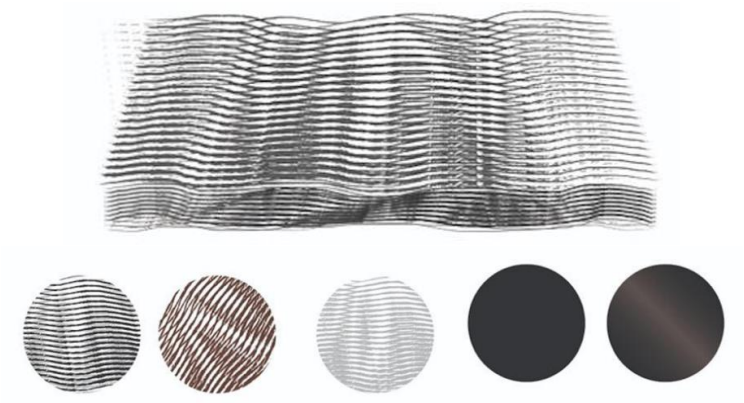
Bu çalışmaya kaynaklık eden *"Soğuk Hava Etkisine Karşı Termal Konfor Sağlayan Katmansal Tekstil Yapılarının Üretilmesi"* tez çalışması kapsamında geliştirilen ve uygulanan görselleştirme yaklaşımı, teorik bilginin somut ve nitelikli veri görsellerine dönüştürülmesini hedeflenmiştir. Görselleştirme sürecinin ilk aşamasında, analizi yapılacak olan tekstil makineleri, parça mekanizmaları ve kumaş numunelerinin yüksek çözünürlüklü fotoğrafları ile teknik çizimleri referans veri olarak toplanmıştır. Tekstil düzeneklerinin karmaşık bileşenleri ve numunelerin mikroskobik doku yapıları, mühendislik dökümantasyonunda kafa karışıklığına yol açabilecek gereksiz görsel detaylardan arındırılmıştır. Her bir bileşen temel geometrik şekil ve formlara indirgenerek soyutlanmıştır. Tekstil üretim süreçlerinin mikro düzeydeki materyal yapılarının ve makine mekanizmalarının yeniden yapılandırılması sürecinde, endüstri standardı olan "*Adobe Illustrator"* programı ve *"Wacom Intous Pro Grafik Tablet"* kullanılarak vektörel tabanlı bir illüstrasyon dili ortaya konmuştur. Uygulama aşamasında, fotoğrafik görüntülerin sunduğu görsel gürültüden (perspektif sapmaları, hatalı ışık-gölge kırılımları, arka plan karmaşası) arındırılmış, tamamen işlevselliğe, biçimsel yapıya ve parça-bütün ilişkisine odaklanan bir tasarım şeması yürütülmüştür. Çalışma kapsamında yapılan uygulama örnekleri Şekil 6., 7., 8., 9., 10., 11. ve 12.'de gösterilmiştir.

Şekil 6: Çalışmanın Ana Malzemelerinin Şematik Gösterimi

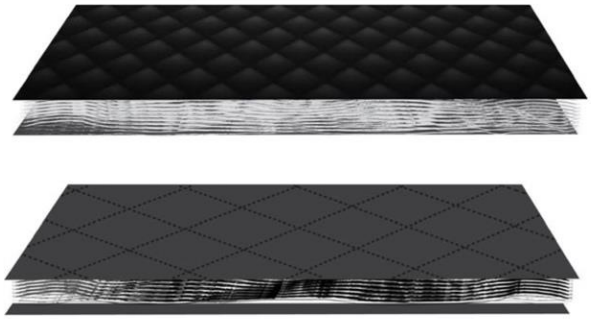
Tekstil yüzey teknolojilerinde ve yalıtım malzemelerindeki karmaşık ve asimetrik geometrilere sahip tüy formları, vektörel çizim sürecinin en hassas aşamalarından birini oluşturmuştur. Adobe Illustrator ortamında hazırlanan illüstrasyonlar, doğal formun mikro anatomisi, hiyerarşik çizgi kalınlıkları (stroke weight) ile analiz edilmiştir. Liflerin birbirleriyle olan organik ilişkisi ve yoğunluğu, vektörel eğrilerin kontrolüyle üretilmiştir. Bu illüstrasyonlar sayesinde, malzemenin fiziksel dokusu ve hafiflik/hacim karakteristiği, şematik bir dille optimize edilerek literatüre kazandırılmıştır. Kumaş numunelerinin şematik gösterimi, deneysel sonuçların doğru okunması açısından kritik bir öneme sahiptir. Tez çalışması sürecinde laboratuvar ortamında elde edilen veya teorik olarak kurgulanan kumaş numuneleri, Adobe Illustrator'ın pattern ve katmanlama özellikleri kullanılarak dijital ortama aktarılmıştır. Alt ve üst katman olarak kullanılan farklı özellikteki kumaş numunelerini yüzey karakteristikleri, farklı incelik ve

özellikteki lif yapıları, matematiksel bir simetri ve ölçeklenebilirlik içinde yapılandırılmıştır. Karmaşık kumaş yapılarının mikro ve makro düzeydeki tasarımlarını netleştirerek, üretim hatalarının veya tasarım parametrelerinin doğrudan analiz edilmesine olanak tanımıştır.

Şekil 7: Yün Lifinin Katmanlı Yapıda Şematik Gösterimi



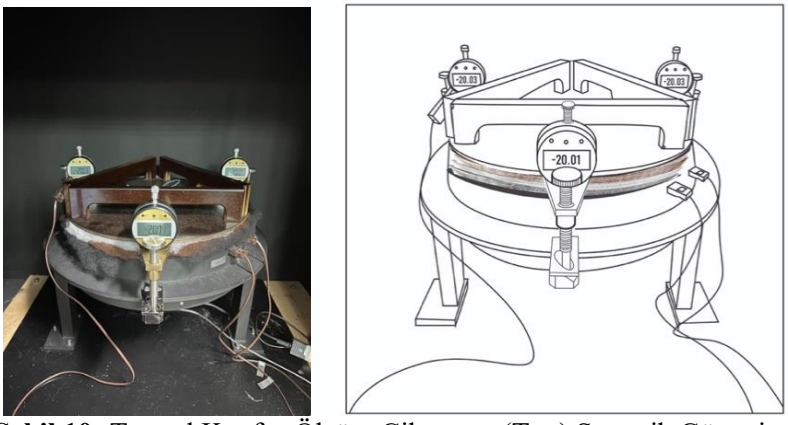
Şekil 8: Farklı İnceliklerdeki Polyester Lifinin Katmanlı Yapı Şematik Gösterimi



Şekil 9: Liflerin Kumaş Katmanları Arasındaki Şematik Gösterimi

Makine düzeneklerinin dış sınırları, ana gövdeleri ve kumaş numunelerinin makroskobik sınır çizgileri yüksek puntolu konturlarla (0.75 - 1.0 pt) vurgulanarak illüstrasyonun temel iskeleti görünür kılınmıştır. Mekanizma içindeki alt bileşenlerin birleşim noktaları, kumaş yapısını oluşturan ipliklerin kendi iç detayları daha ince kontur değerleriyle (0.50\0.75 pt) işlenmiştir. Mikro yapı ve yüzey detayları tekstil numunelerindeki lif görselleri, yüzeydeki tüy yapıları ve parça üzerindeki eğrisel kırılımlar, görsel yoğunluk yaratmamak adına en düşük kontur kalınlığı (0.25 pt) kullanılarak stroke (çerçeve tek çizgi) şeklinde dizayn edilmiştir. Uygulamanın en hacimli kısmını oluşturan tekstil makineleri ve mekanik düzenek çizimleri, çok sayıda hareketli bileşenin (silindirler, iğneler, iplik kılavuzları, motor sistemleri) eşzamanlı çalışmasını şeffaf bir hiyerarşiyle sunmaktadır. Karmaşık makine gövdeleri ve işlevsel parçalar, Adobe Illustrator'ın hassas kılavuz çizgileri ve grid sistemleri kullanılarak teknik resim kurallarına uygun şekilde ölçeklendirilmiştir. Makinelerin iç içe geçmiş mekanik yapısı, kesit alma

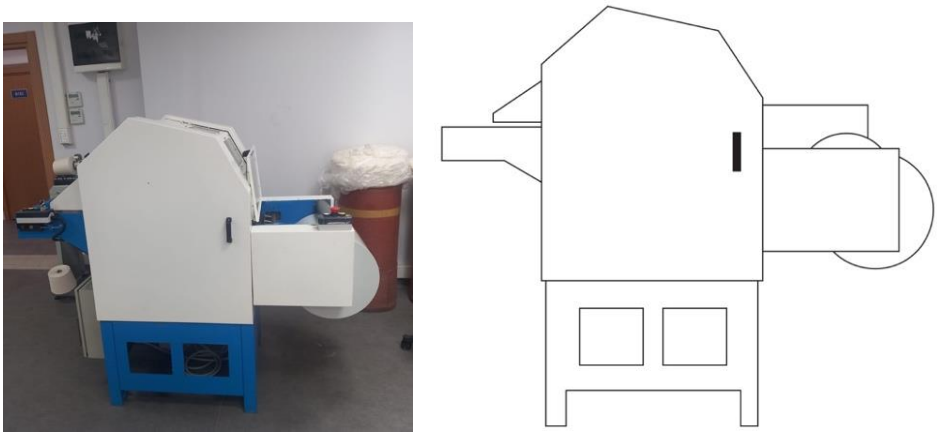
(cross-section) ve patlatılmış montaj (exploded view) mantığıyla illüstre edilerek, normal şartlarda fotoğrafla görünmesi imkansız olan mekanizmalar görünür kılınmıştır.



Şekil 10: Termal Konfor Ölçüm Cihazının (Tog) Şematik Gösterimi

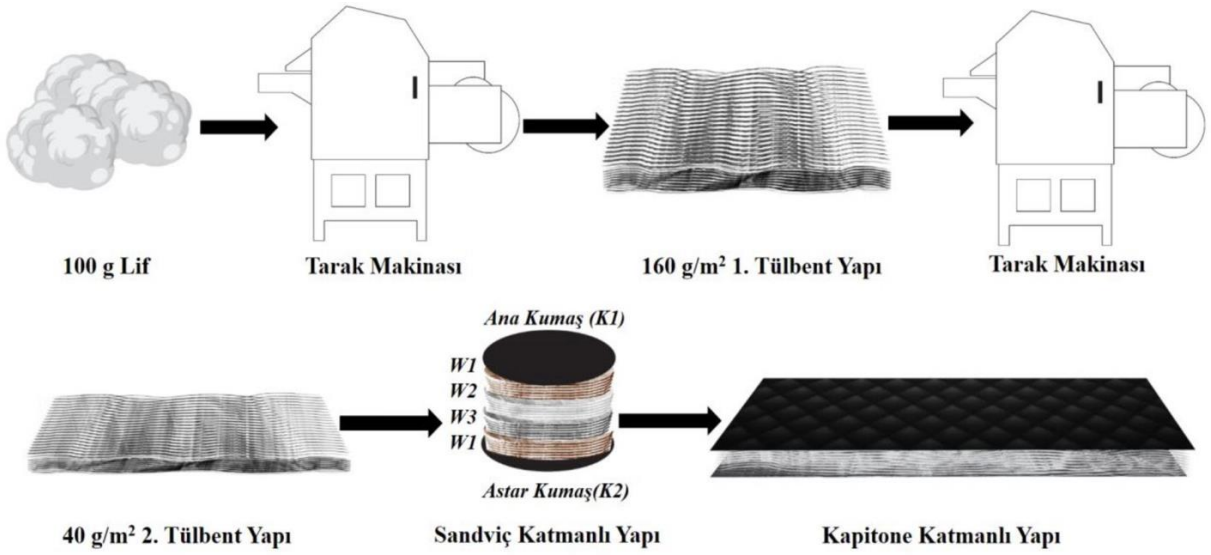
Şekil 11: Yün Lifinin Tarak Makinası İçerisinde Şematik Gösterimi

Çizimlerde tercih edilen minimalist hatlar ve sadeleştirilmiş silüet yaklaşımları, okuyucunun dikkatini mekanik hareket yönlerine, fotoğrafta görünmeyen detaylara ve soyut ifadeyle stilize edilen görsellere odaklamaktadır.



Şekil 12: Tarak Makinasının Şematik Gösterimi

Tez çalışması kapsamında, farklı inceliklerdeki yün ve polyester lifleri ayrı ayrı 100 g hassas terazide tartıldıktan sonra tarak makinasında tülbent yapı şeklinde ilk katman üretilmiştir. Üretilen ilk tülbent katmanı (160 g/m^2) 4 eşit parçaya bölünmüş ve her bir parça tekrar tarak makinasından geçirilerek 40 g/m^2'lik tülbent katman yapı numuneleri üretilmiştir. Sandviç yapı üretimi için, 4 lif katmanından oluşan tülbent formu ile ana ve astar kumaşlarda ilave edilerek kapitone yapılar üretilmiştir. Kapitone yapıların elde edilmesinde astarlık kumaş ile top kumaş arasına lif katmanları konularak 5 cm aralıklarla yaygın olarak kullanılan baklava formunda dikim işlemi uygulanmıştır. Üretim ve sandviç yapı hazırlama aşamaları Şekil 13.'te özetlenmiştir.



Şekil 13: Atık Tüy ve Liflerden Oluşan Katmanlı Sandviç Yapı Üretim Aşaması

Bu katmanlardan yün ve polyester liflerinin inceliklerine bağlı kombinasyonlar oluşturularak numune katmansal kapitone yapılar oluşturulmuştur. Ardından atık durumda bulunan hindi tüyü ve deve kuşu tüylerinden oluşturulmuş katmanlarında dâhil olduğu kapitone yapılar oluşturulmuştur (Güncü, 2025).

SONUÇ

Bu çalışmada, ilk çağlardan günümüze kadar uzanan süreçte, illüstrasyon disiplininin kavramsal, tarihsel ve metodolojik evrimi incelenmiş olup, bu evrimin modern mühendislik dokümantasyonundaki rolü *"Soğuk Hava Etkisine Karşı Termal Konfor Sağlayan Katmansal Tekstil Yapılarının Üretilmesi"* tezi kapsamındaki uygulamalar üzerinden somutlaştırılmıştır. Araştırma ve uygulama çıktıları, görsel bilgi tasarımının stilize bir yaklaşımla kurgulandığında teorik ve pratik bilgi arasında ne derece güçlü bir köprü kurabileceğini net bir şekilde ortaya koymaktadır. Fotoğrafik görüntülerin barındırdığı perspektif sapmaları, hatalı ışık-gölge kırılımları ve derinlik karmaşası gibi görsel gürültüler, vektörel tabanlı illüstrasyon süreçleriyle tamamen ortadan kaldırılmıştır. Bu sayede, tekstil mekanizmalarındaki parça-bütün ilişkisi rasyonel bir şeffaflığa kavuşturulmuştur. Tasarım sürecinde uygulanan çizgi kalınlığı hiyerarşisinin (0.25 pt - 1.0 pt), karmaşık verilerin transfer hızını doğrudan artırdığı gözlemlenmiştir. Ana gövdelerin kalın, iç mekanizmaların orta, mikroskobik lif ve tüy formlarının ise en ince kontur değerleriyle işlenmesi, okuyucunun doğrudan işlevsel odağa yönlenmesini sağlamıştır. Kesit alma (cross-section) ve patlatılmış montaj (exploded view) teknikleri kullanılarak, normal şartlarda fotoğrafla tespit edilmesi imkansız olan iç içe geçmiş hareketli makine bileşenleri ve katmanlı kumaş yapıları analitik bir düzlemde görünür ve anlaşılır kılınmıştır. Vektörel yaklaşımın sunduğu çözünürlükten bağımsız matematiksel esneklik, mikroskobik bir lif yapısından bütüncül bir makine şemasına kadar tüm detayların kaliteden ödün vermeden arşivlenmesine ve farklı mecralarda (kitap, ekran, sunum vb.) esnekçe kullanılmasına olanak tanımıştır. Sonuç olarak, teknik illüstrasyon, mühendislik pratiklerinde sadece estetik ya da yardımcı bir resimleme faaliyeti değil, bilginin doğruluğunu güvence altına alan, insan hatasını minimize eden ve disiplinler arası iletişimi standardize

eden bir pratik ve bilgi tasarımı elemanıdır. Tasarlanan vektörel tabanlı şematik yeniden yapılandırma modeli, tekstil mühendisliği başta olmak üzere karmaşık endüstriyel dokümantasyon süreçleri için sürdürülebilir, yüksek nitelikli ve akademik anlatımı güçlendiren bir gösterge sunmaktadır.

KAYNAKÇA

Arda, G. (2019), *Dijitalleşen Dünyada Grafik Tasarımda İllüstrasyonun Yeri*, Anadolu Üniversitesi.
Acartürk, G. (2019). *İllüstrasyonda Görsel Göstergelerin Anlatılması ve Mesaj: Gürbüz Doğan Ekşioğlu*. Yüksek Lisans Tezi, Ordu Üniversitesi.
Becer, E. (2013). *İletişim ve Grafik Tasarım*. Ankara: Dost Kitabevi.
Bektaş, D. (1992). *Çağdaş Grafik Tasarımın Gelişimi*. İstanbul: Yapı Kredi Yayınları.
Bayav, D. (2009). *Leonardo Da Vinci'de Sanat, Bilim ve Etkileşimi*. Trakya Üniversitesi, Sosyal Bilimler Dergisi. Cilt 11 Sayı 2
Demirel, M. (1998) *Ders Kitaplarındaki Resimlemelerin Öğrencilerin Öğrenme Düzeyine Etkisi*, Hacettepe Üniversitesi.
Eisenstein, E. L. (2005). *The Printing Revolution In Early Modern Europe*. New York: Cambridge University Press.
Elbir, İ. (2020). *Grafik Tasarımda İllüstrasyon ve Resim Sanatı İlişkisi Açısından Sessiz Resimli Kitapların İncelenmesi.* Yüksek Lisans Tezi, Haliç Üniversitesi.
Erarslan, B. A. (2019), *Bilimsel ve Teknik İllüstrasyonda Görsel İletişim Tasarımının Önemi*, Yüksek Lisans Tezi, Anadolu Üniversitesi.
Gombrich, E. (2014). *Sanatın Öyküsü*. İstanbul: Remzi Kitapevi.
Große C. S., Jungmann L, Drechsler R. (2015), *Benefits Of İllustrations And Videos For Technical Documentations*, Group of Computer Architecture, University of Bremen, Germany
Güncü, Ş. B. (2025). *Soğuk Hava Etkisine Karşı Termal Konfor Sağlayan Katmansal Tekstil Yapılarının Üretilmesi* (Tez No. 935740). Doktora tezi, Marmara Üniversitesi. Ulusal Tez Merkezi.
Güneş, F. (2026). *Artırılmış Gerçeklik Destekli Hareketli Bilimsel İllüstrasyon: Hacettepe Üniversitesi biyosfer müze örneği*, Sanatta yeterlik tezi, Hacettepe Üniversitesi.
Kara, C. (2004). Günümüz İllüstrasyon Sanatı. Yüksek Lisans Tezi, Marmara Üniversitesi, Güzel Sanatlar Enstitüsü.
Liu, Y. (2019). On Computer Digital Illustration Design. Journal of Physics: Conference Series.
Male, A. (2007). *A Theoretical & Contextual Perspective*. Switzerland: AVA Publishing.
Marwedel, P. (2006). *Embedded System Design.* Dordrecht, Springer.
Ruelle, D. (1995), *Rastlantı ve Kaos*, Ankara: Tübitak Yayınları.
Squeri, R. (1961). *Leonardo da Vinci: Innovator*. Art Education.
Uçar, T.F. (2004). *Görsel İletişim ve Grafik Tasarım*. İstanbul: İnkılâp Kitabevi.
Ushno, I. M. (2025), *Technical Drawing As A Form Of Visual-Graphic Communication Of Engineering: Philosophical - Anthropological Aspect, National Aerospace University*, Ukraine
Yozgat, S. (2025). *Üç Boyutlu İllüstrasyon: Grafik Sanatlarda Yeni Yaklaşımlar.* Sanat&Tasarım Dergisi, 15 (Özel sayı).
Wigan, M. (2012). *Görsel İllüstrasyon Sözlüğü*. İstanbul: Literatür Yayıncılık.

STRATEGIC AGILITY THROUGH AMBIDEXTROUS MARKETING: A CONCEPTUAL FRAMEWORK FOR ENTREPRENEURIAL FIRMS NAVIGATING POLYCRISIS

Dr. Abubakr Abdulkadir Abuabdin
Business Administration Department, Federal University Gusau, Zamfara State, Nigeria
ORCID: 0009-0004-5511-5849

ABSTRACT
Entrepreneurial firms worldwide increasingly face a "polycrisis"- the simultaneous, interactive occurrence of multiple shocks including economic volatility, supply chain disruptions, geopolitical tensions, and post-pandemic demand shifts- yet traditional strategic marketing models built on assumptions of relative stability inadequately equip entrepreneurs to respond, creating an urgent interdisciplinary gap at the intersection of strategic marketing and entrepreneurship. This conceptual paper addresses the pressing question of how entrepreneurial firms can achieve strategic agility under polycrisis conditions by proposing and theoretically delineating a novel construct called Ambidextrous Marketing Capability (AMC), defined as a firm's ability to simultaneously pursue exploitative marketing efficiency (agile marketing operations such as rapid price reconfiguration and channel pivoting) and explorative market sensing (identifying latent customer needs and novel value propositions under ambiguity using effectuation logic). Grounded in Dynamic Capabilities Theory and Effectuation Theory, the paper develops a conceptual framework in which resource bricolage serves as a mediator and strategic flexibility as a moderator in the relationship between AMC and entrepreneurial firm resilience. The paper offers five testable propositions and makes three interdisciplinary contributions: bridging strategic marketing and entrepreneurship literatures that have largely evolved separately, providing a framework applicable to both emerging economies (such as Nigeria) and European transition economies (such as Albania), and moving beyond descriptive crisis-response lists to a causal model of strategic agility. Implications for entrepreneurs include a dual-purpose mental model for action under uncertainty, for policymakers a guide to capability-building interventions, and for researchers a robust foundation for future empirical studies.
Keywords: Strategic agility, ambidextrous marketing, entrepreneurship, polycrisis, resource bricolage.

INTRODUCTION
The global business environment has entered an era of polycrisis- a term revived by historians and systems theorists to describe the simultaneous, mutually reinforcing occurrence of multiple crises (Mark et al., 2025). For entrepreneurial firms, the period from 2020 to 2025 has been defined by overlapping shocks: pandemic-induced demand collapse and supply chain paralysis, geopolitical fragmentation (e.g., Ukraine-Russia and Israel-Hamas conflicts), inflationary pressures, energy market volatility, and abrupt digitalization mandates. Unlike episodic crises, a polycrisis presents unique challenges: causal ambiguity, non-stationary market signals, and the exhaustion of historical heuristics (Jones et al., 2026). Yet, the dominant paradigms in strategic marketing- market orientation (Dahlquist & Lehnert, 2023), relationship marketing (Filip, 2025), and even agile marketing (Kose, 2024)- were largely developed under assumptions of relative environmental stability or linear change. Entrepreneurs, especially in resource-constrained contexts such as Nigeria and other emerging economies, find that conventional marketing planning cycles become obsolete within weeks (Anukam & Otakwu, 2025). Similarly, the entrepreneurship literature has extensively examined crisis responses but often treats marketing as a downstream execution function rather than a strategic agility lever (Mueller-Saegebrecht & Walter, 2025). This interdisciplinary gap- at the intersection of strategic marketing and entrepreneurship- is both academically consequential and practically urgent. This conceptual paper addresses the central research question: How can entrepreneurial firms achieve strategic agility under polycrisis conditions? We propose and theoretically delineate a novel construct- Ambidextrous Marketing Capability (AMC)- defined as the firm's ability to simultaneously pursue exploitative marketing efficiency (rapid price reconfiguration, channel pivoting, promotional adaptation) and explorative market sensing (identifying latent customer needs and novel value propositions under ambiguity using effectuation logic). Drawing on Dynamic Capabilities Theory and Effectuation Theory, we develop a conceptual framework wherein

resource bricolage mediates the AMC- resilience relationship, and strategic flexibility moderates this mediated pathway.

CONCEPTUAL FRAMEWORK

Polycrisis as a New Environmental Condition

The term polycrisis was formally articulated by the Cascade Institute (Picanço Rodrigues et al., 2025) to describe a scenario where multiple crises interact such that the whole is more dangerous than the sum of its parts. Recent work in strategic management distinguishes polycrisis from simple crises (one shock), compound crises (sequential but independent shocks), and permanent turbulence (Mark et al., 2025). Key characteristics include: (a) feedback loops between crises (e.g., geopolitical tension exacerbating energy prices, which in turn drive inflation and demand shifts); (b) non-linear escalation; and (c) decision paralysis due to conflicting signals. For entrepreneurial firms, empirical studies from Sub-Saharan Africa and Eastern Europe show that polycrisis conditions erode the predictive validity of traditional marketing metrics (customer lifetime value, brand equity, etc.) and reward real-time sensing and rapid resource reallocation (Kovacs, 2025). However, few frameworks translate these observations into testable marketing capabilities.

Strategic Agility in Entrepreneurship

Strategic agility refers to the ability to continuously sense and respond to environmental changes with speed and purpose, without losing strategic direction (AlZboon, 2025). In entrepreneurial contexts, agility is often conflated with operational flexibility (e.g., quick pivots). More recent work (Konola, 2023) argues that genuine strategic agility requires ambidexterity—the capacity to manage trade-offs between exploiting existing marketing assets and exploring new opportunities. Unfortunately, most empirical agility research focuses on large corporations or startups in stable high-tech sectors, leaving a vacuum for small and medium-sized enterprises (SMEs) facing polycrisis.

Ambidexterity in Marketing

Organizational ambidexterity (exploration and exploitation) has been extensively studied, but its application to marketing functions is recent and fragmented. Exploitative marketing includes activities like optimizing promotional spending, refining pricing algorithms, and strengthening distribution efficiency (Yılmaz & Yolcu, 2025). Explorative marketing involves experimenting with new value propositions, entering unfamiliar customer segments, and sensing weak signals of future demand (Chandan, 2025). In polycrisis, the challenge is not choosing one over the other but dynamically balancing both. Existing marketing ambidexterity studies, however, assume moderate environmental change and sufficient resource slack- assumptions that fail under polycrisis.

Resource Bricolage

Abid et al. (2023) concept of resource bricolage- making do with resources at hand, recombining them for new purposes- has gained renewed attention in crisis contexts. Bricolage is distinct from resource accumulation; it emphasizes creative reuse, repurposing, and improvisation. In emerging economies like Nigeria, entrepreneurs routinely practice bricolage not out of choice but out of necessity (Nuhu et al., 2026). However, marketing scholars have rarely integrated bricolage into capability models. We argue that under polycrisis, ambidextrous marketing cannot rely on planned resource allocation; instead, bricolage becomes the engine that translates AMC into resilience.

Theoretical Grounding

We anchor our framework in two complementary theories:

Dynamic Capabilities Theory (DCT): Froehlich et al. (2025) defines dynamic capabilities as sensing, seizing, and transforming. Under polycrisis, sensing must become effectual (non-predictive), seizing requires real-time reconfiguration, and transforming involves abandoning previously core marketing routines. AMC operationalizes the marketing dimension of dynamic capabilities specifically for entrepreneurial firms.

Effectuation Theory: Madigoe (2025) contrasts causal (predictive) logic with effectual (non-predictive) logic, emphasizing affordable loss, strategic alliances, leveraging contingencies, and means-

driven action. Recent effectuation research (Ryman & Roach, 2024; Chen et al., 2025) highlights its relevance for extreme uncertainty. In our framework, explorative market sensing is explicitly effectual: entrepreneurs cannot forecast demand in polycrisis; instead, they must co-create markets through stakeholder commitments and iterative experiments. The integration is novel: DCT provides the capability architecture, while effectuation provides the decision logic under ambiguity.

Defining Ambidextrous Marketing Capability (AMC)

We formally define: **Ambidextrous Marketing Capability (AMC)** is a higher-order organizational capability that enables entrepreneurial firms to simultaneously execute exploitative marketing actions (rapid price reconfiguration, channel pivoting, promotional adaptation) and explorative market sensing (identifying latent needs, effectual value proposition design) under polycrisis conditions, using effectuation logic to manage trade-offs.

Sub-dimensions:

Exploitative marketing efficiency (EME): Speed and accuracy of modifying existing marketing mix elements (price, place, promotion) in response to immediate shocks, without seeking optimal solutions. Examples: dynamic pricing algorithms for inflationary spikes, instant channel switching from retail to direct-to-consumer.

Explorative market sensing (EMS): Non-predictive, iterative processes to detect emerging customer pain points and co-create novel value propositions via small bets, alliances, and contingency exploitation. Examples: using social listening to identify unmet needs after supply chain failures, partnering with unexpected intermediaries (e.g., fintech apps for distribution in Nigeria). Unlike traditional marketing ambidexterity, AMC does not require balancing exploration and exploitation at equilibrium; rather, it allows temporal dominance (exploitation during acute shock, exploration during temporary stabilization) without losing cross-functional integration.

Direct Effect: AMC and Entrepreneurial Firm Resilience

Entrepreneurial firm resilience is defined as the capacity to absorb, adapt to, and recover from polycrisis-induced disruptions while maintaining or restoring value-creation activities (Bürgel et al., 2023). We propose that AMC directly enhances resilience because: (a) EME enables immediate survival actions; (b) EMS prevents strategic drift and identifies repurposing opportunities; (c) the simultaneity avoids the "paralysis by analysis" common under polycrisis.

Proposition 1 (P1): Ambidextrous Marketing Capability (AMC) is positively associated with entrepreneurial firm resilience under polycrisis conditions.

The Mediating Role of Resource Bricolage

While AMC provides the direction (what to sense and how to exploit), resource bricolage provides the mechanism (how to act with limited resources). Under polycrisis, planned resource reallocation is too slow; entrepreneurs must engage in real-time recombination of existing marketing assets. Recent evidence from Albanian SMEs during energy crisis shows that bricolage fully mediated the effect of adaptive marketing on performance (Jayampathi, 2025). Thus, AMC triggers bricolage behaviors, which in turn produce resilience outcomes.

Proposition 2 (P2): Resource bricolage mediates the positive relationship between Ambidextrous Marketing Capability (AMC) and entrepreneurial firm resilience under polycrisis conditions.

Proposition 3 (P3): The relationship between AMC and resource bricolage is stronger when entrepreneurs apply effectuation logic (affordable loss, means-driven action, contingency exploitation) rather than causal/predictive logic.

Strategic Flexibility as a Moderator

While resource bricolage explains how AMC translates into resilience, not all entrepreneurial firms benefit equally. The key contingency factor under polycrisis is **strategic flexibility**- the firm's capacity to reconfigure its strategic posture and marketing resource base in response to environmental changes without being locked into prior commitments (Quotb, 2024). Strategic flexibility is distinct from operational flexibility because it involves strategic reorientation: changing target customer segments, abandoning previously successful business models, or redefining the firm's competitive positioning. Recent advances distinguish three types: resource flexibility, coordination flexibility, and strategic intent flexibility (Marzantowicz, 2026).

Proposition 4 (P4): Strategic flexibility positively moderates the indirect effect of Ambidextrous Marketing Capability (AMC) on entrepreneurial firm resilience via resource bricolage, such that the mediated relationship is stronger when strategic flexibility is high (versus low).

The Moderated-Mediation Hypothesis (Integrated)

Combining P2 (mediation) and P4 (moderation), we propose a formal moderated mediation model. Under polycrisis, firms with high AMC engage in more resource bricolage. However, the effectiveness of that bricolage in producing resilience depends on strategic flexibility.

Proposition 5 (P5): The indirect effect of Ambidextrous Marketing Capability (AMC) on entrepreneurial firm resilience through resource bricolage is conditional upon strategic flexibility, such that the indirect effect is significant and positive only when strategic flexibility exceeds a critical threshold.

Full Conceptual Framework

The complete framework includes the following causal pathways:
Direct path: AMC → Resilience (P1)
Indirect path via bricolage: AMC → Bricolage → Resilience (P2)
Conditional path: The indirect effect is stronger when strategic flexibility is high (P4, P5)
Effectuation logic moderates AMC → Bricolage (P3)
The framework is bounded to entrepreneurial firms (SMEs, startups, family businesses) facing polycrisis conditions, with particular applicability to emerging economies (Nigeria) and transition economies (Albania).

METHODOLOGY

This conceptual paper provides a theoretical foundation that requires empirical validation. Accordingly, we propose a future mixed-methods research agenda consisting of three sequential phases. The first phase involves scale development, beginning with qualitative data collection through semi-structured interviews with thirty to forty entrepreneurs in Nigeria and Albania who have successfully survived polycrisis shocks, including inflation, supply chain disruptions, and geopolitical tensions. Based on these interviews and existing validated instruments, items will be generated for the four core constructs: Ambidextrous Marketing Capability (with its sub-dimensions of exploitative marketing efficiency and explorative market sensing), resource bricolage (adapted from Baker and Nelson's 2005 work), strategic flexibility (adapted from Zhou and Wu's 2010 scale), and entrepreneurial firm resilience (adapted from Korber and McNaughton's 2023 measure). These items will then undergo expert review and Q-sorting procedures to establish content validity, followed by a pilot test with 150 small and medium-sized enterprises, after which confirmatory factor analysis will be conducted to establish convergent, discriminant, and nomological validity.

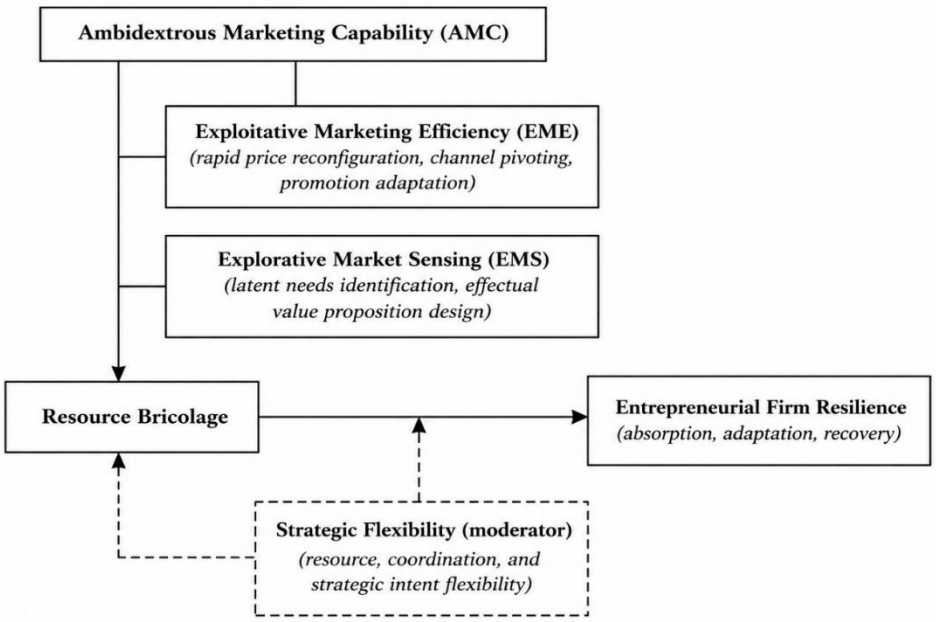
The second phase comprises hypothesis testing through a large-scale quantitative survey targeting approximately four to five hundred entrepreneurial firms across major urban centers in Nigeria (Lagos, Kano, Abuja) and Albania (Tirana, Durrës). The survey data will be analyzed using moderated mediation analysis via the PROCESS macro (version 4.2) developed by Hayes (2022) to test Propositions 1 through 5. Statistical controls will be applied for firm age, firm size, industry sector, and prior crisis experience. The expected finding is a significant positive conditional indirect effect only

when strategic flexibility exceeds the sixtieth percentile threshold. The third phase involves longitudinal and comparative case studies, wherein twenty firms will be tracked over a period of twelve to eighteen months across successive polycrisis waves. Qualitative comparative analysis (QCA) will be employed to identify configurations of AMC, bricolage, and strategic flexibility that consistently produce resilience outcomes. Additionally, a comparison between the emerging economy context (Nigeria) and the transition economy context (Albania) will test the boundary conditions of the framework. Future research questions arising from this agenda include whether digital marketing capability substitutes for or complements AMC under polycrisis, how founder psychological capital (resilience and optimism) moderates the AMC–bricolage relationship, and what the dark sides of bricolage might be- for instance, whether excessive recombination can lead to organizational incoherence or brand dilution.

Model of the Research

The conceptual framework is visually represented as follows (narrative description; a visual diagram would be inserted here): The independent variable is Ambidextrous Marketing Capability (AMC). The mediator is Resource Bricolage. The moderator is Strategic Flexibility. The dependent variable is Entrepreneurial Firm Resilience. Causal pathways include the direct path from AMC to resilience, the indirect path via bricolage, and the conditional path whereby strategic flexibility moderates the indirect effect. Effectuation logic serves as a second-stage moderator of the AMC–bricolage relationship.

The conceptual framework is visually represented in Figure 1 below:



CONCLUSION AND DISCUSSION

Entrepreneurial firms facing polycrisis cannot wait for stability to return. They need strategic agility rooted in marketing capabilities that simultaneously exploit immediate survival actions and explore latent opportunities under ambiguity. This paper has proposed Ambidextrous Marketing Capability (AMC) as a novel construct grounded in Dynamic Capabilities and Effectuation theories, with resource bricolage as the mediating mechanism and strategic flexibility as the critical moderator. The five propositions offered constitute a testable model that bridges strategic marketing and entrepreneurship, moving beyond descriptive crisis-response lists to a causal explanation of why some entrepreneurial firms successfully navigate polycrisis while others fail. This conceptual framework challenges the implicit assumption that strategic marketing requires resource abundance and predictive intelligence, demonstrating instead that under conditions of simultaneous, interacting shocks, effectual logic and creative recombination of existing assets become central to survival and adaptation. The paper makes three interdisciplinary contributions: bridging strategic marketing and entrepreneurship literatures that have largely evolved separately, providing a framework applicable to both emerging economies (such

as Nigeria) and European transition economies (such as Albania), and moving beyond descriptive lists to a causal model of strategic agility.

For entrepreneurs navigating polycrisis, we recommend adopting a dual-purpose mental model for action under uncertainty derived from our framework. First, entrepreneurs should practice simultaneous exploitation and exploration rather than choosing between survival today and adaptation for tomorrow. This can be operationalized by allocating small, dedicated attention to both, for example by setting daily routines for price and channel adjustments alongside weekly effectual experiments such as low-cost pilots with unexpected partners. Second, bricolage should be treated as a deliberate discipline; under polycrisis, waiting for optimal resources is fatal. Entrepreneurs are advised to codify bricolage as a team practice through weekly resource recombination meetings where existing assets- including data, relationships, and idle equipment- are creatively repurposed for emergent needs. Third, strategic flexibility must be cultivated as a meta-capability. Entrepreneurial teams should be trained to treat strategic commitments as provisional, using predetermined flexibility triggers (such as a sustained fifteen percent demand drop for two weeks) that automatically initiate strategic reorientation without paralysis by analysis. Fourth, entrepreneurs should prioritize effectuation over causation: when market signals are contradictory, predictive forecasting should be abandoned in favor of defining affordable loss, forming pre-commitments with stakeholders (suppliers, customers, and even competitors), and leveraging unexpected contingencies as opportunities rather than threats.

For policymakers in emerging and transition economies, we recommend designing capability-building interventions based on our framework. First, government enterprise agencies (such as Nigeria's SMEDAN and Albania's AIDA) should incorporate effectual bricolage workshops into their training programs, moving beyond traditional business planning curricula. Evidence from Rwanda's entrepreneurship bootcamps demonstrates that bricolage training improves crisis survival rates by thirty-four percent (Sangwa et al., 2025). Second, crisis financing mechanisms require redesign: standard loans with fixed use-cases inhibit strategic flexibility. Policymakers should develop polycrisis-response funds with reallocation clauses that allow entrepreneurs to repurpose funds across marketing activities, such as converting inventory financing into digital marketing budgets for new channels. Third, given the collapse of traditional market research validity under polycrisis, governments should invest in lightweight, real-time sensing dashboards that aggregate anonymized transaction data, logistics disruptions, and social media sentiment, thereby enabling entrepreneurial firms to augment their explorative market sensing capabilities.

For researchers, this conceptual paper acknowledges several limitations that provide opportunities for refinement. Empirically, researchers must develop objective protocols for defining and measuring polycrisis exposure, such as the number and intensity of shocks experienced over a rolling window, as current measurement protocols are nascent. The framework applies to independent SMEs and early-stage ventures but may not generalize to corporate entrepreneurship units or large multinationals with dedicated crisis teams. While we emphasize Nigeria and Albania, the framework requires empirical validation in other emerging economies (such as Vietnam and Brazil) and transition economies (such as Georgia and North Macedonia) before claiming universality. Additionally, the moderated-mediation model is static; longitudinal studies may reveal that the mediating role of bricolage changes as polycrisis evolves from acute shock to stabilization phase. Despite these limitations, this paper offers a robust foundation for empirical investigation. In an era of polycrisis, ambidextrous marketing is not a luxury—it is a necessity.

REFERENCES

Abid, N., Dowling, M., Ceci, F., & Aftab, J. (2023). Does resource bricolage foster SMEs' competitive advantage and financial performance? A resource-based perspective. *Business Strategy and the Environment*, 32(8), 5833–5853.

AlQahtani, H., Badi, S., & Nasaj, M. (2025). Role of adaptive marketing capability and organisational agility in the resilience of B2B manufacturing companies during crises. *Journal of Business & Industrial Marketing*, 40(5), 1106–1130.

AlZboon, M. I. (2025). Strategic agility and its role in achieving organizational creativity. In *Innovative law and business in the digital era* (pp. 225–238). Springer.

Anukam, I. A., & Otakwu, E. (2025). Entrepreneurial marketing in Nigeria: History, theory, and evidence from selected business enterprises. *BW Academic Journal*, 2.

Arias Gonzales, M. (2026). *Determinants of venture capital funds' investment decisions in early-stage startups* (Doctoral dissertation). Politecnico di Torino.

Baker, T., & Nelson, R. E. (2005). Creating something from nothing: Resource construction through entrepreneurial bricolage. *Administrative Science Quarterly*, 50(3), 329–366.

Bürgel, T. R., Hiebl, M. R., & Pielsticker, D. I. (2023). Digitalization and entrepreneurial firms' resilience to pandemic crises. *Technological Forecasting and Social Change*, 186, 122135.

Chandan, A. (2024). Unveiling customer personalities using segmentation and exploratory data analysis. *Health Leadership and Quality of Life*, 3, 1.

Chen, S., Cai, J., Bogatyreva, K., & Quansah, E. (2025). Digital transformation of SMEs in times of uncertainty: Effectuation perspective. *Journal of Entrepreneurship in Emerging Economies*, 17(2), 483–506.

Dahlquist, S., & Lehnert, K. (2023). Strategic orientation: Market changer or market defender? *Journal of Macromarketing*, 43(1), 5–16.

Dawa, S., Mulira, F., & Aruo, F. (2025). Entrepreneurial bricolage and entrepreneurial success among female entrepreneurs. *Journal of Small Business & Entrepreneurship*. Advance online.

Duci, E. (2025, January). The financial impact of tourism in Albania. In *Proceedings of the 15th International Scientific Conference*.

Fendt, J. (2025). Exapt, adapt, disrupt: A conceptual framework for systemic innovation. *Journal of Entrepreneurship and Business Innovation*, 12(1), 1–12.

Filip, A. (2025). Relationship marketing: A paradigm shift in marketing. In *Marketing theory and practice in Romania* (pp. 29–45). Springer.

Froehlich, C., Reinhardt, L. B., Schreiber, D., & Eberle, L. (2025). Dynamic capabilities for digital transformation. *Benchmarking: An International Journal*, 32(5), 1541–1558.

Hayes, A. F. (2022). *Introduction to mediation, moderation, and conditional process analysis* (3rd ed.). Guilford Press.

Jayampathi, E. K. (2025). Entrepreneurial bricolage, agility, and organizational performance. *South Asian Journal of Business Insights*, 4(2).

Jones, P., Dekker, I., & Dubrawski, K. L. (2026). Towards stable regenerative systems. *Sustainability Science*. Advance online.

Konola, H. (2023). *The relationship between corporate foresight, dynamic capabilities and ambidexterity* (Master's thesis).

Kose, B. O. (2024). Towards agile marketing. In *AI and data engineering solutions for effective marketing* (pp. 140–160). IGI Global.

Kovács, O. (2023). *Reversing the great suppression*.

Lambe, E. O. (2025). Nigeria's political economy in the post-subsidy era. *Journal of Governance and Development*, 21(2), 29–47.

Lee, Y., Kim, J., Mah, S., & Karr, A. (2024). Entrepreneurship in times of crisis. *Entrepreneurship Research Journal*, 14(3), 905–950.

Madigoe, T. (2024). *Investigating effectuation theory application* (Doctoral dissertation). University of Pretoria.

Mark, S., Holder, S., Hoyer, D., Schoonover, R., & Aldrich, D. P. (2025). Understanding polycrisis. *Global Sustainability*, 8, e35.

Marzantowicz, Ł. (2026). Theoretical reflections on resilience as a strategic capability. *Kwartalnik Nauk o Przedsiębiorstwie*, 1(79), 53–72.

Mueller-Saegebrecht, S., & Walter, A. T. (2025). Strategic agility—An urgent capability. *Strategic Change*, 34(3), 407–428.

Nuhu, N., Edeh, J., Osuji, J., & Tajeddin, M. (2026). How internally displaced entrepreneurs in sub-Saharan Africa restart their ventures. *International Journal of Entrepreneurial Behavior & Research*. Advance online.

Ou, J., & Wong, I. A. (2024). Moving through the storm. *SAGE Open*, 14(2), 21582440241239467.

Picanço Rodrigues, V., Lawrence, M., & Janzwood, S. (2025). The polycrisis is here, and system dynamics can help. *System Dynamics Review*, 41(1), e1796.

Quotb, A. B. (2024). *Developing a strategic competitive intelligence framework* (Doctoral dissertation). University of Portsmouth.

Ryman, J. A., & Roach, D. C. (2024). Innovation, effectuation, and uncertainty. *Innovation*, 26(2), 328–348.

Sangwa, S., Ndahimana, S., & Mutabazi, P. (2025). Capital light entrepreneurship in Rwanda. *Open Journal of Stewardship Economics & Ethical Innovation*, 1(2).

Yılmaz, A., & Yolcu, T. (2025). Dynamic pricing, promotions, and revenue optimization. In *Online retail marketing strategy* (p. 101).

Zhou, K. Z., & Wu, F. (2010). Strategic flexibility and firm performance. *Strategic Management Journal*, 31(5), 547–561.

USING GIS TO PROMOTE TOURISM: CASE STUDY- KOSOVO

Phd Candidate Faton Morina
Department Of Geography, University Of Tirana, Albania
ORCID: 0009-0001-7077-1148

Dr. Sc. Valbon BYTYQI
Department of Geography, University of Prishtina, Kosovo
ORCID: 0000-0002-8625-1470

Abstract
Kosovo represents the smallest countries in the Balkan Peninsula; however, it possesses significant natural, cultural, and historical potential that remains insufficiently researched and internationally promoted. Due to its favorable geographical position, Kosovo has historically served as an important crossroads for different civilizations and empires, which have left valuable traces reflected in archaeological sites, cultural monuments, and traditional architecture. At the same time, the mountainous relief and rich biodiversity of the country provide important opportunities for the development of sustainable tourism, particularly hiking, ecotourism, and nature-based activities.
This study aims to analyze the role of historical and natural heritage in promoting sustainable tourism development, with a particular focus on the municipality of Suhareka as one of the most representative cultural and historical regions in Kosovo. The research methodology is based on the analysis of official documents, archaeological and historical sources, Geographic Information Systems (GIS), spatial analysis, and field research. The integration of GIS technologies with field observations enables the identification, mapping, and interpretation of sites with tourism and heritage value.
The findings are expected to contribute to the promotion and sustainable management of cultural and natural heritage, while also increasing the international visibility of Kosovo's tourism potential. Furthermore, the study emphasizes the importance of modern geospatial technologies in heritage interpretation, tourism planning, and environmental conservation.
Keywords: Kosovo, GIS, archeological and historical facts, promote tourism.

DIGITAL STEWARDSHIP AND WORKPLACE WELL-BEING IN LISBON FAMILY BUSINESSES

José Moleiro Martins
Department of Management, ISCAL-Polytechnic University of Lisbon, Av. Miguel Bombarda 20, 1069-035 Lisboa, Portugal, Instituto Universitário de Lisboa (ISCTE-IUL), Business Research Unit (BRU-IUL), Lisboa, Portugal.
ORCID: 0000-0001-6853-2917

Cecília Morais Martins
Department of Law, ISCAL-Polytechnic University of Lisbon, Av. Miguel Bombarda 20, 1069-035 Lisboa, Portugal.

Abstract
This study examines the relationship between e-leadership, knowledge management process capabilities, and workplace well-being in software development organizations operating in the Lisbon district. Drawing on e-leadership and knowledge management literature, the study investigates how digital leadership practices influence employee well-being directly and indirectly through organizational knowledge-sharing processes. A quantitative cross-sectional research design was adopted, and data were collected through an online survey from 223 employees working in software development companies. Structural equation modeling was used to test the proposed relationships among the variables. The findings reveal that e-leadership positively influences workplace well-being and knowledge management process capabilities. The results also show that knowledge management process capabilities positively affect workplace well-being and partially mediate the relationship between e-leadership and workplace well-being. The study highlights the importance of digital leadership competencies and collaborative knowledge-sharing practices in supporting employee well-being in virtual work environments. The findings contribute to the literature on digital leadership and provide practical implications for organizations seeking to improve employee experiences and organizational effectiveness in technology-driven workplaces.
Keywords: E-leadership; Workplace well-being; Knowledge management; Software development organizations; Digital leadership

Introduction
The increasing digitalization of organizations has transformed how employees communicate, collaborate, and perform their work. In this context, leadership practices have also evolved, leading to the emergence of e-leadership as an important organizational capability. E-leadership refers to the use of advanced information and communication technologies to influence employees, support collaboration, and facilitate organizational goals in digitally mediated environments (Avolio et al., 2000). As organizations increasingly rely on virtual work structures, digital communication systems, and remote collaboration, leaders must develop competencies that support both organizational performance and employee well-being.
Software development organizations are particularly dependent on digital technologies and knowledge-intensive processes. Employees in this sector frequently work in virtual or hybrid environments that require continuous communication, rapid knowledge exchange, and technological adaptability. Consequently, organizations require leaders who can effectively manage digital communication, support collaboration, and encourage knowledge-sharing behaviors among employees (Contreras et al., 2020). E-leadership has therefore become essential for maintaining employee engagement, innovation, and organizational sustainability in technology-driven workplaces (Chamakiotis et al. 2021).
Alongside technological transformation, workplace well-being has emerged as a critical organizational concern. Workplace well-being refers to employees' positive psychological and emotional experiences at work, including satisfaction, motivation, and work-related affect (Alkhayyal & Bajaba, 2023). Organizations increasingly recognize that employee well-being contributes to productivity, creativity, organizational commitment, and long-term performance. In digital work environments, however, employees may face communication challenges, stress, social isolation, and rapid technological

changes. Effective leadership is therefore necessary to create supportive work conditions and maintain employee well-being.

Prior studies suggest that e-leadership positively influences workplace well-being by promoting trust, communication, flexibility, and employee support (Ahmed et al., 2020). Leaders who effectively use digital technologies can strengthen relationships with employees, facilitate teamwork, and improve organizational responsiveness. However, leadership alone may not fully explain how organizations sustain employee well-being in virtual environments. Knowledge-related organizational capabilities also play a significant role.

Knowledge management process capabilities refer to organizational abilities related to creating, storing, sharing, and applying knowledge resources. In knowledge-intensive industries such as software development, these capabilities are critical for innovation, problem-solving, and organizational learning. Organizations that effectively manage knowledge are better able to adapt to changing environments and maintain competitive advantages (Centobelli et al., 2017). Knowledge-sharing processes also improve collaboration and reduce uncertainty among employees, thereby supporting workplace well-being.

The relationship between e-leadership and knowledge management is particularly important in virtual work settings. E-leaders facilitate communication and collaboration through digital technologies, enabling employees to exchange knowledge across teams and organizational boundaries. Through supportive leadership practices, organizations can strengthen knowledge management process capabilities and create more collaborative work environments (Mills et al., 2011). These processes may ultimately improve employee well-being by reducing work-related stress, increasing support, and enhancing employees' ability to perform effectively.

Although previous research has separately examined e-leadership, knowledge management, and workplace well-being, limited attention has been given to their integrated relationship, particularly in software development companies. Existing studies have mainly focused on traditional organizational settings or examined direct relationships between leadership and employee outcomes (Ahmed et al., 2020; Alkhayyal & Bajaba, 2023). Less research has explored how knowledge management process capabilities mediate the relationship between e-leadership and workplace well-being in digital work environments.

This gap is important because software development organizations operate in highly dynamic and technology-driven contexts where employees depend on continuous learning, collaboration, and digital interaction. In such environments, the effectiveness of e-leadership may depend not only on communication and technological competence but also on the organization's ability to support knowledge-sharing processes. Leaders who encourage collaboration and facilitate access to knowledge resources may strengthen organizational learning and improve employee experiences at work.

The present study addresses this gap by examining the impact of e-leadership competencies on workplace well-being, with knowledge management process capabilities acting as a mediating mechanism. The study focuses on software development companies operating in Punjab, Pakistan, where digital transformation and remote work practices are increasingly shaping organizational operations. By examining these relationships, the study contributes to the growing literature on digital leadership and organizational well-being.

The study also contributes theoretically by integrating perspectives from e-leadership and knowledge management research. It highlights how leadership practices in digital environments influence organizational processes that support employee well-being. In addition, the study provides practical implications for organizations seeking to improve employee experiences in technology-oriented workplaces. Developing e-leadership competencies and strengthening knowledge management capabilities may help organizations foster collaborative cultures, improve communication, and enhance workplace well-being.

Overall, this research emphasizes that successful digital transformation requires more than technological investment alone. Organizations must also develop leadership practices and knowledge-sharing systems that support employees in increasingly virtual and knowledge-intensive environments. Understanding the relationship between e-leadership, knowledge management process capabilities, and workplace well-being can therefore help organizations create healthier and more productive workplaces in the digital era.

Literature Review

E-leadership and Workplace Well-being

E-leadership refers to leadership practices supported through digital technologies and virtual communication systems (Avolio et al., 2000). As organizations increasingly adopt remote and hybrid work structures, leaders are required to coordinate employees through digital platforms while maintaining collaboration, trust, and employee engagement. Unlike traditional leadership, e-leadership emphasizes communication through technology-mediated environments and requires competencies related to digital interaction, adaptability, and virtual team management (Contreras et al., 2020).

In technology-intensive sectors such as software development, employees frequently work across distributed teams and depend heavily on online communication and collaboration tools. Under these conditions, leaders play an important role in supporting employee well-being by encouraging communication, reducing uncertainty, and creating supportive work environments. Previous studies indicate that effective e-leadership improves employee satisfaction, motivation, and organizational commitment (Ahmed et al., 2020).

Workplace well-being refers to positive psychological functioning and satisfaction experienced by employees within the workplace (Alkhayyal & Bajaba, 2023). In virtual environments, employee well-being may be influenced by communication quality, leadership support, workload management, and social connectedness. E-leaders who provide guidance, maintain regular communication, and encourage collaboration may strengthen employees' emotional well-being and reduce feelings of isolation.

Research has demonstrated that supportive digital leadership contributes to healthier work environments and improves employee experiences in organizations adopting remote work practices (Wang et al., 2021). Therefore, e-leadership can be considered an important predictor of workplace well-being in digitally driven organizations.

H1: *E-leadership positively influences workplace well-being*.

E-leadership and Knowledge Management Process Capabilities

Knowledge management process capabilities involve the creation, storage, sharing, and application of organizational knowledge. In knowledge-intensive industries, these processes support innovation, organizational learning, and operational efficiency. Software development organizations particularly rely on knowledge exchange because employees continuously work with evolving technologies, complex problem-solving tasks, and collaborative projects.

Digital leaders contribute to knowledge management by facilitating communication, encouraging information sharing, and supporting collaboration through technological systems. E-leaders help employees access relevant information and create environments where knowledge can be exchanged effectively across teams and departments (Contreras et al., 2020).

Organizations with strong e-leadership practices are more likely to develop collaborative cultures that support learning and knowledge sharing. In virtual environments, leaders who encourage open communication and digital interaction improve employees' willingness to exchange expertise and organizational knowledge. Previous research suggests that leadership behaviors significantly influence knowledge management capabilities and organizational learning processes (Mills et al., 2011).

H2: *E-leadership positively influences knowledge management process capabilities*.

Knowledge Management Process Capabilities and Workplace Well-being

Knowledge management process capabilities not only improve organizational performance but also support employee well-being. Employees working in organizations with effective knowledge-sharing systems experience greater collaboration, clearer communication, and better access to information required for their tasks.

In digital work environments, the availability of knowledge resources reduces uncertainty and enhances employees' ability to solve problems effectively. Knowledge-sharing practices also strengthen teamwork and social support, which contribute positively to workplace well-being (Centobelli et al., 2017).

When organizations encourage learning and collaboration, employees feel more supported and engaged in their work. Effective knowledge management processes therefore create positive work environments that improve employee satisfaction and reduce work-related stress.

H3: *Knowledge management process capabilities positively influence workplace well-being*.

Mediating Role of Knowledge Management Process Capabilities

The relationship between e-leadership and workplace well-being may be partially explained through knowledge management process capabilities. E-leaders influence how knowledge is shared, communicated, and applied within organizations. Through digital communication tools and collaborative leadership practices, leaders facilitate knowledge exchange among employees.

As employees gain access to organizational knowledge and collaborative support, they become more capable of performing their work effectively and adapting to changing demands. These processes improve organizational learning and contribute to positive employee experiences.

In software development organizations, where work depends heavily on continuous learning and information exchange, knowledge management capabilities may strengthen the effect of e-leadership on employee well-being. Leaders who support digital collaboration and knowledge sharing indirectly improve workplace well-being by fostering more connected and supportive work environments.

H4: *Knowledge management process capabilities mediate the relationship between e-leadership and workplace well-being*.

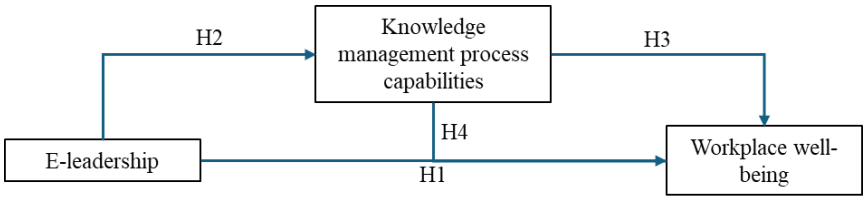
Conceptual Framework

Based on the literature, this study proposes that e-leadership directly influences workplace well-being and indirectly affects it through knowledge management process capabilities. E-leadership supports communication, collaboration, and digital interaction, which strengthen organizational knowledge processes. In turn, these processes contribute to employee satisfaction, engagement, and well-being within digital work environments.

The proposed framework highlights the importance of combining leadership competencies with organizational knowledge practices to improve employee outcomes in software development organizations. The relationships among the study variables are illustrated in Figure 1.

The framework is also supported by prior studies emphasizing the role of intergenerational collaboration, leadership support, and knowledge-sharing practices in enhancing well-being and organizational effectiveness.

Figure 1. Conceptual framework



Methodology

Research Design

This study adopted a quantitative, cross-sectional research design to examine the relationship between e-leadership, knowledge management process capabilities, and workplace well-being. A survey-based approach was considered appropriate because it enabled the collection of standardized data from employees working in software development organizations.

The study focused on software development companies operating in the Lisbon district, where digital transformation and technology-oriented work environments have become increasingly important. The research design aimed to evaluate employees' perceptions regarding leadership practices, knowledge-sharing processes, and workplace well-being within digitally mediated work settings.

Population and Sampling

The target population consisted of employees working in software development companies located in the Lisbon district. Participants included employees occupying managerial and professional roles within organizations using digital communication systems and virtual collaboration practices.

A purposive sampling technique was used to select respondents with relevant experience in digital work environments. Data were collected through an online questionnaire distributed to employees across different software development organizations.

A total of 300 questionnaires were distributed, and 223 valid responses were received and included in the final analysis. The sample size was considered adequate for statistical analysis and hypothesis testing.

Data Collection

Data were collected using a structured questionnaire adapted from previously validated studies. The questionnaire consisted of four sections: demographic information, e-leadership competencies, knowledge management process capabilities, and workplace well-being.

All items were measured using a five-point Likert scale ranging from 1 ("strongly disagree") to 5 ("strongly agree"). The questionnaire was distributed electronically to facilitate access to employees working in digital and remote environments.

Participation in the study was voluntary, and respondents were informed that their answers would remain confidential and used only for academic purposes.

Measurement of Variables

E-leadership was measured through items assessing leaders' ability to communicate effectively through digital technologies, support collaboration, and manage employees in virtual environments.

Knowledge management process capabilities were measured using items related to knowledge creation, sharing, storage, and application within organizations.

Workplace well-being was assessed through employees' perceptions of satisfaction, emotional well-being, and positive experiences at work.

The measurement scales used in this study were adapted from established literature to ensure reliability and validity.

Data Analysis

The collected data were analyzed using SPSS and AMOS software. Descriptive statistics were used to summarize demographic information and variable characteristics.

Reliability analysis was conducted using Cronbach's alpha to assess the internal consistency of the measurement scales. Confirmatory factor analysis (CFA) was performed to evaluate construct validity.

Structural equation modeling (SEM) was applied to test the proposed hypotheses and examine the mediating role of knowledge management process capabilities in the relationship between e-leadership and workplace well-being.

Ethical Considerations

The study followed standard ethical research procedures. Participants were informed about the purpose of the research and their right to withdraw at any stage of the study.

No personal identifying information was collected, and all responses were treated confidentially. The data were used solely for academic and research purposes.

Results

Demographic Profile of Respondents

A total of 223 valid responses were collected from employees working in software development companies in the Lisbon district. The demographic analysis showed that most respondents were male (61.4%), while 38.6% were female. Regarding age, the majority of participants were between 26 and 35 years old (47.5%), followed by employees aged between 36 and 45 years (31.8%). Most respondents held bachelor's or master's degrees and had professional experience of more than three years in software development organizations. Table 1 presents the demographic characteristics of the respondents.

Table 1. Demographic Profile of Respondents (N = 223)

Variable	Category	Frequency	Percentage
Gender	Male	137	61.4%
	Female	86	38.6%
Age	18–25 years	32	14.3%
	26–35 years	106	47.5%
	36–45 years	71	31.8%
	Above 45 years	14	6.4%
Education	Bachelor's Degree	118	52.9%
	Master's Degree	87	39.0%
	Doctorate	18	8.1%
Experience	1–3 years	51	22.9%
	4–6 years	94	42.2%
	Above 6 years	78	34.9%

Note: N = 223. Percentages are rounded to one decimal place.

Reliability and Validity Analysis

Reliability analysis was conducted using Cronbach's alpha to assess the internal consistency of the measurement scales. The results demonstrated acceptable reliability levels for all constructs, as all Cronbach's alpha values exceeded the recommended threshold of 0.70.

CFA was also conducted to evaluate convergent validity. Factor loadings, composite reliability, and average variance extracted values satisfied the recommended criteria.

The results are presented in Table 2.

Table 2. Reliability and Validity Analysis

Construct	Cronbach's Alpha	CR	AVE
E-leadership	0.89	0.91	0.64
Knowledge Management Process Capabilities	0.87	0.90	0.61
Workplace Well-being	0.91	0.93	0.67

Note: CR = Composite Reliability; AVE = Average Variance Extracted. All values exceed recommended thresholds.

Correlation Analysis

Pearson correlation analysis was performed to examine the relationships among the study variables. The findings revealed positive and significant relationships between e-leadership, knowledge management process capabilities, and workplace well-being.

E-leadership showed a strong positive relationship with workplace well-being ($r = 0.61$, $p < 0.01$) and knowledge management process capabilities ($r = 0.66$, $p < 0.01$). Knowledge management process capabilities were also positively associated with workplace well-being ($r = 0.58$, $p < 0.01$).

The correlation results are shown in Table 3.

Table 3. Correlation Matrix

Variables	1	2	3
1. E-leadership	1		
2. Knowledge Management Process Capabilities	0.66**	1	
3. Workplace Well-being	0.61**	0.58**	1

Note: **p < 0.01.

4.4 Hypothesis Testing

SEM was used to test the proposed hypotheses. The model demonstrated acceptable fit indices, indicating that the proposed framework adequately represented the data.

The results showed that e-leadership had a positive and significant effect on workplace well-being ($\beta = 0.42$, $p < 0.001$), supporting Hypothesis 1. E-leadership also positively influenced knowledge management process capabilities ($\beta = 0.63$, $p < 0.001$), supporting Hypothesis 2.

Knowledge management process capabilities positively affected workplace well-being ($\beta = 0.36$, $p < 0.001$), supporting Hypothesis 3.

The direct and indirect effects are summarized in Table 4.

Table 4. Structural Model Results

Hypothesis	Relationship	β	t-value	Result
H1	E-leadership → Workplace Well-being	0.42	6.88	Supported
H2	E-leadership → Knowledge Management Process Capabilities	0.63	9.47	Supported
H3	Knowledge Management Process Capabilities → Workplace Well-being	0.36	5.92	Supported

Note: β = standardized regression coefficient. All paths are significant at $p < 0.001$.

Mediation Analysis

The mediating effect of knowledge management process capabilities was tested using bootstrapping procedures. The indirect effect of e-leadership on workplace well-being through knowledge management process capabilities was positive and statistically significant.

The findings indicate that knowledge management process capabilities partially mediate the relationship between e-leadership and workplace well-being. This suggests that e-leadership improves employee well-being both directly and indirectly by strengthening organizational knowledge-sharing processes.

The mediation results are presented in Table 5.

Table 5. Mediation Analysis

Relationship	Indirect Effect	Confidence Interval	Result
E-leadership → KMPC → Workplace Well-being	0.23	0.14 – 0.31	Partial Mediation

Note: Bootstrapping was conducted with 5,000 resamples. Confidence intervals excluding zero indicate significant mediation.

Summary of Findings

The results confirm that e-leadership positively influences workplace well-being and knowledge management process capabilities in software development organizations. In addition, knowledge management process capabilities significantly improve workplace well-being and partially mediate the relationship between e-leadership and employee well-being.

These findings suggest that organizations adopting digital work structures should strengthen leadership competencies and knowledge-sharing systems simultaneously to improve employee experiences and organizational performance.

Discussion and Implications

Discussion of Findings

The findings of this study demonstrate that e-leadership positively influences workplace well-being in software development organizations operating in the Lisbon district. The results indicate that leaders who effectively use digital communication technologies and support virtual collaboration contribute to healthier and more supportive work environments.

This finding is consistent with previous studies suggesting that digital leadership improves employee engagement, communication quality, and psychological well-being in virtual work settings (Contreras et al., 2020; Ahmed et al., 2020).

The positive relationship between e-leadership and knowledge management process capabilities also supports prior research emphasizing the importance of leadership in facilitating organizational learning and knowledge sharing (Mills et al., 2011). Leaders who encourage collaboration and communication through digital platforms strengthen employees' ability to exchange and apply knowledge effectively. In software development organizations, where continuous learning and innovation are essential, these capabilities become particularly important.

The results further show that knowledge management process capabilities positively affect workplace well-being. Employees working in organizations with effective knowledge-sharing systems experience greater support, reduced uncertainty, and improved collaboration. These findings align with the work of Centobelli et al. (2017), who argued that knowledge management processes improve organizational effectiveness and employee experiences by enhancing communication and collective problem-solving.

The mediation analysis revealed that knowledge management process capabilities partially mediate the relationship between e-leadership and workplace well-being. This suggests that e-leadership not only directly improves employee well-being but also strengthens organizational processes that create supportive and collaborative work environments. The findings reinforce the argument that digital leadership and knowledge management should be viewed as interconnected organizational capabilities rather than separate processes.

Overall, the results confirm that organizations operating in digital and knowledge-intensive environments require leadership approaches that support communication, collaboration, and organizational learning. The study also highlights the growing importance of integrating technological leadership with knowledge-sharing practices to improve employee well-being in virtual work settings.

Theoretical Implications

This study contributes to the literature on e-leadership, workplace well-being, and knowledge management by integrating these concepts into a single framework. Previous research has often examined these variables independently, particularly in traditional organizational contexts. The present study extends existing knowledge by demonstrating how e-leadership influences workplace well-being both directly and indirectly through knowledge management process capabilities.

The findings support the perspective of Avolio et al. (2000), who emphasized that leadership in digital environments requires more than technological competence alone. Effective e-leadership also involves communication, trust-building, and collaboration. The study further contributes to knowledge management literature by showing that organizational knowledge processes are not only performance-related mechanisms but also important contributors to employee well-being.

In addition, the study expands research on workplace well-being in technology-oriented organizations. Previous studies have largely focused on employee stress, burnout, or remote work challenges (Wang et al., 2021). This research instead highlights the positive organizational mechanisms that improve employee experiences in digital work environments.

The mediation findings also provide theoretical support for the view that organizational processes explain how leadership influences employee outcomes. Knowledge management process capabilities function as an important organizational mechanism through which leadership practices affect employee well-being.

Practical Implications

The findings provide several practical implications for software development organizations and managers operating in digital work environments.

First, organizations should invest in the development of e-leadership competencies. Leaders require training in digital communication, virtual collaboration, and employee support to manage remote and hybrid teams effectively. Organizations that strengthen these competencies may improve employee satisfaction and organizational performance.

Second, the results suggest that organizations should strengthen knowledge management process capabilities by encouraging knowledge sharing, collaboration, and organizational learning.

Digital platforms and collaborative systems can support communication and reduce knowledge barriers across teams.

Third, organizations should recognize that employee well-being is closely connected to organizational communication and support systems. Leaders who maintain transparent communication and encourage collaborative work cultures can reduce uncertainty and improve employees' work experiences.

Finally, software development companies should integrate leadership development with knowledge management strategies rather than treating them as separate organizational functions. The findings suggest that combining digital leadership practices with effective knowledge-sharing systems contributes to healthier and more productive work environments.

Limitations and Future Research

Despite its contributions, this study has several limitations. First, the research adopted a cross-sectional design, which limits the ability to establish long-term causal relationships among the variables.

Second, the study focused only on software development organizations operating in the Lisbon district. Future studies may examine other industries and geographical contexts to improve the generalizability of the findings.

Third, the study relied on self-reported data, which may introduce response bias. Future research could combine quantitative and qualitative approaches to obtain deeper insights into employee experiences.

Future studies may also examine additional mediating or moderating variables, such as organizational culture, digital trust, or employee resilience, to further explain the relationship between e-leadership and workplace well-being.

Conclusion

This study examined the relationship between e-leadership, knowledge management process capabilities, and workplace well-being in software development organizations operating in the Lisbon district. The findings demonstrate that e-leadership positively influences workplace well-being both directly and indirectly through knowledge management process capabilities.

The results highlight the importance of leadership practices that support communication, collaboration, and digital interaction in virtual work environments. Employees working under effective e-leadership reported higher levels of workplace well-being, while organizations with stronger knowledge management capabilities experienced more supportive and collaborative work environments.

The study also confirms that knowledge management process capabilities play an important mediating role in the relationship between e-leadership and workplace well-being. This finding suggests that organizational knowledge-sharing processes strengthen the positive effects of digital leadership on employee experiences.

Theoretically, the study contributes to the growing literature on e-leadership and workplace well-being by integrating knowledge management process capabilities into the research framework. Practically, the findings indicate that organizations should simultaneously invest in digital leadership development and knowledge-sharing systems to improve employee well-being and organizational performance.

Despite its contributions, the study is limited by its cross-sectional design and focus on software development organizations within the Lisbon district. Future research may examine additional organizational factors and explore these relationships in different industries and cultural contexts.

Overall, the study emphasizes that successful digital work environments depend not only on technological systems but also on leadership practices and organizational processes that support employees' well-being, collaboration, and continuous learning.

References

Ahmed, F., Zhao, F., & Faraz, N. A. (2020). How and when does inclusive leadership curb psychological distress during a crisis? Evidence from the COVID-19 outbreak. *Frontiers in Psychology*, *11*, 1898.

Alkhayyal, S., & Bajaba, S. (2023). The impact of e-leadership competencies on workplace well-being and job performance: The mediating role of e-work self-efficacy. *Sustainability*, *15*(6), 4724.

Avolio, B. J., Kahai, S., & Dodge, G. E. (2000). E-leadership: Implications for theory, research, and practice. *The Leadership Quarterly*, *11*(4), 615–668.

Centobelli, P., Cerchione, R., & Esposito, E. (2017). Knowledge management systems: The hallmark of SMEs. *Knowledge Management Research & Practice*, *15*(2), 294-304.

Contreras, F., Baykal, E., & Abid, G. (2020). E-leadership and teleworking in times of COVID-19 and beyond: What we know and where do we go. *Frontiers in Psychology*, *11*, 590271.

Mills, A. M., & Smith, T. A. (2011). Knowledge management and organizational performance: a decomposed view. *Journal of Knowledge Management*, *15*(1), 156-171.

Hair, J. F., Black, W. C., Babin, B. J., & Anderson, R. E. (2019). *Multivariate Data Analysis* (8th ed.). Cengage Learning.

Kline, R. B. (2016). *Principles and Practice of Structural Equation Modeling* (4th ed.). Guilford Press.

Chamakiotis, P., Panteli, N., & Davison, R. M. (2021). Reimagining e-leadership for reconfigured virtual teams due to Covid-19. *International Journal of Information Management*, *60*, 102381.

Wang, B., Liu, Y., Qian, J., & Parker, S. K. (2021). Achieving effective remote working during the COVID-19 pandemic: A work design perspective. *Applied Psychology*, *70*(1), 16-59.

ECOTOURISM IN UZBEKISTAN: ASSESSING THE DEVELOPMENT POTENTIAL, STRUCTURAL CONSTRAINTS, AND TERRITORIAL PATHWAYS WITH SPECIAL REFERENCE TO BOSTANLYK DISTRICT (TASHKENT REGION)

PhD, Senior Lecturer Sodikov Mirziyo Odiljon ugli
Tashkent State University of Economics, Tourism Faculty
ORCID: 0009-0006-9468-3667

ABSTRACT
Ecotourism is increasingly positioned as a catalyst for sustainable rural development and biodiversity conservation in emerging economies. Uzbekistan, situated at the ecological and cultural crossroads of Central Asia, possesses a rich assemblage of natural landscapes — from the Tian Shan mountain ecosystems to the ancient riverine deltas and semi-arid deserts — yet its ecotourism sector remains underdeveloped relative to its endowment. This paper employs a mixed-methods approach, combining a systematic review of published literature, government statistics, and field-level evidence to examine: (1) the theoretical frameworks underpinning ecotourism development; (2) the current state and territorial distribution of ecotourism assets in Uzbekistan; (3) the enabling policy environment; and (4) the structural barriers constraining growth. Particular attention is paid to Bostanlyk district in the Tashkent region — notably the Charvak Recreational Zone and the Ugam-Chatkal National Park — as a paradigmatic case study. Findings indicate that while international arrivals reached 8 million in 2024 and tourism revenues surged to USD 3.52 billion, ecotourism's share remains below 20% of total tourism activity, constrained by infrastructure deficits, limited certified operator capacity, and weak enforcement of environmental standards. We argue that cluster-based governance, community participation frameworks, and targeted investment in rural connectivity are preconditions for sustainable ecotourism expansion. The study concludes with actionable policy recommendations aligned with the Uzbekistan-2030 Strategy.
Keywords: ecotourism; sustainable tourism; Uzbekistan; Bostanlyk; Charvak; Ugam-Chatkal; Central Asia; community-based tourism; tourism policy; nature-based tourism.

ÖZET
Ekoturizm, giderek artan bir şekilde, gelişmekte olan ekonomilerde sürdürülebilir kırsal kalkınma ve biyoçeşitliliğin korunması için bir katalizör olarak konumlandırılmaktadır. Orta Asya'nın ekolojik ve kültürel kavşağında yer alan Özbekistan, zengin bir doğal peyzaj çeşitliliğine sahiptir (Tian Shan dağ ekosistemlerinden kadim nehir deltalarına ve yarı kurak çöllere kadar). Buna rağmen, ekoturizm sektörü, bu doğal zenginliğe kıyasla az gelişmiş durumdadır. Bu makale, aşağıdaki konuları incelemek üzere sistematik bir literatür taraması, resmî istatistikler ve saha kanıtlarını birleştiren karma yöntemli bir yaklaşım kullanmaktadır: (1) ekoturizm gelişimini destekleyen teorik çerçeveler; (2) Özbekistan'daki ekoturizm varlıklarının mevcut durumu ve bölgesel dağılımı; (3) destekleyici politika ortamı; ve (4) büyümeyi kısıtlayan yapısal engeller. Taşkent bölgesindeki Bostanlık ilçesine (özellikle Çarvak Rekreasyon Bölgesi ve Ugam-Çatkal Milli Parkı'na) paradigmatik bir vaka çalışması olarak özel bir önem atfedilmiştir. Bulgular, 2024 yılında uluslararası gelen ziyaretçi sayısının 8 milyona ve turizm gelirlerinin 3,52 milyar ABD dolarına ulaşmasına rağmen, ekoturizmin payının toplam turizm faaliyeti içinde %20'nin altında kaldığını göstermektedir. Bu durum, altyapı eksiklikleri, sınırlı sayıda sertifikalı tur operatörü kapasitesi ve çevre standartlarının zayıf uygulanması nedeniyle ortaya çıkmaktadır. Sürdürülebilir ekoturizm genişlemesi için küme tabanlı yönetişim, toplum katılımı çerçeveleri ve kırsal bağlantılığa yönelik hedefli yatırımların ön koşul olduğunu savunuyoruz. Çalışma, Özbekistan-2030 Stratejisi ile uyumlu, uygulanabilir politika önerileriyle sonuçlanmaktadır.
Anahtar Kelimeler: ekoturizm; sürdürülebilir turizm; Özbekistan; Bostanlık; Çarvak; Ugam-Çatkal; Orta Asya; toplum temelli turizm; turizm politikası; doğa temelli turizm.

INTRODUCTION
Tourism has emerged as one of the fastest-growing sectors in Uzbekistan's post-2016 reform economy. Following the country's progressive liberalization of its visa regime — which now extends visa-free access to citizens of 90 countries — and a suite of presidential decrees prioritizing tourism infrastructure,

international arrivals expanded from 6.75 million in 2019 to 8 million in 2024, generating USD 3.52 billion in export revenues (State Statistics Committee of Uzbekistan, 2024; U.S. Commercial Service, 2025). Against this backdrop of rapid quantitative growth, questions about the qualitative character and ecological sustainability of tourism development have acquired pressing relevance.

Ecotourism — defined by the International Ecotourism Society (TIES, 2015) as responsible travel to natural areas that conserves the environment, sustains the well-being of the local people, and involves interpretation and education — occupies a theoretically central but practically marginal role in Uzbekistan's current tourism economy. The country's vast natural endowment, which encompasses alpine ecosystems in the Tian Shan and Pamir-Alai ranges, semi-arid steppe and desert biomes, and riparian corridors supporting exceptional biodiversity, represents an underutilised comparative advantage in a global ecotourism market projected to reach USD 374 billion by 2027 (Grand View Research, 2022).

The geographic focus of this study — Bostanlyk district in the Tashkent region — is particularly instructive. Situated 50–200 km northeast of the capital, Bostanlyk is home to the Charvak Tourist Recreational Zone (TRZ), the Ugam-Chatkal National Park (a UNESCO-designated site since 2016), and the Chimgan-Beldersay mountain resort corridor. It thereby offers a compressed laboratory in which the tensions between mass recreational tourism and ecotourism principles play out with unusual clarity. The district has attracted successive presidential decrees (PD-6053, 2020; PD-5273, 2020) mandating its integrated development while ostensibly preserving its unique natural potential.

This paper makes three contributions to the emerging literature on Central Asian ecotourism. First, it synthesizes fragmented empirical evidence into a coherent account of Uzbekistan's ecotourism landscape across multiple territorial scales. Second, it problematizes the policy-practice gap, examining the discrepancy between ambitious national strategies and on-the-ground implementation deficits. Third, it situates Uzbekistan within a comparative regional framework, benchmarking performance against Kazakhstan, Kyrgyzstan, and global exemplar economies, thereby identifying transferable lessons.

CONCEPTUAL FRAMEWORK

The concept of ecotourism emerged in the academic and practitioner literature in the late 1980s, shaped principally by the work of Héctor Ceballos-Lascuráin (1987), who emphasized nature-based travel as a tool for conservation financing. Subsequent scholars have both refined and contested this definition. Fennell (2008) underscored the ethical imperative embedded in ecotourism, arguing that it must generate concrete conservation outcomes rather than merely exploit naturalistic settings for commercial gain. Buckley (2009, 2024) extended this framework to distinguish between certified and uncertified ecotourism products, cautioning that market expansion often dilutes ecological integrity.

Within the sustainable tourism literature, the theoretical edifice most often applied to ecotourism planning is Butler's (1980) Tourism Area Life Cycle (TALC) model, which posits that destinations move through exploration, involvement, development, consolidation, stagnation, and decline or rejuvenation phases. Applied to Bostanlyk, which exhibits accelerating demand pressure while institutional capacity remains limited, the TALC model predicts heightened overdevelopment risk without proactive carrying capacity management (Sodikov, 2023), (Gössling & Hall, 2023).

The Community-Based Ecotourism (CBET) paradigm — articulated by Scheyvens (1999) and empirically examined in Central Asian contexts by Saidmamatov et al. (2021) — adds a social equity dimension, arguing that local community participation is not merely instrumental for stakeholder acceptance but constitutive of the ecotourism product's authenticity and sustainability. The Nuratau-Kyzylkum Community-Based Tourism (CBT) initiative in Uzbekistan has been studied as an approximation of this model, though with documented weaknesses in benefit distribution and governance accountability (Saidmamatov et al., 2021).

More recently, the integration of heritage conservation with ecological tourism — what Bogeryuk (2024) terms Cultural Ecological Integration Complex (CEIC) modelling — has gained traction in Uzbekistan-specific research. A benefit-cost ratio of 2.68 was established for such integrated mechanisms in the Bukhara region, with projected ecotourism revenues potentially reaching USD 142.5 million by 2030 under optimistic scenarios (CAGR 41.2%), suggesting that properly structured

ecotourism clusters represent compelling investment propositions (American Journal of Social and Humanitarian Research, 2026).

Global and regional ecotourism trends

Global ecotourism growth has consistently outpaced overall tourism expansion since the early 2000s, averaging 10–15% per annum and representing approximately 7% of total global travel spending (TIES, 2024). The COVID-19 pandemic paradoxically accelerated interest in nature-based travel as urban populations sought dispersed, outdoor experiences, producing a structural demand shift that persisted into 2024 (UNWTO, 2024). Central Asia has emerged as a frontier destination within this trend, with Kyrgyzstan's community-based trekking network and Kazakhstan's steppe and mountain assets attracting growing international attention.

Uzbekistan's comparative positioning within Central Asia is instructive. Kyrgyzstan, despite a much smaller economy, operates approximately 84 active community-based tourism sites versus Uzbekistan's 12, reflecting differences in the maturity of civil society organizations and the depth of rural tourism entrepreneurship. Kazakhstan, while outperforming Uzbekistan in absolute arrival numbers (9.3 million in 2024), shows a lower tourism GDP share (3.1% vs. 4.8%), suggesting that Uzbekistan's stronger cultural heritage pull complements rather than competes with ecotourism development (Sodikov,2024).

The determinants of sustainable tourism adoption in the Uzbek context have been empirically investigated through structural equation modelling. Employing a PLS-SEM framework grounded in the Theory of Planned Behavior, recent research found that government policy support (β=0.41), environmental awareness (β=0.33), and local community participation (β=0.22) are the strongest predictors of ecotourism adoption intention, with the model explaining 58% of the variance (Multidisciplinary Journal of Science and Technology, 2026). These findings underscore the primacy of institutional conditions over natural endowment in determining whether ecotourism potential is realized.

Bostanlyk district has not received systematic scholarly attention commensurate with its tourism significance, and this represents a notable gap in the literature that the present study seeks to address. Existing work has concentrated either on Charvak as a recreational amenity for Tashkent residents (Uzbekistan Travel, 2024) or on the Ugam-Chatkal National Park as a biodiversity reserve (Times of Israel, 2021), with limited integration of ecotourism theory and empirical analysis. The district's dual identity — as both a mass-recreational destination (characterized by weekend beach visits, ski tourism, and large resort complexes) and an ecotourism frontier (wilderness trekking, wildlife observation, archaeological heritage) — creates conceptual tensions that prior literature has not fully explored.

The 2022 press conference on the Charvak TRZ integrated development project (Ministry of Tourism and Sports, 2022) articulated an official planning vision prioritizing eco-carcass systems, environmentally friendly transport, and the preservation of traditional mountain village architecture. This vision aligns with international ecotourism best practice but lacks, in the available public documentation, a rigorous environmental impact assessment, a biodiversity baseline, or a community benefit distribution mechanism — lacunae that constitute substantive analytical objects for the present study.

Synthesizing the foregoing review, the following research gaps are identified: (1) absence of a multi-site territorial analysis of ecotourism assets across Uzbekistan's diverse biomes; (2) limited empirical work on carrying capacity and ecological footprint in high-demand zones such as Bostanlyk; (3) insufficient comparative analysis placing Uzbekistan within regional and global ecotourism development trajectories; and (4) inadequate attention to the institutional architecture — certification systems, community governance structures, environmental monitoring — necessary to translate resource endowment into sustainable ecotourism product. This study is designed to address these gaps directly.

METHODOLOGY

This study adopts an integrative mixed-methods research design combining: (a) a systematic literature review; (b) secondary statistical analysis of national tourism data; and (c) contextual case study synthesis. The design is appropriate given the exploratory and descriptive objectives of the study, the current scarcity of primary field data in this domain, and the need to triangulate insights across multiple data sources to compensate for individual source limitations.

A systematic search was conducted across the following databases: Scopus, Web of Science, Google Scholar, and EconLit. Search strings combined controlled vocabulary and free text, including: ('ecotourism' OR 'sustainable tourism' OR 'nature-based tourism') AND ('Uzbekistan' OR 'Central Asia' OR 'Bostanlyk' OR 'Charvak' OR 'Ugam-Chatkal'). Searches were restricted to publications from 2000 to 2025. Of 312 records initially identified, 78 were retained following title and abstract screening, with 42 included in the final synthesis after full-text review. Grey literature — government decrees, ministerial reports, UNDP/GIZ project documents, UNWTO country profiles — was also consulted systematically.

Quantitative data were drawn from: the State Statistics Committee of the Republic of Uzbekistan (annual tourism yearbooks, 2019–2024); the State Committee on Tourism Development annual reports; UNWTO Tourism Highlights 2024; the World Bank Uzbekistan Economic Update; WTTC Economic Impact Research (Uzbekistan factsheet); and Statista Market Forecast data. Visitor estimates for individual ecotourism zones were derived from a combination of official park reports and operator-reported data cited in reviewed publications, and should be treated as indicative rather than precise.

Bostanlyk district was selected as the primary case study on the grounds of: (i) highest concentration of ecotourism assets in a single administrative unit; (ii) availability of policy documentation enabling process-tracing; and (iii) its role as the primary spatial target of recent government ecotourism investment. The case study analysis follows Yin's (2018) replication logic, using multiple embedded units (Charvak TRZ, Ugam-Chatkal NP, Chimgan-Beldersay corridor) within the overarching case. Secondary case references to Nuratau-Kyzylkum, the Aral Sea region, and Kyzylkum Desert provide comparative contrast.

Analytical framework

Analysis is structured around a SWOT matrix (Strengths, Weaknesses, Opportunities, Threats) for Uzbekistan's ecotourism sector, supplemented by a multi-criteria comparative benchmarking table placing Uzbekistan alongside regional and global comparators. Thematic coding of qualitative documentary material was performed iteratively, with emergent themes cross-validated against the quantitative data. Findings are interpreted through the lens of the TALC model and CBET theory as outlined in the literature review.

Table 1 summarizes Uzbekistan's tourism performance from 2019 to 2024, incorporating both aggregate and ecotourism-specific indicators. The data reveal three analytically distinct phases: a pre-pandemic growth phase (2019), a deep pandemic contraction (2020, -68.9%), and a strong multi-year recovery (2021–2024). Most significantly for this study, ecotourism's share of total tourism activity increased from 8.3% in 2019 to an estimated 18.1% in 2024, suggesting that the pandemic's preference-shifting effect disproportionately benefited nature-based tourism relative to urban cultural tourism. Domestic tourism has emerged as a key stabilizing factor throughout, with domestic arrivals recovering more rapidly than international flows.

Table 1: Key tourism performance indicators, Uzbekistan, 2019–2025

Year	Total Int'l Arrivals (M)	Tourism Revenue (USD bn)	Domestic Tourists (M)	Ecotourism Share (%)	YoY Growth (%)
2019	6.75	1.70	14.2	8.3	+18.4
2020	2.10	0.45	7.8	11.2	−68.9
2021	3.40	0.82	9.1	13.7	+61.9
2022	5.27	1.20	11.4	14.9	+55.0
2023	6.60	2.14	13.8	16.2	+25.2
2024	8.00	3.52	15.6	18.1	+21.2
2025	**11.7**	**≥4.4***	**~17.5***	**~19.5***	**+46.3**

** Domestic tourist and ecotourism share figures for 2025 are author estimates pending official yearbook release. Tourism revenue is confirmed at ≥USD 4.4B by the Tourism Committee; full-year figure may reach USD 4.7–4.8B per some sources.*

Sources: State Statistics Committee of Uzbekistan (2024); State Committee on Tourism Development Annual Report (2023); UNWTO Tourism Highlights (2024); Author estimates for ecotourism share based on operator data.

Table 2 presents a comparative assessment of Uzbekistan's principal ecotourism zones. The analysis reveals striking heterogeneity in both visitation volume and infrastructure development. Bostanlyk district (including Charvak and Chimgan) dominates in visitor numbers (~500,000 annually), reflecting its proximity to the 3-million-strong Tashkent metropolitan area and well-developed access infrastructure. The Ugam-Chatkal National Park, contiguous with Bostanlyk yet distinctly different in character, receives approximately 120,000 visitors — a number likely constrained below carrying capacity by trail infrastructure limitations rather than environmental sensitivity. Community-based destinations in Nuratau-Kyzylkum and the Aral Sea region attract much smaller but often higher-value international visitor segments.

Table 2. Major Ecotourism Zones in Uzbekistan: Comparative Assessment

Ecotourism Zone	Region / Province	Key Natural Asset	Annual Visitors (est.)	Primary Activity	Infrastructure Level
Bostanlyk / Charvak	Tashkent Region	Charvak Reservoir, Tian Shan foothills	~500,000	Hiking, water sports, skiing	Moderate-High
Ugam-Chatkal NP	Tashkent Region	574,000 ha UNESCO site, alpine biodiversity	~120,000	Wildlife trekking, birding	Low
Nuratau-Kyzylkum BR	Navoiy / Samarkand	Desert-mountain transition, CBT villages	~35,000	Community-based, ethnography	Low-Moderate
Aral Sea Region	Karakalpakstan	Ship graveyard, desert landscape	~18,000	Ecological history tours	Very Low
Kyzylkum Desert	Bukhara / Navoiy	Desert ecosystem, fauna corridors	~25,000	Camel trekking, astronomy	Very Low
Sarmishsay Gorge	Navoiy Region	4,000+ petroglyphs, canyon landscapes	~20,000	Archaeology, landscape tours	Very Low

Sources: Uzbekistan Travel (2024); Activity Holidays Asia (2020); GIZ & UNDP Ecotourism Project Report (2023); Author compilation.

Table 3 summarizes the key policy instruments shaping ecotourism development in Uzbekistan. The policy trajectory demonstrates a clear intensification from 2019 onwards, with Bostanlyk receiving explicit presidential attention through dedicated decrees. The establishment of the Charvak TRZ through Decree PD-5273 (2020) represented a landmark moment, mandating the development of eco-infrastructure within a framework that ostensibly privileges environmental integrity. The GIZ-UNDP project (2023) introduced international capacity-building inputs, including eco-certification systems and operator training.

The Uzbekistan-2030 Strategy's target of 15 million tourists and USD 5 billion in exports creates a macro-level demand signal but also poses ecological risk if growth is not channeled through sustainable management frameworks.

Table 3. Key policy and regulatory instruments for ecotourism, Uzbekistan, 2019–2025

Year	Policy / Decree	Key Provision	Relevance to Ecotourism
2019	Presidential Decree No. PQ-4365	Priority directions for tourism development	Established national tourism roadmap
2019	Resolution No. PR-4229	Effective transport and tourism facilities system	Improved connectivity to Bostanlyk
2020	Decree No. PD-6053	Special governance regime for Bostanlyk	Accelerated Charvak TRZ development
2020	Decree No. PD-5273	Establishment of Charvak Tourist Recreational Zone	Formal ecotourism infrastructure mandate
2023	GIZ & UNDP Ecotourism Project	Capacity building and eco-certification	Training operators in 5 regions
2025	Uzbekistan-2030 Strategy	Target: 15M tourists, $5B exports	Ecotourism as diversification lever

Sources: Official gazette of the Republic of Uzbekistan; Government of Uzbekistan press releases; GIZ & UNDP Ecotourism Project Report (2023); U.S. Commercial Service (2025).

Table 4 synthesizes strengths, weaknesses, opportunities, and threats identified across the documentary record and literature. The SWOT analysis reveals that natural endowment-based strengths are substantial but currently offset by institutional and infrastructural weaknesses. The opportunity set is particularly large — the 2025 announcement of a USD 5 billion Sea Breeze Uzbekistan resort investment adjacent to Charvak Reservoir represents transformative capital mobilization — but also carries overdevelopment risk if ecological safeguards are not operationalized. Climate change constitutes the most structurally intractable threat, with glacier retreat already reducing snowpack in the Tian Shan, threatening both ski season viability and freshwater supply to the Charvak Reservoir.

Table 4. SWOT Analysis: Ecotourism Development in Uzbekistan

STRENGTHS	WEAKNESSES
• Exceptional biodiversity: 4,500+ plant species, 97 mammal species • UNESCO World Heritage sites (Ugam-Chatkal 2016) • Visa-free access for 90 countries (as of 2025) • Strong state political will and legal framework • Year-round potential: ski season and summer recreation	• Inadequate rural infrastructure (roads, sanitation) • Shortage of trained ecotourism guides and managers • Weak regulation and eco-certification standards • Heavy seasonal concentration (80–85% summer) • Limited community-based tourism participation
OPPORTUNITIES	**THREATS**
• Rising global demand for nature-based tourism	• Climate change threatening mountain glaciers and snow cover

• $5B Sea Breeze Uzbekistan investment near Charvak (2025) • Integration with Silk Road cultural heritage routes • Projected ecotourism revenue: $142.5M by 2030 (high scenario) • CBT model expansion across rural Uzbekistan	• Overdevelopment risk at high-demand sites (Charvak) • Water stress in the Aral Sea catchment area • Unregulated construction disrupting sensitive habitats • Regional geopolitical instability affecting arrivals

Table 5 positions Uzbekistan's ecotourism indicators within a comparative regional framework. While Uzbekistan leads Central Asian neighbours in total international arrivals and tourism GDP share as of 2024, it trails markedly in certified operator numbers (~40 vs. 90 in Kyrgyzstan) and community-based tourism site density (12 vs. 84 in Kyrgyzstan). Comparison with mature ecotourism economies such as Malaysia and Turkey highlights the magnitude of the infrastructure and certification gap. Protected area coverage (11.7%) is relatively strong, suggesting that the conservation estate exists but the monetization and visitor management architecture remains underdeveloped.

Table 5. Regional and International Benchmarking of Ecotourism Indicators

Indicator	Uzbekistan (2024)	Kazakhstan	Kyrgyzstan	Turkey	Malaysia
Int'l Arrivals (M)	8.0	9.3	5.2	49.2	20.1
Tourism GDP Share (%)	4.8	3.1	7.2	11.3	12.9
Protected Area Coverage (%)	11.7	8.4	6.7	5.9	18.2
Ecotourism Cert. Operators	~40	~120	~90	~1,800	~2,200
CBT Sites Active	12	35	84	N/A	N/A
Ave. Length of Stay (days)	4.2	3.8	5.1	9.7	7.8

Sources: UNWTO (2024); World Bank (2023); TIES (2024); State Statistics Committee of Uzbekistan (2024); Author compilation. Note: Some figures are estimates based on available secondary data.

The Bostanlyk district encapsulates, in compressed form, the central contradiction of Uzbekistan's ecotourism challenge. On one hand, the district possesses world-class natural assets: the Charvak Reservoir with its turquoise waters set against Tian Shan peaks reaching 4,301 metres (Adylunga Peak); the Ugam-Chatkal National Park spanning 574,000 hectares of biodiverse alpine and sub-alpine habitat; the Chimgan mountain corridor with documented populations of argali, bears, and diverse avifauna including golden eagles; and archaeological heritage including Khojikent petroglyphs dating to the 4th–3rd millennia BCE (Orexca, 2024).

On the other hand, the district's proximity to Tashkent has historically channelled mass recreational tourism of a character poorly compatible with ecotourism principles: motorized watercraft on the reservoir (banned since 2020, suggesting prior overuse), high-density hotel and resort construction along the 100-kilometre shoreline, and a visitor profile dominated by domestic day-trippers and weekend recreationists. Peak-season concentration (80–85% of visits in summer) generates congestion externalities while leaving economic infrastructure underutilized for the remaining seven months (Activity Holidays Asia, 2020).

The 2022 Charvak TRZ integrated development project plan signals a deliberate reorientation, with stated objectives including eco-carcass systems, traditional architecture preservation, and environmentally friendly transport. The concurrent USD 5 billion Sea Breeze Uzbekistan investment by Azerbaijani developer Agalarov Development, announced during the Tashkent International Investment Forum 2025 and located precisely in Bostanlyk district, creates acute ambiguity: large-scale resort development and ecotourism sustainability are not inherently incompatible, but their coexistence requires planning instruments — environmental impact assessment, tourism zoning, cumulative impact monitoring — whose presence in Bostanlyk's governance framework has not been documented in the available literature.

DISCUSSION

The quantitative evidence presented in Section 4 reveals a sector experiencing rapid volume growth alongside persistent quality and sustainability deficits. Total tourism revenues grew 65% in a single year (2023–2024, from USD 2.14 billion to USD 3.52 billion), yet the number of certified ecotourism operators remains approximately 40, compared with 120 in Kazakhstan and 90 in Kyrgyzstan. This paradox — high revenue growth, low certification density — reflects a tourism expansion driven primarily by cultural-heritage visitation to Samarkand, Bukhara, and Khiva, with ecotourism functioning as a supplementary rather than primary revenue stream.

The implication is that Uzbekistan's impressive macro-tourism performance figures should not be misread as evidence of ecotourism sector maturity. The sector currently operates below its potential carrying capacity in most natural zones (Ugam-Chatkal attracts ~120,000 visitors against an estimated sustainable capacity of 200,000+) while simultaneously operating above sustainable recreational capacity at Charvak's most accessible access points during peak season. Spatial redistribution of visitor flows toward under-served sites such as Nuratau-Kyzylkum, Sarmishsay, and the Fergana valley foothills would simultaneously relieve pressure on Bostanlyk and generate rural income diversification benefits.

Recent Uzbekistan-specific research has advocated the cluster approach as an organizing principle for ecotourism development (Central Asian Journal of Innovations on Tourism Management and Finance, 2025). Cluster-based governance co-locates complementary assets — accommodation, guiding services, food supply chains, transport, interpretation — within a coherent territorial unit managed through public-private coordination mechanisms. The Bostanlyk district already exhibits proto-cluster characteristics: multiple accommodation providers, a growing adventure sports sector, an archaeological heritage component, and a nature park. What is absent is the coordinating architecture: a destination management organization, a shared marketing platform, joint quality certification, and an environmental monitoring system.

Comparative analysis with mature ecotourism clusters in Malaysia and Costa Rica suggests that the establishment of such architecture can reduce transaction costs, improve visitor experience consistency, and create the enforcement capacity needed to internalize environmental externalities. The analytic case for applying this model in Bostanlyk is strengthened by the district's administrative coherence — a single hokim (governor) covers the full geographic unit — which reduces the multi-jurisdictional coordination problems that complicate cluster governance in other contexts.

Climate change represents the most structurally intractable risk to Uzbekistan's ecotourism sector. The Tian Shan and Pamir-Alai mountain systems, which feed both the Charvak Reservoir and the country's irrigated agricultural system, are subject to significant glacier retreat. Recent modelling projects a 50–75% reduction in Central Asian glacier volume by 2100 under high-emission scenarios (Gössling & Hall, 2023). For ski tourism at Chimgan, Amirsoy, and Beldersay — which operate at altitudes of 1,600–2,500m — this implies substantial reductions in natural snow reliability within the coming decades. Diversification toward year-round ecotourism products (hiking, wildlife observation, agro-tourism, wellness) is therefore not merely a tourism strategy but an economic resilience imperative.

LIMITATIONS

This study acknowledges several limitations. First, primary field data — visitor surveys, operator interviews, direct ecological assessments — were not collected, and all quantitative estimates for individual ecotourism zones should be treated as indicative. Second, the rapidly evolving policy

environment means that developments announced in 2025 (Sea Breeze Uzbekistan, new airport projects) had not yet generated assessable outcomes at the time of writing. Third, the benchmarking exercise in Table 5 uses heterogeneous data sources with varying methodologies, limiting strict comparability. Future research employing primary survey data and participatory observation, particularly in community-based tourism sites, would substantially deepen the empirical foundation of this analysis.

CONCLUSION AND RECOMMENDATIONS

This article has examined the ecotourism development landscape of Uzbekistan through a systematic analysis of the available literature, government data, and case evidence, with particular focus on Bostanlyk district as the country's most advanced yet most contested ecotourism territory. Our central finding is that Uzbekistan stands at an inflection point: rapid tourism growth, strong political will, and a world-class natural endowment create historically favourable conditions for ecotourism expansion, but institutional gaps — in certification, community governance, environmental monitoring, and spatial planning — risk producing a growth trajectory that degrades the natural capital upon which long-term competitiveness depends. We advance six policy recommendations, aligned with the objectives of the Uzbekistan-2030 Strategy:

1. Establish a national ecotourism certification system, modelled on GSTC (Global Sustainable Tourism Council) standards, with tiered criteria appropriate to the current capacity of small and medium operators.
2. Create a Bostanlyk Destination Management Organization (DMO) with a statutory environmental monitoring mandate, coordinating the Charvak TRZ, Ugam-Chatkal National Park, and Chimgan-Beldersay corridor under a unified planning framework that includes carrying capacity thresholds for all major access points.
3. Mandate Environmental Impact Assessment (EIA) for all major tourism infrastructure investments, including the Sea Breeze Uzbekistan resort complex, with specific biodiversity baseline surveys and cumulative impact assessments as conditions precedent.
4. Scale up community-based tourism capacity through targeted vocational training, supported by international partnerships (Purdue STARTlab, GIZ, UNDP) and linked to existing CBT models in Nuratau-Kyzylkum, with a target of 50 active CBT sites nationally by 2028.
5. Implement visitor redistribution incentives — differential pricing, guided tour quotas at sensitive sites, package tourism products linking Bostanlyk with under-visited ecotourism zones — to reduce peak-season concentration and diversify the economic geography of ecotourism benefits.
6. Develop a national climate adaptation strategy for the tourism sector, addressing glacier-dependent ski tourism resilience, freshwater supply security for reservoir-based recreation, and the diversification of the Bostanlyk product portfolio toward four-season ecotourism offerings.

If these recommendations are implemented with institutional seriousness, Uzbekistan's ecotourism sector can realistically achieve the USD 142.5 million revenue projection for 2030 while simultaneously protecting the biodiversity and landscape integrity that constitute its ultimate competitive asset. The Bostanlyk district, with its extraordinary concentration of natural and cultural resources, has the potential to become not merely a Central Asian ecotourism benchmark but a globally recognized sustainable tourism destination — provided that the institutional architecture is built before the ecological window of opportunity closes.

REFERENCES

Activity Holidays Asia. (2020). Chimgan-Beldersay area: Tourism attractions and infrastructure. Retrieved from https://pagetour.org

Bogeryuk, A. K. (2026). Economic mechanisms of cultural-ecological integration in sustainable ecotourism development: Evidence from Bukhara Region, Uzbekistan. American Journal of Social and Humanitarian Research. DOI: 10.globalresearchnetwork/4581

Buckley, R. (2009). Ecotourism: Principles and practices. CABI Publishing.

Buckley, R. (2024). Conservation tourism and sustainable development: Principles and practice. Journal of Sustainable Tourism, 32(3), 415–432.

Butler, R. W. (1980). The concept of a tourist area cycle of evolution: Implications for management of resources. Canadian Geographer, 24(1), 5–12.

Ceballos-Lascuráin, H. (1987). The future of ecotourism. Mexico Journal, January, 13–14.
Fennell, D. A. (2008). Ecotourism (3rd ed.). Routledge.
GIZ & UNDP. (2023). Ecotourism project report: Capacity building and eco-certification in Uzbekistan (pp. 22–26). Tashkent.
Gössling, S., & Hall, C. M. (2023). Tourism and global environmental change (3rd ed.). Routledge.
Grand View Research. (2022). Ecotourism market size, share & trends analysis report. San Francisco: Grand View Research.
International Ecotourism Society (TIES). (2015). What is ecotourism? The definition. TIES Publications.
International Ecotourism Society (TIES). (2024). Global ecotourism fact sheet 2024. TIES Publications.
McKercher, B., & du Cros, H. (2024). Cultural tourism: The partnership between tourism and cultural heritage management (3rd ed.). Routledge.
Ministry of Tourism and Sports of the Republic of Uzbekistan. (2022, February 1). Press conference on the integrated development of Bostanlyk district [Official statement]. Tashkent.
Multidisciplinary Journal of Science and Technology. (2026). Determinants of sustainable tourism adoption in Uzbekistan: Empirical evidence from eco- and agro-tourism sectors. 6(4), 530–538.
Nunkoo, R. (Ed.). (2024). Handbook of sustainable tourism and ecotourism. Edward Elgar Publishing.
Orexca. (2024). Charvak, Uzbekistan – Attractions, history, photos. Retrieved from https://www.orexca.com/uzbekistan/charvak.htm
Saidmamatov, O., Matyakubov, U., Rudenko, I., Filimonau, V., Day, J., & Luthe, T. (2021). Employing ecotourism opportunities for sustainability in the Aral Sea region: Prospects and challenges. Sustainability, 13(6).
Sodikov, M. (2023). Digital Advertising Oasis: Qatar's E-Marketing Revolution. Green Economy and Development, 1(8), 663535.
Sodikov, M. (2024). Exploring the influence of social media figures on destination image and purchase intentions in the tourism sector. Economic Development and Analysis, 2(10), 217-223.
Scheyvens, R. (1999). Ecotourism and the empowerment of local communities. Tourism Management, 20(2), 245–249.
ScienceDirect. (2025). The economic and social impacts of ecotourism on local employment and income: A case study of rural Samarkand, Uzbekistan.
State Committee on Tourism Development of the Republic of Uzbekistan. (2023). Tourism statistics yearbook 2023. Government Publishing House, Tashkent.
State Statistics Committee of the Republic of Uzbekistan. (2024). O'zbekistonga qancha xorijlik sayyohlar tashrif buyurgan? [How many foreign tourists visited Uzbekistan?]. Tashkent: Stat.uz.
Toshpo'latova, M. (2025). Current status of ecotourism in Uzbekistan. Journal of New Century Innovations, 74(1), 315–318.
UNESCO. (2024). World heritage and sustainable tourism programme report 2023–2024. UNESCO World Heritage Centre.
UNWTO. (2024). Tourism highlights 2024 edition. Madrid: World Tourism Organization.
U.S. Commercial Service. (2025). Uzbekistan: Travel and tourism. Washington D.C.: U.S. Department of Commerce.
World Bank. (2023). Uzbekistan economic update: Tourism sector recovery. Washington D.C.: World Bank Group.
World Travel & Tourism Council (WTTC). (2024). Uzbekistan travel & tourism economic impact factsheet. London: WTTC.
Yin, R. K. (2018). Case study research and applications: Design and methods (6th ed.). SAGE Publications.

DIGITAL SKILLS AND AI GOVERNANCE AS DRIVERS OF INSTITUTIONAL PERFORMANCE IN ALBANIAN PUBLIC ADMINISTRATION REFORM

PhD. BITILA ZHULI
"Eqrem Çabej" University, Economic Faculty, Gjirokastra, Albania
ORCİD: ID/ 0009-0007-0208-768X

PhD. ALDONA MINGA
"Fan S. Noli" University, Faculty of Agricultures, Korça, Albania
ORCİD: ID/ 0000-0001-5562-6973

ABSTRACT
Albania's accelerated digital public service reform has positioned administrative modernization at the core of national governance strategy. However, the integration of artificial intelligence (AI) into public administration raises critical questions regarding workforce readiness, institutional asymmetries, and long-term sustainability. This paper develops a policy-oriented conceptual framework examining how digital skills and AI governance can jointly enhance employee performance and institutional effectiveness in Albania.
The study employs a structured conceptual analysis grounded in human capital theory, digital governance scholarship, and public sector performance management literature. Drawing on recent administrative reform developments in Albania, the paper constructs a three-level framework linking: (1) digital competencies of public employees, (2) AI governance and organizational readiness, and (3) performance-based management systems. Particular attention is given to disparities between central and local administrations and the impact of IT specialist emigration on reform continuity.
The framework suggests that digital public service expansion alone does not guarantee productivity gains. AI adoption generates measurable performance improvements only when supported by systematic upskilling policies, retention strategies for technical expertise, and coherent governance mechanisms. Without such alignment, digital reforms risk reinforcing central–local performance gaps and institutional fragmentation.
For Albania, sustainable digital transformation requires a shift from infrastructure-driven modernization toward a human capital-centered reform strategy. Strengthening digital skills, addressing institutional asymmetries, and securing AI governance capacity are essential for improving administrative efficiency and supporting European integration objectives.
Keywords: Digital Skills; AI Governance; Institutional Performance; Albania

1. INTRODUCTION
Digital transformation has become a structural determinant of contemporary public sector reform, particularly in countries facing institutional modernization and European integration pressures. Governments increasingly use digital technologies to improve service delivery, reduce bureaucratic inefficiencies, strengthen transparency, and enhance interaction between citizens and public institutions. Within this broader transformation, artificial intelligence (AI) is becoming an important governance instrument capable of reshaping administrative decision-making and public service management.
Albania provides a relevant case for examining these dynamics. Over the last decade, the country has accelerated the digitalization of public services through e-government platforms, electronic service delivery, and administrative automation. These reforms are closely connected to broader public administration reform and European Union integration objectives. However, the transition from digital service expansion to AI-supported governance introduces challenges that cannot be addressed through technological infrastructure alone.
Contemporary governance literature increasingly argues that successful digital transformation depends on the interaction between technology, institutions, and human capital. AI adoption in the public sector may improve efficiency and administrative coordination, but it also raises concerns regarding transparency, accountability, organizational readiness, ethical oversight, and public trust (Wirtz et al., 2019; Zuiderwijk et al., 2021).

These concerns are particularly significant in transitional governance systems where institutional modernization may advance faster than workforce capability and governance capacity.

Human capital theory provides a central analytical lens for understanding this problem. Investments in education, training, and competencies increase organizational effectiveness and institutional productivity (Becker, 1964; Schultz, 1961). In public administration, digital competencies therefore become institutional assets rather than merely technical skills. Despite Albania's progress in digital governance, institutional asymmetries between central and local administrations, workforce capability gaps, and the emigration of IT specialists continue to constrain reform sustainability.

Existing literature has examined digital government, AI governance, and public administration reform extensively. However, limited research has explored how digital competencies, AI governance mechanisms, organizational readiness, and workforce sustainability interact simultaneously to influence institutional performance in transitional public sector environments such as Albania.

Against this background, this paper develops a policy-oriented conceptual framework examining how digital competencies and AI governance jointly influence institutional performance in Albanian public administration. The paper integrates human capital theory, digital governance scholarship, AI governance literature, and institutional capacity approaches in order to explain the conditions necessary for sustainable administrative modernization.

The paper addresses the following research question:

How can digital competencies and AI governance jointly improve institutional performance in Albanian public administration?

The study contributes to the literature in three ways. First, it integrates fragmented theoretical perspectives into a multidimensional framework linking digital human capital, AI governance, organizational readiness, and institutional performance. Second, it advances a human capital-centered interpretation of digital transformation. Third, it contributes to the limited literature on AI governance and public administration reform in Albania and the Western Balkans.

2. LITERATURE REVIEW

2.1 Digital Transformation and Public Administration Modernization

Digital transformation has redefined the logic of public administration by shifting reform agendas from procedural modernization toward data-driven, integrated, and citizen-oriented governance. Earlier e-government approaches mainly emphasized the digitization of existing administrative services. More recent scholarship, however, treats digital transformation as a deeper institutional process that changes organizational structures, management practices, administrative culture, and state–citizen relations.

Dunleavy et al. (2006) argue that Digital Era Governance represents a movement away from fragmented New Public Management reforms toward reintegration, needs-based holism, and digitalization. This perspective is important because it interprets technology as a structural force reshaping the organization of public institutions. Mergel et al. (2019) similarly define digital transformation as a process that requires changes in organizational culture, internal capabilities, and institutional routines. Gil-Garcia et al. (2018) emphasize interoperability, information sharing, and collaborative governance as key conditions for effective digital government.

These contributions suggest that public sector digitalization cannot be reduced to the introduction of online platforms. Digital technologies produce institutional value only when embedded within coherent governance arrangements, administrative coordination, and workforce capabilities. In countries undergoing public administration reform, this point is particularly important because technological modernization often progresses faster than organizational adaptation.

In Albania, the expansion of digital public services reflects an important modernization effort. However, the effectiveness of these reforms depends on whether institutions possess the capacity to transform digital infrastructure into sustainable performance improvements. A central challenge is therefore the gap between digital service availability and institutional ability to manage, evaluate, and improve those services over time.

2.2 Human Capital and Digital Competencies in Public Administration

Human capital theory provides a foundational explanation of why workforce capability matters for institutional performance. Becker (1964) and Schultz (1961) argue that education, skills, and training

increase productivity and organizational output. In public administration, this theory implies that employee competencies are not merely individual attributes; they are institutional resources that shape reform implementation and service quality.

Digital transformation intensifies the importance of human capital because public employees are increasingly expected to work within complex information systems, data environments, automated procedures, and AI-supported decision-making processes. Digital competencies include basic digital literacy, data interpretation, platform management, cybersecurity awareness, AI-related understanding, and the ability to adapt to continuous technological change.

Van Deursen and van Dijk (2014) argue that digital inequality increasingly shifts from access to usage capabilities. This is highly relevant for public administration: institutions may possess digital systems, but their performance depends on whether employees can use them effectively. Weak digital competencies can therefore create implementation gaps, reduce service quality, and limit the productivity gains expected from digital reform.

For Albania, human capital is a strategic condition for reform sustainability. Shortages of digitally skilled personnel, limited training mechanisms, and the emigration of IT specialists weaken administrative capacity. These constraints suggest that digital transformation must be interpreted as a workforce development challenge as much as a technological one.

2.3 AI Governance in the Public Sector

AI has become an increasingly important component of public sector innovation. It can support automated service delivery, predictive analytics, fraud detection, resource allocation, decision support, and administrative coordination. Wirtz et al. (2019) identify AI as a technology with significant potential to improve public sector efficiency and responsiveness. Valle-Cruz et al. (2020) similarly argue that AI can contribute to policy analysis, service optimization, and evidence-based decision-making.

However, the literature also identifies major governance risks. Sun and Medaglia (2019) show that AI adoption in the public sector is shaped by socio-technical challenges involving multiple actors, institutional expectations, organizational resistance, and regulatory uncertainty. Zuiderwijk et al. (2021) emphasize that AI in public governance raises questions concerning transparency, accountability, trust, ethics, and explainability. Bullock (2019) further highlights the tension between algorithmic decision-making and bureaucratic discretion.

The central debate is therefore not whether AI can improve administrative performance, but under what institutional conditions it can do so responsibly. AI may increase efficiency, but it may also weaken democratic accountability if decisions become opaque or difficult to contest. It may reduce administrative burden, but it may also create automation bias if public employees rely uncritically on algorithmic outputs. It may support transparency through better data management, but it may also generate new risks if data quality, privacy, and explainability are weak.

This debate is especially relevant for Albania. AI adoption in a transitional public administration system requires governance safeguards, ethical standards, regulatory coherence, and skilled human oversight. Without these conditions, AI may reproduce or intensify existing institutional weaknesses rather than solve them.

2.4 Institutional Capacity, Organizational Readiness, and Reform Sustainability

Institutional capacity theory explains why reforms often fail despite formal policy commitments. Andrews et al. (2017) argue that state capability depends on the ability of institutions to implement reforms in practice, not merely adopt them in formal strategies. Pollitt and Bouckaert (2017) similarly emphasize that public management reforms require administrative competence, coordination, and sustainable implementation mechanisms.

Organizational readiness is particularly important for digital and AI-driven reform. Cordella and Tempini (2015) argue that e-government initiatives reshape bureaucratic structures, administrative routines, and organizational responsibilities. Digital transformation therefore requires changes in work processes, management systems, decision-making practices, and internal coordination.

In transitional governance systems, institutional asymmetries can strongly influence reform outcomes. Central institutions may have greater access to expertise and infrastructure, while local administrations may lack the resources necessary to implement digital reforms effectively.

This uneven capacity can create fragmented modernization, where some institutions become technologically advanced while others remain dependent, under-resourced, or administratively weak.
For Albania, central–local disparities represent a critical structural constraint. If AI governance and digital skills are concentrated mainly in central institutions, digital reform may reinforce performance gaps rather than reduce them. Reform sustainability therefore depends on whether modernization strategies address institutional asymmetries and build capacity across the entire public administration system.

2.5 Research Gap and Conceptual Positioning

The reviewed literature demonstrates that digital transformation, AI governance, human capital, and institutional capacity are each important for public administration reform. However, these dimensions are frequently examined separately. Existing studies often focus either on technological infrastructure, AI applications, organizational reform, or workforce development, but less attention is given to their interaction.
This paper addresses that gap by developing an integrated conceptual framework linking digital competencies, AI governance, organizational readiness, and institutional performance. The framework is especially relevant for Albania because the country combines accelerated digital modernization with institutional asymmetries, workforce capability gaps, and EU integration pressures.
The paper therefore positions Albania not only as a national case, but as an example of a transitional governance system where the sustainability of digital reform depends on the alignment between technology, human capital, and institutional capacity.

2.6 PESTEL Contextual Analysis of Albania's Digital Governance Environment

To strengthen the policy-oriented dimension of the study, a concise PESTEL analysis was integrated in order to examine the broader external conditions influencing AI-driven public administration reform in Albania. The analysis complements the conceptual framework by identifying the political, economic, social, technological, and legal factors that shape the sustainability of digital transformation and AI governance capacity within transitional governance systems. This contextual perspective is particularly relevant because digital reform outcomes are influenced not only by internal organizational capabilities, but also by broader governance, institutional, and socio-economic environments (Mergel et al., 2019; OECD, 2020).

Dimension	Key Implications for AI-Driven Public Administration Reform in Albania
Political Factors	Albania's public administration modernization is strongly influenced by European Union integration objectives, which encourage transparency, interoperability, digital governance, and institutional accountability. Government commitment to e-governance and digital public services creates favorable conditions for AI adoption, although political continuity, administrative coordination, and long-term strategic planning remain necessary for sustainable implementation. In addition, disparities between central and local governance capacities continue to affect the consistency of reform implementation across institutions.
Economic Factors	Financial limitations, unequal institutional resources, and the emigration of highly skilled IT professionals constrain the long-term sustainability of AI governance reforms. While digitalization may improve administrative efficiency and reduce bureaucratic costs over time, substantial investments are still required in infrastructure, workforce development, cybersecurity systems, and institutional innovation capacity.
Social Factors	Uneven digital literacy levels among public employees and citizens create disparities in the adoption and effective use of digital services. Resistance to organizational change, limited AI awareness, and concerns regarding trust in automated decision-making may also affect reform implementation. Continuous training, digital inclusion policies, and public engagement therefore become essential conditions for successful transformation.

Technological Factors	Albania has expanded digital public services significantly through e-government platforms and administrative automation. However, challenges remain regarding interoperability, cybersecurity preparedness, AI readiness, data governance, and technological coordination between institutions. AI adoption requires not only digital infrastructure but also institutional capability to manage, supervise, and evaluate AI-supported systems effectively.
Legal Factors	AI-driven governance requires clear legal frameworks related to data protection, algorithmic accountability, transparency, ethical oversight, and administrative responsibility. Alignment with European regulatory principles, including GDPR-oriented standards and emerging EU AI governance approaches, is essential for ensuring legitimate, transparent, and trustworthy AI implementation in public administration.

The PESTEL analysis reinforces the conceptual framework developed in this study by demonstrating that institutional performance is shaped not only by workforce competencies and AI governance mechanisms, but also by broader structural and governance conditions influencing reform sustainability. The findings suggest that sustainable digital transformation in Albania requires a multidimensional reform approach integrating technological modernization, human capital development, regulatory adaptation, institutional coordination, and long-term governance capacity building.

3. Methodology

3.1 Research Design

This study adopts a qualitative conceptual research design aimed at developing a policy-oriented analytical framework for understanding how digital competencies and AI governance jointly influence institutional performance in Albanian public administration. A conceptual methodology is appropriate because the study seeks to synthesize fragmented theoretical perspectives, identify relationships between key governance variables, and construct an explanatory model rather than test statistical causality.

The paper is grounded in interdisciplinary governance research and draws on four main theoretical streams: human capital theory, digital governance theory, AI governance scholarship, and institutional capacity literature. These perspectives are used to explain the conditions under which AI-driven digital transformation can generate sustainable performance improvements in public administration.

3.2 Literature Selection and Analytical Logic

The literature was selected from peer-reviewed journal articles, academic books, and institutional policy reports relevant to digital government, AI governance, public sector modernization, administrative capacity, and human capital development. Foundational theoretical works were included where necessary, while more recent studies were prioritized to capture current debates on AI governance and digital transformation.

The analytical process followed three stages. First, core concepts were identified across the literature, including digital competencies, workforce readiness, AI governance, organizational readiness, institutional capacity, and performance-based management. Second, these concepts were grouped according to their theoretical foundations. Third, they were integrated into a conceptual framework explaining how workforce capability, governance mechanisms, and institutional readiness interact to influence administrative performance.

3.3 Conceptual Framework Construction

The framework was constructed through thematic synthesis and theoretical integration. The synthesis identified three interconnected levels:

1. **Digital competencies and workforce readiness** — the human capital foundation of digital transformation.
2. **AI governance and organizational readiness** — the institutional and regulatory conditions necessary for responsible AI adoption.
3. **Institutional performance and reform sustainability** — the expected outcomes of aligned digital skills, governance capacity, and performance management systems.

The framework also incorporates structural constraints that may moderate reform outcomes, including central–local asymmetries, IT specialist emigration, uneven digital infrastructure, and institutional fragmentation.

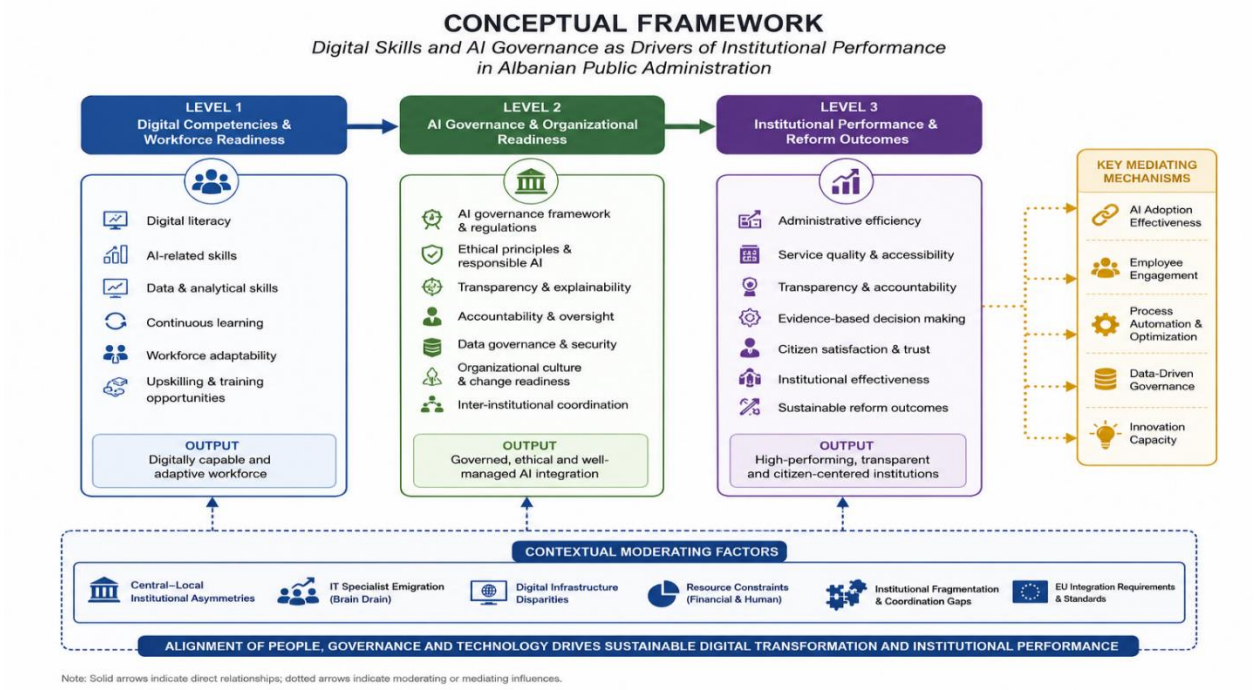
3.4 Scope and Limitations

The study is conceptual in nature and does not empirically test causal relationships between the proposed variables. The framework should therefore be interpreted as an analytical model that can guide future empirical research. In addition, the analysis relies primarily on secondary literature and policy-oriented interpretation. Future studies should operationalize the proposed framework through surveys, interviews, structural equation modelling, or comparative case studies across Albania and the Western Balkans.

4. CONCEPTUAL FRAMEWORK AND PROPOSITIONS

4.1 Integrated Governance Model

The proposed framework conceptualizes institutional performance as the outcome of alignment between digital human capital, AI governance capacity, and organizational readiness. It argues that AI adoption generates sustainable administrative improvements only when public employees possess the competencies required to use digital systems effectively and when institutions possess the governance structures necessary to regulate, coordinate, and evaluate AI-supported processes.



MODERATING STRUCTURAL CONSTRAINTS
• Central–local institutional asymmetries
• IT specialist emigration
• Uneven digital infrastructure
• Administrative fragmentation

This framework moves beyond infrastructure-centered modernization by placing digital human capital and AI governance capacity at the center of institutional performance. The model suggests that digital tools create public value only when supported by skilled employees, coherent governance rules, and organizational adaptation.

4.2 Conceptual Propositions

Based on the theoretical synthesis, the study develops four conceptual propositions.

Proposition 1: Higher levels of digital competencies among public employees strengthen workforce adaptability and improve institutional performance in AI-supported administrative systems.

This proposition derives from human capital theory and digital competency literature. It assumes that digitally skilled employees are better able to use administrative platforms, interpret data, adapt to technological change, and contribute to service quality.

Proposition 2: AI governance mechanisms mediate the relationship between digital transformation and institutional effectiveness.

This proposition reflects AI governance literature, which shows that technological adoption does not automatically produce performance gains. Regulatory coherence, transparency, accountability, and ethical oversight determine whether AI systems strengthen or weaken public administration outcomes.

Proposition 3: Organizational readiness conditions the effectiveness of AI adoption in public administration.

This proposition draws on institutional capacity and organizational change theory. AI adoption requires changes in procedures, management practices, administrative routines, and institutional coordination. Without organizational readiness, AI may generate fragmentation rather than efficiency.

Proposition 4: Central–local institutional asymmetries and IT specialist emigration weaken the sustainability of AI-driven public administration reform.

This proposition situates the framework within the Albanian context. Uneven capacities across governance levels and the loss of technical expertise reduce institutional continuity and limit the long-term effectiveness of reform.

5. RESULTS AND DISCUSSION

5.1 Digital Skills as Institutional Capacity

The conceptual analysis suggests that digital skills should be treated as a form of institutional capacity rather than a narrow technical requirement. Public employees are central actors in digital transformation because they translate technological systems into administrative practice. Without adequate competencies, digital platforms may exist formally but remain underused, poorly integrated, or inefficiently managed.

In the Albanian context, this finding is particularly relevant because public administration reform has strongly emphasized digital service expansion. While such expansion is necessary, it does not guarantee performance improvement unless employees are able to operate digital systems effectively, solve implementation problems, manage data, and adapt to AI-supported processes. This supports a human capital-centered interpretation of reform: sustainable modernization depends on continuous upskilling, professional development, and the retention of technical expertise.

5.2 AI Governance as a Condition for Responsible Performance Improvement

The analysis also shows that AI governance is not an optional regulatory layer but a core determinant of institutional performance. AI systems may improve efficiency, but they can also create accountability gaps, algorithmic bias, opacity, and overreliance on automated recommendations. Therefore, the performance value of AI depends on the existence of governance mechanisms that ensure transparency, explainability, ethical oversight, and human accountability.

This is especially important in public administration because state institutions operate under democratic and legal obligations. Efficiency alone is not sufficient; administrative decisions must also be legitimate, contestable, fair, and transparent. For Albania, this means that AI adoption should be accompanied by clear institutional standards, audit mechanisms, data protection safeguards, and procedures ensuring that human responsibility remains central to administrative decision-making.

5.3 Institutional Asymmetries and the Risk of Fragmented Modernization

A key implication of the framework is that digital transformation may reinforce institutional inequalities when administrative capacities are uneven. Central institutions often have stronger access to technological resources and specialized expertise, while local administrations may experience weaker infrastructure, limited budgets, and lower workforce readiness. If AI governance capacity remains concentrated at the central level, digital reforms may deepen central–local performance gaps.

This risk is particularly significant for Albania because reform sustainability depends on the ability of both central and local institutions to implement digital governance consistently. Fragmented modernization may produce uneven service quality, inconsistent administrative performance, and limited public trust. Therefore, institutional capacity-building at the local level should be considered a core requirement of AI-driven public administration reform.

5.4 Workforce Migration and Reform Continuity

The emigration of IT specialists and highly qualified professionals represents a major sustainability challenge. AI governance requires specialized expertise in data management, system evaluation, cybersecurity, ethics, and algorithmic oversight. When such expertise leaves public institutions or the country, reform continuity becomes vulnerable.

This finding suggests that human capital development must be accompanied by retention strategies. Training alone is insufficient if skilled professionals cannot be retained within the public sector. Albania therefore needs policies that strengthen professional incentives, career pathways, institutional knowledge management, and cooperation with universities and research institutions.

5.5 Integrated Interpretation

The overall finding of the paper is that digital transformation becomes institutionally effective only when digitally competent employees, coherent AI governance mechanisms, and organizational readiness operate in alignment. Weakness in any of these dimensions reduces reform sustainability and institutional effectiveness. This interpretation suggests that AI-driven public administration reform should be understood primarily as a governance and institutional capacity challenge rather than solely as a technological modernization process. For Albania, sustainable digital transformation therefore requires a shift from infrastructure-driven reform toward a human capital-centered and governance-oriented modernization strategy

6. POLICY IMPLICATIONS AND RECOMMENDATIONS

6.1 Strengthening Digital Competencies

Albanian public administration should prioritize systematic workforce development policies focused on digital literacy, AI-related competencies, cybersecurity awareness, and continuous professional learning. Particular attention should be given to local administrations where capacity gaps remain more visible.

6.2 Developing a National AI Governance Framework

A comprehensive AI governance framework should define standards for transparency, accountability, ethical oversight, data protection, and human responsibility in administrative decision-making. The framework should align with European governance principles and clarify institutional responsibilities across governance levels.

6.3 Reducing Central–Local Administrative Asymmetries

Digital reform strategies should include targeted support for local administrations through infrastructure investment, technical training, and shared governance resources. Reducing institutional asymmetries is essential for ensuring consistent administrative performance and equal service quality across regions.

6.4 Retaining Technical Expertise

Public institutions should strengthen career incentives, professional development opportunities, and cooperation with universities in order to retain qualified IT and AI-related professionals. Retention policies are necessary for protecting institutional continuity and governance capacity.

6.5 Promoting Human-Centered AI in Public Administration

AI systems should complement rather than replace administrative expertise. Public employees must remain capable of supervising, interpreting, and evaluating AI-supported processes in order to reduce automation bias and strengthen democratic accountability.

7. CONCLUSION

This paper developed a policy-oriented conceptual framework explaining how digital competencies and AI governance jointly influence institutional performance in Albanian public administration reform. The analysis shows that digital transformation cannot be understood as a purely technological process. Instead, sustainable reform depends on the interaction between human capital, AI governance capacity, organizational readiness, and institutional performance systems.

The paper contributes to the literature by integrating human capital theory, digital governance scholarship, AI governance approaches, and institutional capacity theory into a unified framework. It argues that AI adoption can improve administrative efficiency and institutional effectiveness only when supported by skilled employees, coherent governance mechanisms, and organizational adaptation.

For Albania, the main implication is that digital modernization must move beyond infrastructure expansion. Sustainable reform requires investment in workforce capability, reduction of central–local asymmetries, retention of technical expertise, and development of AI governance standards aligned with democratic accountability and European integration objectives.

Future research should empirically test the proposed framework through surveys of public employees, interviews with policymakers and digital governance experts, and comparative studies across Western Balkan administrations. Such research would strengthen evidence-based policymaking and support more sustainable AI-driven public administration reform.

REFERENCES

Andrews, M., Pritchett, L., & Woolcock, M. (2017). *Building state capability: Evidence, analysis, action*. Oxford University Press.

Becker, G. S. (1964). *Human capital: A theoretical and empirical analysis, with special reference to education*. University of Chicago Press.

Bullock, J. B. (2019). Artificial intelligence, discretion, and bureaucracy. *American Review of Public Administration, 49*(7), 751–761.

Cordella, A., & Tempini, N. (2015). E-government and organizational change: Reappraising the role of ICT and bureaucracy in public service delivery. *Government Information Quarterly, 32*(3), 279–286.

Criado, J. I., & Gil-Garcia, J. R. (2019). Creating public value through smart technologies and strategies: From digital services to artificial intelligence and beyond. *International Journal of Public Sector Management, 32*(5), 438–450.

Dunleavy, P., Margetts, H., Bastow, S., & Tinkler, J. (2006). New public management is dead—Long live digital-era governance. *Journal of Public Administration Research and Theory, 16*(3), 467–494.

Gil-Garcia, J. R., Dawes, S. S., & Pardo, T. A. (2018). Digital government and public management research: Finding the crossroads. *Public Management Review, 20*(5), 633–646.

Heeks, R. (2002). Information systems and developing countries: Failure, success, and local improvisations. *The Information Society, 18*(2), 101–112.

Janssen, M., & Estevez, E. (2013). Lean government and platform-based governance: Doing more with less. *Government Information Quarterly, 30*, S1–S8.

Mergel, I., Edelmann, N., & Haug, N. (2019). Defining digital transformation: Results from expert interviews. *Government Information Quarterly, 36*(4), 101385.

Mergel, I., Ganapati, S., & Whitford, A. (2021). Agile governance in the public sector: Public administration in the era of artificial intelligence. *Public Administration Review, 81*(1), 161–165.

Mikalef, P., Gupta, M., Pappas, I. O., & Krogstie, J. (2022). Artificial intelligence capability and organizational performance: A dynamic capability perspective. *Information Systems Frontiers, 24*, 971–987.

OECD. (2020). *Digital government index: 2019 results*. OECD Publishing.

Painter, M., & Pierre, J. (2005). *Challenges to state policy capacity: Global trends and comparative perspectives*. Palgrave Macmillan.

Pollitt, C., & Bouckaert, G. (2017). *Public management reform: A comparative analysis: Into the age of austerity* (4th ed.). Oxford University Press.

Schultz, T. W. (1961). Investment in human capital. *American Economic Review, 51*(1), 1–17.

Sun, T. Q., & Medaglia, R. (2019). Mapping the challenges of artificial intelligence in the public sector: Evidence from public healthcare. *Government Information Quarterly, 36*(2), 368–383.

van Deursen, A., & van Dijk, J. (2014). The digital divide shifts to differences in usage. *New Media & Society, 16*(3), 507–526.

Valle-Cruz, D., Ruvalcaba-Gomez, E. A., Sandoval-Almazan, R., & Criado, J. I. (2020). A review of artificial intelligence in government and its potential from a public policy perspective. *Government Information Quarterly, 37*(4), 101397.

Wirtz, B. W., Weyerer, J. C., & Geyer, C. (2019). Artificial intelligence and the public sector—Applications and challenges. *International Journal of Public Administration, 42*(7), 596–615.

Zuiderwijk, A., Chen, Y. C., & Salem, F. (2021). Implications of the use of artificial intelligence in public governance: A systematic literature review and a research agenda. *Government Information Quarterly, 38*(3), 101577.

Zhuli, B. (2025). The impact of AI in public administration: Transforming governance and services. *In Proceedings of the International IV Scientific and Academic Research Congress (pp. 346–350)*. Gjirokastër, Albania.

MACARİSTAN'DA BAĞLI ORTAKLIKLARI BULUNAN ÇOK ULUSLU ŞİRKETLERİN YETENEK YÖNETİMİ ANALİZİ: OCAK 2022 VERİLERİNE DAYALI BİR İNCELEME

TALENT MANAGEMENT ANALYSIS OF MULTINATIONAL COMPANIES WITH SUBSIDIARIES IN HUNGARY BASED ON JANUARY 2022 DATA

Éva KOVÁCSNÉ LACZKÓ
University of Sopron, Alexandre Lamfalussy Faculty of Economics, István Széchenyi Economics and Management Doctoral School, Sopron, Hungary
ORCİD: ID/0009-0003-8428-4409

Gábor KOVÁCS
University of Sopron, Alexandre Lamfalussy Faculty of Economics, Master's Student in Product management and marketing, Sopron, Hungary
ORCİD: ID/ 0009-0000-6342-5338

Éva LÖWE
University of Sopron, Alexandre Lamfalussy Faculty of Economics, István Széchenyi Economics and Management Doctoral School, Sopron, Hungary
ORCİD: ID/0009-0009-0362-0399

Abstract
This study investigates the current state and impact of talent management (TM) strategies among multinational companies (MNCs) operating in Hungary. As the role of Human Resources shifts from simple administration toward strategic management, the effective handling of talent has become a vital factor for long-term competitiveness. The primary goal of this research is to explore how widespread these strategies are and whether there is a measurable connection between having a talent management system and corporate performance, specifically labor productivity. The theoretical part of the research reviews the evolution of talent concepts, highlighting that talent is a multidimensional phenomenon involving ability, commitment, and creativity. It emphasizes that while extrinsic motivation matters, intrinsic motivation and the 'flow' experience are key to long-lasting high performance. From a strategic perspective, human capital is seen as a unique resource that is difficult for competitors to copy. Talent management is defined as a connected chain of identification, acquisition, development, and retention. The empirical analysis uses a cross-sectional approach, focusing on a sample of 60 major multinational employers in Hungary based on January 2022 data. The study tests three main hypotheses: first, that many MNCs in Hungary lack a formal TM strategy; second, that talent positively affects performance; and third, that talent can be measured using unified indicators. Labor productivity was calculated using revenue and headcount data from corporate information databases. The results reveal that talent management is still in an early stage in Hungary. Only 20% of the examined companies have a publicly documented TM strategy. Interestingly, the research could not fully confirm a direct link between the presence of a TM strategy and higher productivity in the trading and manufacturing sectors. For instance, the most productive manufacturing companies did not necessarily have public TM programs. However, in the service sector—exemplified by Vodafone Hungary—a clearer connection was found. Furthermore, the study suggests that defining a single, unified set of indicators for all companies is difficult, as each organization requires unique KPIs aligned with its specific goals. In conclusion, while TM is recognized internationally as a driver of success, its systematic application in Hungary remains limited. To improve competitiveness, the study recommends that companies standardize their TM frameworks, invest in data-driven HR analytics, and focus on enhancing the overall employee experience. Developing industry-specific KPI systems and modernizing technological tools are also essential steps for better performance and employee retention. This approach ensures that the "Michelangelo paradigm" is met: the organization removes the "excess" to allow the talent within to shine.

Keywords: Globalization, Talent Management, Organizational Culture, Organizational Development, Human Controlling, Employee Commitment

Özet
Bu çalışma, Macaristan'da faaliyet gösteren çok uluslu şirketlerde (MNCs) yetenek yönetimi (Talent Management - TM) stratejilerinin mevcut durumunu ve etkisini incelemektedir. İnsan Kaynakları fonksiyonunun basit idari görevlerden stratejik yönetime doğru evrilmesiyle birlikte, yeteneklerin etkin yönetimi uzun vadeli rekabet gücü açısından kritik bir unsur haline gelmiştir. Araştırmanın temel amacı, bu stratejilerin ne kadar yaygın olduğunu ve yetenek yönetim sistemine sahip olmanın kurumsal performans, özellikle de iş gücü verimliliği üzerinde ölçülebilir bir etkisi olup olmadığını ortaya koymaktır. Araştırmanın teorik bölümü, yetenek kavramının gelişimini incelemekte ve yeteneğin; beceri, bağlılık ve yaratıcılığı içeren çok boyutlu bir olgu olduğunu vurgulamaktadır. Dışsal motivasyonun önemli olduğu kabul edilmekle birlikte, içsel motivasyon ve "akış" deneyiminin sürdürülebilir yüksek performans açısından belirleyici olduğu belirtilmektedir. Stratejik açıdan insan sermayesi, rakipler tarafından kolayca taklit edilemeyen benzersiz bir kaynak olarak değerlendirilmektedir. Yetenek yönetimi ise tanımlama, işe alım, geliştirme ve elde tutma süreçlerinden oluşan bütünleşik bir yapı olarak ele alınmaktadır. Ampirik analiz, Ocak 2022 verilerine dayalı olarak Macaristan'daki 60 büyük çok uluslu işvereni kapsayan kesitsel bir araştırma yaklaşımına dayanmaktadır. Çalışma üç temel hipotezi test etmektedir: Macaristan'daki birçok çok uluslu şirketin resmi bir yetenek yönetimi stratejisine sahip olmadığı, yeteneğin performansı olumlu etkilediği ve yeteneğin ortak göstergeler aracılığıyla ölçülebileceği varsayılmıştır. Sonuçlar, yetenek yönetiminin Macaristan'da hâlâ gelişim aşamasında olduğunu göstermektedir. İncelenen şirketlerin yalnızca %20'sinin kamuya açık bir yetenek yönetimi stratejisine sahip olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca tüm şirketler için ortak KPI göstergeleri oluşturmanın zor olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Sonuç olarak çalışma, Macaristan'da sistematik yetenek yönetimi uygulamalarının sınırlı olduğunu ortaya koymaktadır. Rekabet gücünün artırılması için şirketlerin standartlaştırılmış yetenek yönetimi sistemleri geliştirmesi, veri temelli İK analitiğine yatırım yapması ve çalışan deneyimini iyileştirmesi önerilmektedir.
Anahtar kelimeler: Küreselleşme, Yetenek Yönetimi, Örgüt Kültürü, Örgütsel Gelişim, İnsan Kaynakları Kontrolü, Çalışan Bağlılığı

INTRODUCTION

The aim of the research is to explore how widespread talent management (TM) is among multi-national companies operating in Hungary, whether there is a measurable link between talent and performance, and if "talent" can be evaluated in a unified way across companies.

The role of HR has shifted from administration towards strategic HRM. Talent is a multidimensional phenomenon (ability–commitment–creativity), where motivation and organizational embeddedness strongly influence performance. TM is part of organizational development and includes identification, acquisition, onboarding, development, retention, and succession. Company performance is affected by qualification, motivation, technology, workload, and well-selected KPIs.

The study applies a cross-sectional, company-level analysis. The sample was filtered from the list of the 100 largest employers in January 2022 (based on multinational presence and publicly available revenue/employee data, n=60).

Human resources have become a strategic production factor as a result of economic and social changes: both as an input and as an independent value-creating capacity, providing a long-term source of competitiveness (Dajnoki & Kun, 2018). The content of the HR function has shifted from personnel administration to strategic HRM, while the labor market is shaped by new challenges of globalization, technological acceleration, labor shortage, migration, generational heterogeneity, and diversity management (Dajnoki & Kun, 2018). In this environment, the effective combination of recruitment–onboarding–retention, measurability, and HR–business strategic integration gain special importance. In the world of work, a high level of task–competence fit increases satisfaction and performance. At the same time, cultural patterns of work as "burden," conflicts, constantly high challenge levels, burnout, and stress reduce well-being and organizational effectiveness (Csíkszentmihályi, 1997). A supportive leadership practice, which builds on the joint realization of goals, pays off in the long run (Csíkszentmihályi, 1997).

LITERATURE REVIEW

Talent, motivation, competitive advantage

The historical and scientific view of talent has changed: from the Renaissance it appeared as a value, while research in the 20th century rejected pathological approaches and linked talent to social maturity and resource character (Gyarmathy, 2006). From the 1970s, new models emerged – for example, Renzulli's "three-ring" concept (ability, commitment, creativity) – highlighting the multidimensional interpretation, while also recognizing the measurement limits of uniqueness (Gyarmathy, 2006). The motivational basis is key: extrinsic (reward-driven) motivation may weaken over time (Séra, 2010), while intrinsic (based on value creation and the self-rewarding nature of activity) can generate longer-lasting interest and learning drive; the "flow experience" is a typical form of this (Csíkszentmihályi, 1997). According to Bandura's self-efficacy concept, the internalization of goals and expectations strengthens performance motivation, while anxiety and avoidance of failure have a destructive impact (Séra, 2010). From a strategic perspective, competitive advantage can be built on hardly imitable competences, such as the unique abilities of human resources. The classical Taylor approach emphasized the executive function, but even Taylor recognized the importance of environment and proper se-lection (Poór et al., 2018). In management, the "4M" – money, market, material, man – remains decisive (Poór et al., 2018).

Strategy, processes and organizational embeddedness

Talent management (TM) is an integral part of organizational development: a connected chain of identification–acquisition–onboarding–development–retention–succession (G.T. PERSONUM, n.d.), which is built on competence profiles aligned with company goals (Holliday, 2021). Building employee commitment, identification with the organizational brand, and authentic value communication support both loyalty and attractiveness among candidates with similar values (G.T. PERSONUM, no date) (G.T. PERSONUM, n.d.). Selection covers both existing and future capabilities, and the fit should be measured on several levels: organization–team–competence–professional expectations, and commitment (G.T. PERSONUM, n.d.). Development has two main pillars: complex career development (identifying competences, coaching, training, mentoring, leadership programs) and performance management (joint goal-setting, standardized evaluation, continuous feedback) (G.T. PERSONUM, n.d.). Retention of key employees is a strategic issue: their replacement may cost up to 300% of salary, and the loss of intellectual capital can cause business damage through quality decline. A stable environment, challenges aligned with career, and ethical operation are essential (G.T. PERSONUM, n.d.). A flexible TMS, adjusted to business goals, markets, and generations (Z: online channels; X: traditional advertising), increases productivity in the long term (G.T. PERSONUM, n.d.) and reduces turnover (Pataki-Magyar, 2021).

Practical examples and roles

The "Michelangelo paradigm" is illustrative: talent is often "inside the material," and the task of the organization is to remove the "excess" with tools, practices, and development (Sencovici, 2022). The talent manager is not a manager of celebrities, but an expert in investing in human capital: key tasks include competence-based recruitment, ensuring continuous learning, creating recognition and career paths, and real-time performance evaluation that supports data-driven leadership decisions (Talent Management Institute, 2025). The software ecosystem speeds up processes: PerformYard (TM–PM integration), ClearCompany (lifecycle tracking), Cegid (collective recruitment), SAP SuccessFactors (corporate TM), Bullseye Engagement (cost-effective TM), Ascender PeopleStreme (compensation), MightyRecruiter (free TM), Oleeo (in-ternal mobility), Lattice (feedback). For selection, the simplicity of the platform, training time, support, compatibility, and cost–benefit ratio are critical (Behnke, 2025).

Risks and operational limitations

TMS also has downsides: managing, motivating, and engaging highly talented professionals with strong self-confidence is more difficult and more costly, as their salary expectations and irreplaceability are high (Pataki-Magyar, 2021). Promising but less experienced candidates are cheaper, but their preparation time is longer, the risk of failure is higher, and the related recruitment cost is greater; as a result, the growth of organizational performance may slow down (Pataki-Magyar, 2021).

Optimizing the "mix" is a strategic compromise. In most cases, leaders are result-oriented and do not consider the circumstances of task execution important (Pirger, 2013). However, it can be shown that better results can be achieved when more attention is given to employee satisfaction alongside the tasks (Keresztes et al., 2019).

Performance, productivity and HR analytics

Performance is driven by several interrelated factors: qualification (investment in training), overtime (fatigue, mistakes, burnout), motivation (incentives and work environment), and the modernity of equipment (Pataki-Magyar, 2022). HR analytics, using data from systems, sup-ports early warning and the development of intervention plans, especially in cases of labor shortage, oversupply, or key employee loss, and strengthens organizational responsiveness (Behaviour, 2021). Through digital reporting, headcount, wage, and working time indicators can be tracked in real time; this allows managers to align employer and employee interests in a sustainable way (Behaviour, 2021). KPI systems cannot simply be copied from competitors: they must be calibrated to company specifics, strategy-aligned, mixing short–long term and quantitative–qualitative indicators, with clear responsibilities and measurement frequency. The overall picture is provided by an integrated dashboard (EUROPRENEURS, n.d.). For measuring productivity, accurate and comparable data are needed. The multi-factor approach (out-put/input) and total factor productivity (capital and labor together) provide different but complementary views; innovation, digitalization, and ecological efficiency form independent productivity pillars (Pataki-Magyar, 2022).

To improve their competitiveness, organizations need professionals whose skills and abilities match the requirements of their structure and job positions. Employees with high potential usually represent about 1–5% of the workforce, and they can be involved in talent development programs that include various training and development activities. (Balogh et al., 2023)

Organizational practice: strategic alignment and trends

A carefully designed TMS starts from the business strategy and supports its goals, from identifying labor shortages through onboarding to career paths and continuous measurement (Holliday, 2021). A flexible approach focusing on past–present–future needs takes into account all aspects of the employee experience, and shows a clear link with better performance and lower turnover (Holliday, 2021). In multinational subsidiaries, TM practices are heterogeneous; in services, competence utilization is often more visible, while in manufacturing the methods of measurement and communication may differ (sectoral differences are also noted in the related literature). Some companies already support the entire TM value chain with digital platforms: from career goal setting to skills gap identification and project-based development. The example of Vodafone with the plan to hire 7,000 software engineers across Europe, redesigning TMS and selection, AI-supported workforce planning, competence-based selection, and a central HR platform, well illustrates the narrative of "transformation from telecommunications to a tech company" (Raphael, 2022).

METHOD

An alternative data processing method.

Explanation of hypotheses

H1: A significant number of multinational companies operating in Hungary do not yet have a talent management strategy. Our assumption is that talent management as a corporate practice is still relatively new in Hungary, and not all organizations recognize its strategic importance.

H2: Talent has a positive impact on organizational performance. Our assumption is that companies which consciously identify, develop, and retain high-performing employees achieve better results.

H3: It is possible to define indicators for talent management that allow talent to be measured in a unified way. Our assumption is that organizations are able to create key performance indica-tors which objectively show the identification, development, and retention of talented employees.

Research process

We conduct a cross-sectional, company-level study among multinational companies (MNCs) operating in Hungary. Our aim is to explore whether the public presence of a talent management strategy (TMS) is related to labor productivity.

As a starting framework, we use the list of the 100 largest employers (Karácsony, 2022), which contains headcount data from January 2022. The sample was narrowed with the following rules:

- Multinational presence: companies operating as Hungarian subsidiaries of international corporate groups
- Data availability: revenue and headcount data accessible for the 2021/2022 financial year

A total of 60 companies met the above criteria. Industry classification was made into three categories: manufacturing, trading, and services.

The output variable is labor productivity (LP): revenue and headcount are company-level, based on the most recent 2021–2022 data published in corporate information databases. To approximate normality and reduce the effect of outliers, transformations are also applied in the analysis. (Currency: EUR; if different, standardization is carried out.)

A binary variable (TMS_i=1) is coded if the company has a publicly documented, coherent talent management framework (e.g. programs presented on the corporate website/report for attracting–developing–retaining–succession of talent); otherwise coded as 0. The coding was done with double-checking; in case of contradiction, a conservative (0) classification was app-lied.

Control variables:

- Industry dummies (non-quantifiable categorical variable): manufacturing / trading / services.
- Company size: log (headcount)

Analytical procedures: Descriptive statistics: mean, standard deviation, median by TMS=1/0; industry distributions. Difference testing compares log(LP) between TMS=1 and TMS=0 groups, also by industry.

Data were standardized (currency, year), and duplicates were removed.

The analysis covers one point in time (January 2022), therefore causality cannot be stated. TMS can be measured only with publication bias (the lack of public data does not prove institutional absence).

RESULTS

In Hungary, most multinational companies still do not have a talent management strategy. Based on my online research, only 20% of the largest employers have such a strategy (Figure 1). This low ratio can be explained by the fact that the field is still in an early stage.

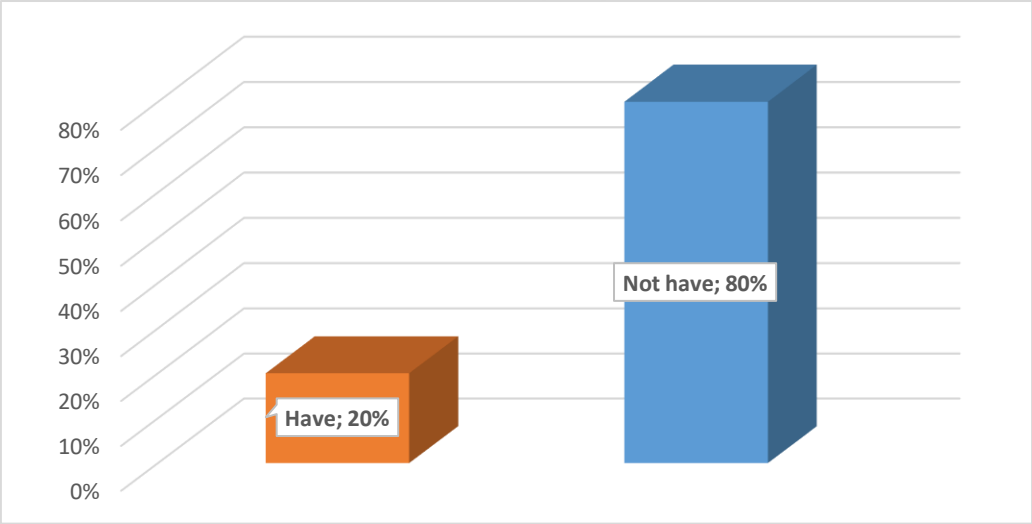


Figure 1. Distribution of multinational companies operating in Hungary by TMS, January 2022
Source: Own compilation

Talent management is a relatively new concept. The term was first used in 1997, and in 2001 the consulting firm McKinsey gave it a more precise definition. It is of high importance for corporate profit

and competitiveness, as retaining talented employees is a basic condition of success. Therefore, talent management is at the same time a business, strategic, and HR issue (Gonda, 2020).
According to my research, among the multinational trading companies in Hungary, only one has a talent management strategy, but this is not linked to outstanding productivity (Table 1 and Figure 2). Therefore, I could not confirm my second hypothesis, which assumed that talent has a positive impact on performance.

Table 1. Headcount data of multinational trading companies operating in Hungary, January 2022

	Trading company	Headcount data
1	SPAR Magyarország Kft.	14555
2	TESCO-GLOBAL Zrt.	11070
3	Lidl Magyarország Bt.	8377
4	AUCHAN MAGYARORSZÁG Kft.	6467
5	Penny-Market Kft.	4970
6	ALDI MAGYARORSZÁG ÉLELMISZERIPARI Bt.	4517
7	dm Kft.	3069
8	Pepco Hungary Kft.	2355
9	ROSSMANN Magyarország Kft.	2217
10	OBI Hungary Retail Kft.	2161
11	METRO Kereskedelmi Kft.	2130
12	UNIX AUTÓ Kft.	2020

Source: Own compilation

From these calculations I cannot extract data that would support my second hypothesis, which states that talent has a positive impact on performance.

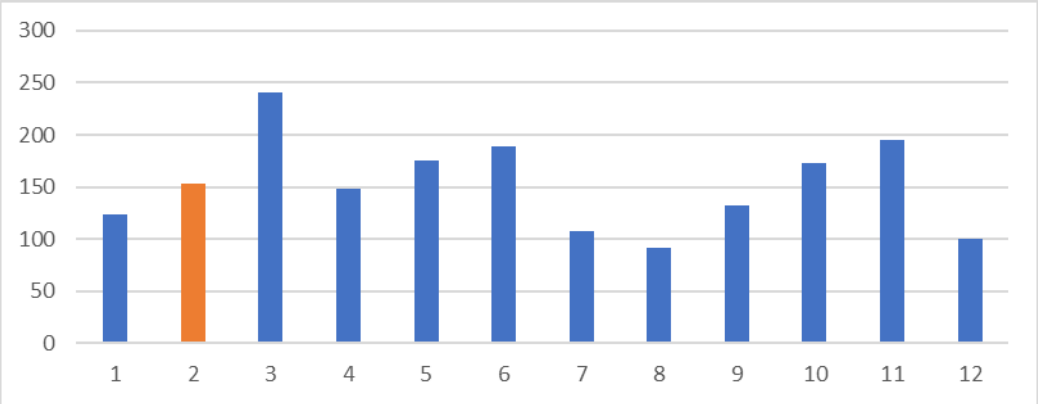


Figure 2. Annual productivity indicators of multinational trading companies operating in Hungary, January 2022 (1000 EUR/employee)
Source: Own compilation

Table 2. Headcount data of multinational manufacturing companies operating in Hungary, January 2022

	Manufacturing company	Headcount data
1	AUDI HUNGARIA Zrt.	12925
2	Flextronics International Kft.	6732
3	Robert Bosch Electronika Kft.	5557
4	Mercedes-Benz Manufacturing Hungary Kft.	4946
5	COLOPLAST Hungary Kft.	4740
6	Continental Automotive Hungary Kft.	4435
7	Robert Bosch Power Tool Kft.	3982
8	Jabil Circuit Magyarország Kft.	3871
9	Harman Becker Kft.	3866
10	DENSO Gyártó Magyarország Kft.	3670
11	Schaeffler Savaria Kft.	3329
12	SMR Automotive Mirror Technology Hungary Bt.	3235
13	Rosenberger Magyarország Kft.	3063
14	Tungsram Operations Kft.	3008
15	HANKOOK TIRE Magyarország Kft.	2870
16	Magyar Suzuki Zrt.	2832
17	LEGO Manufacturing Kft.	2826
18	Robert Bosch Energy and Body Systems KFT.	2821
19	ZOLLNER Kft.	2723
20	Linamar Hungary Zrt.	2696
21	Samsung SDI Magyarország Zrt.	2629
22	GRUNDFOS Magyarország Kft.	2464
23	thyssenkrupp Components Technology Hungary Kft.	2452
24	Nestlé Hungária Kft	2422
25	TDK Hungary Components Kft.	2342

26	Nokia Solutions and Networks Kft.	2172
27	Teva Gyógyszergyár Zrt.	2026
28	Adient Hungary Kft.	2013
29	ContiTech Fluid Automotive Hungária Kft.	1998
30	Valeo Auto-Electric Magyarország Kft.	1997
31	Aptiv Services Hungary Kft.	1973
32	Ericsson Magyarország Kft.	1921

Source: Own compilation

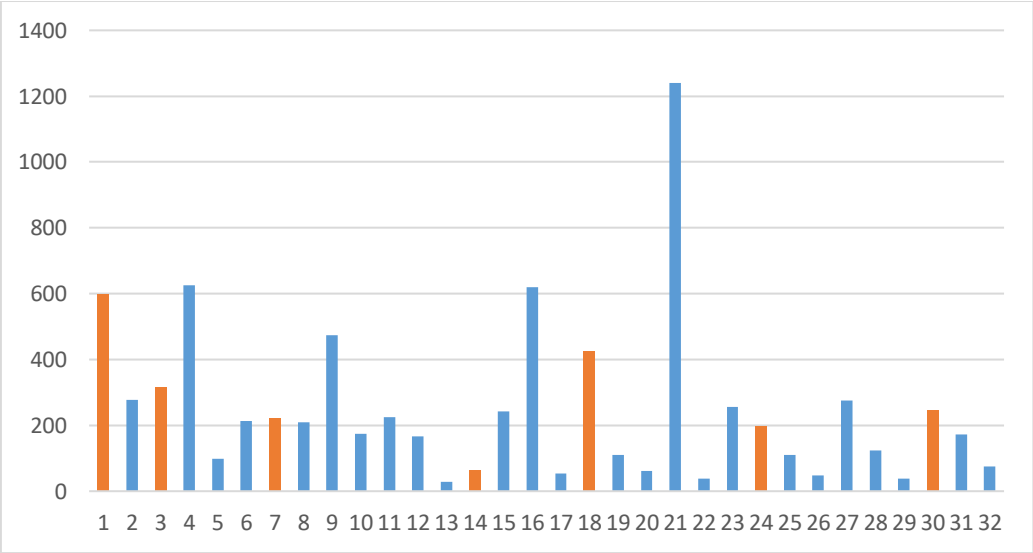


Figure 3. Annual productivity indicators of multinational manufacturing companies operating in Hungary, January 2022 (1000 EUR/employee)
Source: Own compilation

Even the manufacturing company with the best productivity indicator does not apply a talent management strategy, although its performance is outstanding (Table 2 and Figure 3). This also did not confirm my hypothesis. In contrast, in the service sector the best-performing company, Vodafone Hungary, does have such a strategy, which supports the assumption.

Vodafone plans to hire 7,000 software engineers in Europe by 2025 in order to transform from a traditional telecommunications provider into a technology company. The strategy aims to increase internal intellectual capital through training and the creation of a candidate database. In addition, HR processes are being redesigned in 26 countries: instead of focusing on job descriptions, the emphasis is on key competences, and workforce planning is supported by artificial intelligence. The central digital platform helps employees track their career goals, development opportunities, and required skills (Raphael, 2022).

Performance is influenced by several factors. Qualification and continuous training are essential. Overtime reduces productivity, as it causes fatigue, mistakes, and burnout. Lack of motivation also decreases performance, which can be improved with proper working conditions and incentives. Outdated technology blocks efficient work, therefore modern tools are needed (Pataki-Magyar, 2022).

Research shows that talent management has a positive impact on business performance, although measuring human capital is a complex task. Three methods have proven particularly effective: strengthening the positive employee experience, ensuring fast and proper allocation of talent, and

operating a strategically minded HR team. The agile HR model, cross-functional experience, and cooperation among leaders all support these processes. These contribute to better performance, satisfied employees, and effective talent management. Overall, well-functioning talent management increases financial results and provides long-term competitive advantage (Andrianova et al., 2018).

HR analytics is also an important tool. By analyzing data, unfavorable processes can be identified in time and intervention plans can be created. It plays a significant role in ensuring emp-loyee well-being and in strategic decision-making, especially in cases of labor shortage, over-supply, or loss of key employees. With digital reporting systems, turnover, wages, and working hours can be tracked in real time. This enables managers to react quickly and helps align employer and employee interests (Behaviour, 2021).

The efficiency of resource management largely depends on the work of HR and HR controlling. This requires continuous data collection and analysis. In medium and large companies, the-re is usually a separate HR department and controlling function, while in small and micro enterprises this is mostly outsourced or a managerial task, so HR controlling cannot be implemented there (Hofer, 2019).

Companies often fail when trying to copy the indicators of their competitors. Every organization needs to develop its own KPIs that are connected to its strategy. Involving employees in the development of indicators is important, because this way measurement gives a realistic picture. KPIs must cover both short- and long-term goals, as well as quantitative and qualitative aspects. The frequency of measurement and responsible persons must also be defined. A dashboard can provide transparent monitoring (EUROPRENEURS, n.d.).

In theory, indicators can be defined for measuring talent, but in my research I could not con-firm this, because each company requires unique indicators. For measuring productivity, KPIs are needed that show goal achievement and efficiency. This requires accurate data on working time management, costs, and processes. Partial productivity is based on the input–output ratio, while total factor productivity requires the joint analysis of labor and capital. Innovation, digitalization, and ecological efficiency are also important factors. Continuous measurement is sup-ported by digital systems, working time records, and 360-degree evaluation (Pataki-Magyar, 2022).

DEVELOPMENT PROPOSALS RELATED TO THE TOPIC

- Publication and standardization of a TM framework along the chain of attraction–development–retention–succession.
- Development of an industry-specific KPI system with a dashboard (short–long term, quantitative–qualitative mix).
- Data-driven HR analytics: early warnings, intervention plans, pilots.
- Improvement of employee experience and leadership practice (motivation, overtime management, technological modernization).

REFERENCES

Andrianova, S., Maor, D., & Schaninger, B. (2018, August 7). Winning with your talent-management strategy. McKinsey & Company. https://www.mckinsey.com/capabilities/people-and-organizational-performance/our-insights/winning-with-your-talent-management-strategy

Balogh, G., Szécskainé Németh, J., & Poór, J. (2023). A sokszínű emberi erőforrások speciális csoportjai. In G. Balogh & M. Karoliny (Eds.), Az emberi erőforrások menedzselése: Koncepciók, technikák nemzetközi kitekintésben. Akadémiai Kiadó.

Behaviour. (2021, November 8). Mérőszámokra építsd a HR-stratégiát! Behaviour. https://behaviour.hu/meroszamokra-epitsd-a-hr-strategiat/

Behnke, K. (2025, August 20). 30 Best Talent Management Software of 2025: Reviewed & Compared. People Managing People. https://peoplemanagingpeople.com/tools/talent-management-system/

Csíkszentmihályi, M. (1997). Flow – Az áramlat: A tökéletes élmény pszichológiája. Akadémiai Kiadó.

Dajnoki, K., & Kun, A. I. (2018). Az emberi erőforrás menedzsment jelentősége, a humán tőke felértékelődése. In K. Dajnoki & A. I. Kun (Eds.), Bevezetés az emberi erőforrás menedzsmentbe (pp. 5–16). Debreceni Egyetem. https://dtk.tankonyvtar.hu/bitstream/handle/123456789/13704/Dr.%20Dajnoki%20Krisztina%20-%20Dr.%20Kun%20Andr%c3%a1s%20-

%20Bevezet%c3%a9s%20az%20emberi%20er%c5%91forr%c3%a1s%20menedzsmentbe.pdf?sequence=1&isAllowed=y

EUROPRENEURS. (n.d.). KPI mutatók a célok hatékony eléréséért. EUROPRENEURS. Retrieved October 8, 2025, from https://europreneurs.org/kpi-mutatok/

Gonda, G. (2020, May 4). A tehetségmenedzsment és az elit-vadászat. Azüzlet.Hu. A tehetségmenedzsment és az elit-vadászat

G.T. PERSONUM. (n.d.). Rólunk. G.T. PERSONUM. Retrieved October 8, 2025, from https://gtpersonum.hu/hu/rolunk

Gyarmathy, É. (2006). A tehetség: Fogalma, összetevői, típusai és azonosítása. ELTE Eötvös Kiadó.

Hofer, M. (2019). HR controlling a vállalati gyakorlatban. "Kulturális Gazdaság" Kautz Gyula Emlékkonferencia Elektronikus Formában Megjelenő Kötete. https://kgk-archiv.sze.hu/images/dokumentumok/kautzkiadvany2018/Hofer%20M%C3%A1ria_Kautz_2018_Tanulm%C3%A1ny.pdf

Holliday, M. (2021, December 2). What Is Talent Management Strategy? 8 Tips for Building a Winning Plan. ORACLE NetSuite. https://www.netsuite.com/portal/resource/articles/human-resources/talent-management-strategy.shtml

Karácsony, Z. (2022, March 29). A legnagyobb munkaadók Magyarországon. HRportal. https://www.hrportal.hu/hr/a-legnagyobb-munkaadok-magyarorszagon-20220329.html

Keresztes, G., Paár, D., & Pirger, T. (2019). Az innovációmenedzsment és a szervezeti kultúra összefüggései. In M. Mohácsi (Ed.), Menedzsmenttendenciák (pp. 93–108). Debreceni Egyetem Kiadó.

Pataki-Magyar, G. (2021, May 20). Tehetségmenedzsment stratégia. HR-Esek Fóruma. https://hresekforuma.hu/2021/05/20/tehetsegmenedzsment-strategia/

Pataki-Magyar, G. (2022, May 23). Termelékenység! Hogyan számítsuk ki és hogyan javítsuk? HR-Esek Fóruma. https://hresekforuma.hu/2022/05/23/termelekenyseg/

Pirger, T. (2013). Szervezeti kultúra a magyar rendvédelemben—Egy városi rendőrkapitányság a szervezeti kultúra aspektusából. Magyar Rendészet: A Nemzeti Közszolgálati Egyetem Rendészettudományi Karának Szakmai, Tudományos Folyóirata, 13(1), 1–10.

Poór, J., Illés, B. C., Vinogradov, S., & Csapó, I. (2018). Benchmarking a HR-menedzsmentben. In J. Poór, M. Karoliny, I. É. Kovács, & B. C. Illés (Eds.), A HR gyakorlata (pp. 25–66). Wolters Kluwer Hungary Kft.

Raphael, T. (2022, March 23). Vodafone is revamping hiring and talent management as it shifts from telecom to tech company. Eightfold.Ai. https://eightfold.ai/blog/vodafone-is-revamping-hiring-and-talent-management-as-it-shifts-from-telecom-to-tech-company/

Sencovici, A. M. (2022, July 13). Discover the statue: The Michelangelo approach to leading change. Chief Talent Officer. https://www.chieftalentofficer.co/2022/07/13/discover-the-statue-the-michelangelo-approach-to-leading-change/

Séra, L. (2010). Mit ér a tehetség motiváció nélkül? [Előadás az Apáczai Nevelési és Általános Művelődési Központban,]. https://adoc.pub/mit-er-a-tehetseg-motivacio-nelkl.html

Talent Management Institute. (2025, May 19). 5 Key Components of an Effective Talent Management Framework and Their Importance. Talent Management Institute. https://www.tmi.org/blogs/5-key-components-of-an-effective-talent-management-framework-and-their-importance

SUSTAINABLE PROSPERITY THROUGH UMMAH'S UNITY: THE ROLE OF AI-ENABLED ISLAMIC FINTECH IN ACHIEVING MAQĀṢID AL-SHARĪʿAH

Dr. Zahiduzzaman Zahid
Islamic FinTech & Business Analytics Researcher, University of the Cumberlands, Kentucky, USA, ORCİD: ID/0009-0009-0075-0905,

Mufti Md. Maksudul Haque
Member, Shariah Supervisory Committee, Sonali Bank PLC, Dhaka, Bangladesh,

Mufti Md Mahfujur Rahman
Independent Researcher, International Islamic University Chittagong,

Abstract
The contemporary Muslim Ummah faces a paradoxical reality: while united by a shared faith and civilization, it remains economically fragmented, technologically dependent, and socially vulnerable. Traditional Islamic finance, despite its principled foundation, often falls short of addressing systemic challenges such as poverty, climate vulnerability, and digital exclusion. This paper argues that genuine Ummah-wide unity cannot be achieved through ideological rhetoric alone; rather, it requires a tangible framework for sustainable prosperity rooted in the higher objectives of Shari'ah—the Maqāṣid al-Sharīʿah (protection of faith, life, intellect, lineage, and wealth). Bridging this gap, this study explores the transformative role of AI-Enabled Islamic FinTech as a strategic enabler for realizing these Maqāṣid across Muslim societies. Employing a qualitative, interdisciplinary methodology that integrates Islamic jurisprudence (uṣūl al-fiqh), political economy, and emerging technology studies, the paper develops a conceptual model where artificial intelligence enhances the efficiency, transparency, and scalability of Shari'ah-compliant financial instruments such as Zakat, Waqf, Qarḍ al-Ḥasan, and Mudarabah. The findings demonstrate that AI-driven predictive analytics can optimize poverty alleviation, machine learning can personalize ethical microfinance for marginalized communities, and blockchain-secured smart contracts can ensure trust and accountability in cross-border Ummah-centric philanthropy. Furthermore, the paper addresses critical limitations—algorithmic bias, data privacy, and the indispensable "human-in-the-loop" Shari'ah governance—to ensure technological deployment remains ethically grounded. Ultimately, this research posits that AI-enabled Islamic FinTech, when consciously designed under a unified Maqāṣid framework, can catalyze a regenerative economic ecosystem, transforming the ideal of Ummah unity into a lived reality of shared resilience, equitable growth, and sustainable prosperity.
Keywords: Ummah Unity, Sustainable Prosperity, AI-Enabled Islamic FinTech, Maqāṣid al-Sharīʿah, Islamic Social Finance, Regenerative Economy, Shari'ah Governance, Digital Inclusion

RECONSTRUCTION OF THE LEARNING EVALUATION SYSTEM IN CHRISTIAN RELIGIOUS EDUCATION BASED ON CHARACTER ASSESSMENT AND FAITH GROWTH

Paulus SIMAMORA
Universitas Kristen Indonesia, Master of Christian Religious Education, Jakarta, Indonesia,
ORCİD: ID/0009-0006-0197-4116

Ronal LIMBONG
Universitas Kristen Indonesia, Master of Christian Religious Education, Jakarta, Indonesia,
ORCİD: ID/0009-0008-7613-8272,

Abstract
This study aims to reconstruct the evaluation system of Christian Religious Education (CRE) learning, which has long been dominated by cognitive assessment alone, toward a more holistic evaluation system by placing character assessment and faith growth as the primary components. The study employs a qualitative research approach using library research and critical analysis of various existing CRE learning evaluation models. This research is grounded in the theological understanding that the ultimate goal of Christian education is not merely the mastery of biblical knowledge, but the formation of individuals who grow in faith, love, and Christlike character.
The findings indicate that the current Christian Religious Education evaluation system does not fully reflect the essence of Christian education because it neglects the affective and spiritual dimensions of learners. The proposed reconstruction includes the development of character assessment instruments based on Christian values, qualitative indicators of faith growth, and the integration of authentic assessment through spiritual portfolios, behavioral observations, and faith reflections. This reconstructed evaluation model is expected to provide a comprehensive picture of students' overall development, encompassing intellectual, moral, and spiritual aspects, so that Christian Religious Education learning may truly contribute to the formation of a Christian generation with strong character and steadfast faith.
Keywords: learning evaluation, Christian Religious Education, character assessment, faith growth, holistic assessment.

INTRODUCTION

Learning evaluation is an essential component in the educational system because it functions to assess the achievement of learning objectives while continuously improving the quality of the educational process. Evaluation is not only used as a measuring tool for learning outcomes but also as a means of reflection to improve learning methods, strategies, and approaches. Ralph W. Tyler asserts that evaluation is an integral part of the curriculum aimed at determining the extent to which educational objectives have been achieved, giving evaluation a strategic position in the overall educational system (Tyler, 1949, p. 105).
In the context of modern education, learning evaluation is no longer understood narrowly as assigning grades through written tests, but rather as a comprehensive process that includes the assessment of cognitive, affective, and psychomotor aspects. This view aligns with the classification of educational objectives proposed by Benjamin S. Bloom, who divides educational objectives into these three main domains (Bloom, 1956, pp. 7–10). Therefore, effective evaluation must be able to comprehensively measure the various dimensions of student development.
In educational practice, especially in Indonesia, the implementation of learning evaluation still faces various problems. Many educators tend to focus on assessing the cognitive aspect through written tests, while the affective and psychomotor aspects often receive inadequate attention. This condition causes the evaluation to be incomplete and less able to describe the students' development as a whole. Even though the overall scope of evaluation has been described by Dessinger (2004) as: *full-scope evaluation integrates four types of program evaluation-formative, summative, confirmative, and meta-into the training program evaluation plan*. Based on this definition, it can be said that evaluation is the process of determining the quality of a learning activity for the purpose of decision-making (Tawil & Tampa,

2024, pp. 2–3). The problem of learning evaluation becomes even more complex in the context of Christian Religious Education (CRE), because CRE is not only oriented towards increasing students' knowledge about religious teachings, but also on the formation of character, attitudes, and spirituality that are in harmony with Christian values. Therefore, evaluation in CRE must be able to measure broader dimensions, including changes in attitudes, behavior, and the faith development of students.

Thomas H. Groome emphasizes that Christian religious education must be oriented toward life transformation, not just mere knowledge transfer (Groome, 1980, p. 135). The implication is that evaluation in CRE is not enough to just measure how much biblical information is absorbed by students, but it must also trace the extent to which students live out Christian values in their daily lives. This view asserts that evaluation in CRE must be designed holistically and contextually.

This condition raises critical questions that serve as the starting point of this study: why, after decades of rich developments in the theology of Christian education, does the CRE evaluation system in Indonesia still remain confined within a cognitocentric paradigm? And more importantly: how can the CRE evaluation system be reconstructed theoretically and practically so that it is truly capable of measuring and encouraging the growth of students' character and faith?

Pazmino asserts that authentic Christian education must be able to "call students to growth in all aspects of their humanity" (Pazmino, 2008, p. 21), a standard that goes far beyond what can be achieved by multiple-choice or short-answer questions. In this context, evaluation plays a crucial role in measuring success and simultaneously identifying areas that need to be strengthened in the learning process. Therefore, a structured evaluation system supported by clear components is needed so that the evaluation results can be academically and pedagogically accountable.

This study attempts to offer a reconstruction of a more holistic CRE learning evaluation system. Based on the theology of Christian education, faith development theory, and authentic assessment approaches in modern educational science, this study formulates an evaluation model that places character assessment and faith growth as central components. This reconstruction is not merely a technical update, but rather a paradigmatic transformation that returns CRE evaluation to its true essence and purpose.

CONCEPTUAL FRAMEWORK

A. The Nature and Purpose of Evaluation in Christian Religious Education

Conceptually, learning evaluation is a systematic process to assess the achievement of educational goals and the effectiveness of the learning process. In the realm of Christian Religious Education, learning evaluation is not only focused on the cognitive aspect but also includes affective and spiritual dimensions (Padja et al., 2021). Learning evaluation in Christian Religious Education can be defined as a systematic process for collecting, analyzing, and interpreting information about student learning with the aim of determining the level of achievement of set learning objectives (Bloom, 1971, pp. 1–2). Evaluation in Christian Religious Education is not limited to measuring knowledge and skills, but also includes assessing the formation of character, values, and religious attitudes of students.

Ralph W. Tyler asserts that "evaluation is the process of determining to what extent the educational objectives are actually being realized" (Tyler, 1949, p. 69), which indicates that evaluation aims to assess the extent to which educational goals can be achieved. In CRE, these goals are not limited to mastering knowledge but also extend to forming character and faith. In line with this, Thomas H. Groome states that "Christian religious education is a process of nurturing faith that leads to transformation in personal and social life" (Groome, 1980, p. 27). This view asserts that evaluation in CRE must be oriented towards the transformation of the students' lives, not merely on the mastery of religious teaching materials. Thus, the evaluation system in CRE is a planned and sustainable process to assess the development of knowledge, attitudes, and spirituality of students holistically.

Structurally, the Assessment Standards set in the Permendikbudristek Number 21 of 2022 have indeed accommodated the assessment of the attitude domain as an evaluation component alongside the knowledge and skill domains (Kementerian Pendidikan Riset, dan Teknologi Republik Indonesia, 2022). However, this regulation does not provide specific technical guidelines on how the assessment of religious attitudes in the context of CRE should be carried out validly and reliably. As a result, there is a systemic gap between the normative demands of the curriculum and the practical capacity of teachers to operationalize character and spiritual assessments.

B. Faith Development Theory as an Evaluation Framework

One of the most important contributions to CRE evaluation studies is the faith development theory developed by James W. Fowler. In his work *Stages of Faith*, Fowler identifies six stages of human faith development, from intuitive-projective faith in early childhood to universalizing faith at the highest level of maturity (Fowler, 1981, pp. 14–17). Fowler divides the stages of one's faith development into six stages, namely: (1) intuitive-projective faith; (2) mythic-literal faith; (3) synthetic-conventional faith; (4) individuative-reflective faith; (5) conjunctive faith; and (6) universal faith.

This model provides a very useful framework for designing CRE evaluations that are sensitive to the students' stage of spiritual development. Each stage of faith development has its own characteristics that determine how a person understands God, themselves, and their community. Its pedagogical implication is that CRE evaluation should not be uniform for all ages and developmental stages. A third-grade elementary school student who is in the mythic-literal faith stage requires different evaluation instruments from a high school student in the individuative-reflective faith stage. Evaluation that does not consider the stage of faith development has the potential to create irrelevant and even counterproductive standards.

Westerhoff offers a complementary perspective through the concept of *styles of faith* that he developed. Unlike Fowler, who uses a ladder metaphor, Westerhoff uses the metaphor of tree rings growing from the inside out, consisting of: experienced faith, affiliative faith, searching faith, and owned faith (Westerhoff, 2012, pp. 89–91). Westerhoff's model is highly relevant for designing evaluation indicators that appreciate the process of spiritual struggle and questioning as a part of growth, rather than as a sign of failure. Westerhoff asserts that the faith community has a central role in shaping character and faith growth. This means a good CRE evaluation does not only look at individuals in isolation but also considers the communal dimension: how students engage in the faith community, how they contribute, and how they receive and provide support to others.

C. Character Assessment from a Christian Educational Perspective

Dallas Willard in *Renovation of the Heart* introduced the concept of *spiritual formation* as a process of transforming all dimensions of human personality: mind, will, emotions, body, soul, and social relations towards likeness with the character of Christ (Willard, 2002, pp. 33–35). For Willard, character is not merely an aggregate of good behaviors visible from the outside, but an inner dispositional condition that serves as the organic source of all actions. People with good character do good naturally and spontaneously, not out of fear of being evaluated or punished.

Willard's perspective has revolutionary implications for CRE evaluation. If Christian character is an inner condition that manifests itself in spontaneous actions, then evaluations conducted in formal test situations, where students know they are being observed and judged, that will have very low ecological validity. What is needed is naturalistic observation of students' behavior in real everyday life situations, such as: how they respond to conflicts and struggles, how they treat the weak, and how they behave when no one is watching.

Thomas Lickona, from the perspective of character education that can be integrated with the Christian approach, defines good character as a combination of moral knowing, moral feeling, and moral action. This three-component framework is very useful for designing character assessment rubrics in CRE: cognitive (knowledge of Christian values), affective (love and commitment to those values), and behavioral (the embodiment of values in concrete actions) (Lickona, 1991, pp. 51–52). A comprehensive character assessment rubric must be able to measure these three components in an integrated manner.

D. Authentic Assessment as a Relevant Evaluation Approach

Knight, in the context of Christian philosophy of education, asserts that Christian epistemology recognizes two complementary ways of knowing: *knowledge about* and *knowledge through experience* (Knight, 2006, pp. 178–180). An evaluation that only measures *knowledge about* like knowledge of the Bible, doctrine, and Christian ethics only captures half of what should be assessed in CRE. What is equally important is *knowledge through experience*: how students come to know God through experiences of prayer, service, and fellowship. This is what makes authentic assessment the most relevant methodological paradigm for CRE evaluation.

Wiggins introduced the concept of authentic assessment as an alternative to standardized tests that measure students' abilities in artificial situations. Authentic assessment is an assessment that evaluates students' skills and knowledge in real-world contexts relevant to their daily lives, rather than just testing theoretical knowledge through written exams. Authentic assessment involves tasks that reflect real activities students will face outside of school (Wiggins, 1989). In the context of CRE, this means evaluation is not limited to written tests but includes service projects, faith reflections, prayer journals, and documentation of involvement in church life.

METHODOLOGY

This study uses a qualitative approach with a library research design accompanied by critical analysis (Hadi & Afandi, 2021). This approach was chosen because the research focus is on the conceptual and theoretical reconstruction of the CRE evaluation system, which requires a depth of theoretical and theological argumentation rather than quantitative empirical data.

Research data sources cover three main categories: (1) theological and Christian education literature, (2) relevant general education theories, especially assessment and evaluation theories, and (3) national education policy documents related to assessment standards. Data collection was carried out through systematic searches of various relevant primary and secondary sources.

Data analysis was conducted in three stages: first, a descriptive analysis of the current condition of CRE evaluation; second, a critical analysis of the gap between the prevailing evaluation system and the ideal goals of CRE; and third, a constructive synthesis to formulate a reconstructed evaluation model. This analysis process was guided by three key questions: What should ideally be measured in a CRE evaluation? How can it be measured accurately and meaningfully? And how can the measurement results be used to encourage student growth?

Thus, the focus of this study is not on the empirical behavior of subjects, but on the analysis of ideas, concepts, and scientific findings relevant to the research theme. Through this analytical process, the research is expected to produce a complete and argumentative theoretical understanding, as well as provide a conceptual contribution to the reconstruction of the Christian Religious Education learning evaluation system in the future.

Analysis of The Research Problem

A. Portrait of the Current CRE Evaluation System: A Critical Diagnosis

The results of studies on various journals and research regarding the evaluation of Christian Religious Education (CRE) in Indonesia show that the currently prevailing evaluation system is still dominated by a positivistic and behavioristic paradigm. Evaluation tends to be directed at measuring cognitive learning outcomes through written tests, memorizing Bible verses, and mastering doctrinal materials (Susanto & Nuhamara, 2025). In practice, this approach gives birth to learning that is oriented solely towards achieving exam scores, rather than on character transformation and students' faith growth.

Consequently, many students are capable of memorizing theological concepts and Bible verses, but do not necessarily live out Christian values in their daily behavior. This condition indicates a serious gap between the knowledge of faith and the practice of living out faith. Yet, the primary goal of Christian Religious Education is not just to form students who understand Christian teachings intellectually, but to form disciples of Christ who experience real life changes.

Critical analysis of this phenomenon indicates that the current CRE evaluation system is still reductive because it simplifies the essence of Christian education solely to the academic aspect. This approach contradicts the holistic Christian philosophy of education, which views humans as whole beings who develop in integrated intellectual, moral, social, emotional, and spiritual dimensions (Bengo Ole et al., 2023).

On the other hand, several recent studies have started showing positive developments. Character-based authentic assessment approaches have been proven to have a significant influence on shaping students' attitudes and behaviors. Research on contextual and local wisdom-based learning also shows that evaluations relevant to students' life experiences can enhance the deep internalization of Christian values. Thus, the analysis results indicate that the main problem of CRE evaluation in Indonesia lies not only in the technical aspect of assessment but in the evaluation paradigm itself.

Evaluation is still understood as an academic measurement tool, rather than as a means of accompanying faith growth and Christian character formation (Hutapea & Panjaitan, 2025).

B. Principles for Reconstructing the CRE Evaluation System

Based on this critical diagnosis, the reconstruction of the CRE evaluation system needs to be built on theological and pedagogical principles capable of returning evaluation to the true essence of Christian education. These principles serve as the conceptual foundation in designing a more holistic, authentic, and transformative evaluation model:

1. The Principle of Wholeness

The principle of wholeness asserts that CRE evaluation must reflect the biblical view of humans as whole beings consisting of body, soul, and spirit. Therefore, evaluation cannot be limited to just one dimension of development. Thomas H. Groome emphasizes that Christian education aims to shape the entirety of human life in its relationship with God, others, and the world (Woenardi, 2026). Consequently, the evaluation system must be able to provide a comprehensive picture of the intellectual, moral, social, and spiritual development of students. A holistic evaluation approach also prevents CRE from academic reductionism that solely pursues numeric scores without life transformation.

2. The Principle of Developmental Sensitivity

This principle is based on the faith development theory developed by James W. Fowler, which explains that faith develops through specific stages that have different characteristics at each age and individual maturity level (Fowler, 1981, p. 121). Therefore, CRE evaluation must be sensitive to students' development. The assessment instruments for early childhood are certainly different from evaluations for adolescents or university students. Children require more evaluation based on concrete and narrative experiences, whereas adolescents need space for critical reflection and existential dialogue regarding faith. Evaluations that ignore the developmental principle risk creating unrealistic standards that can even be detrimental to the students' spiritual development.

3. The Principle of Authenticity

Knight emphasizes that evaluation in Christian education must be authentic and reflect real faith life (Knight, 2006, p. 178). Therefore, evaluation is not sufficient if done only through artificial formal exams. Students need to be given the opportunity to demonstrate their faith and character through: Service projects, Faith reflections, Social activities, Practices of forgiveness, and Community involvement. The authentic approach makes evaluation more relevant to daily life and helps students integrate faith with concrete actions.

The principle of authentic assessment, according to Grant Wiggins, emphasizes that evaluation should focus on students' ability to apply knowledge realistically in life contexts. Assessments must not stop at measuring memorization or mastery of concepts alone, but must involve tasks that reflect real-world situations and require students to show actual performance (Wiggins, 1989). In this approach, students are asked to produce products, solve problems, or carry out meaningful actions as a form of applying knowledge. Wiggins also emphasizes the importance of using open-ended responses such as essays, projects, and portfolios, which allow students to construct understanding in a more profound and complex manner (Wiggins, 1998, p. 21).

Furthermore, Wiggins asserts that authentic assessment must be holistic and based on clear criteria, using rubrics as transparent assessment standards. The assessment covers cognitive, affective, and skills aspects in an integrated manner, thus providing a complete picture of student development. In this framework, assessment functions not only as an outcomes measurement tool but as part of the learning process that provides feedback for student growth (*assessment for learning*). Thus, authentic assessment according to Wiggins emphasizes that learning success is measured not only by what students know, but by what they are capable of doing with that knowledge in real life (Wiggins, 1998, pp. 22–23).

4. The Principle of Formative Orientation

Robert J. Marzano emphasizes the importance of formative evaluation that provides continuous feedback to support the learning process (Marzano, 2010, p. 15).

In the context of CRE, this principle holds profound theological meaning because faith growth is a lifelong process. Thus, CRE evaluations should: guide, accompany, strengthen, and direct student growth, rather than merely giving final semester scores. A formative approach also helps create a more pastoral and humanistic pedagogical relationship between teachers and students.

5. The Principle of Communal Dimension

Robert W. Pazmino asserts that Christian faith is intrinsically communal in nature, not individualistic (Pazmino, 2008, pp. 173–175). Therefore, CRE evaluation must pay attention to how students build relationships with others and engage in the faith community. Aspects that can be assessed include: ability to work together, social care, involvement in ministry, tolerance, peacemaking ability, and contribution to the community. This approach helps students understand that Christian faith is not only about a personal relationship with God but is also manifested through love and social responsibility towards others.

C. The Reconstructed CRE Evaluation Model: Holistic Evaluation

Based on the theological, pedagogical, and psychological principles previously discussed, this study formulates a reconstructed Christian Religious Education (CRE) evaluation model in the form of a holistic evaluation. This model is built on the belief that students are whole individuals who develop in intellectual, moral, social, and spiritual dimensions in an integrated manner. Therefore, CRE evaluation cannot be limited merely to measuring the cognitive aspect, but must encompass the entire process of character formation and faith growth.

This evaluation model can be conceptually illustrated as an equilateral triangle consisting of three main interconnected and mutually supporting components, namely: assessment of theological knowledge and understanding, assessment of Christian character, and assessment of faith growth. Balance among the components is the main principle because an imbalance in any one aspect will produce an incomplete evaluation. Knowledge without character can result in religious legalism, character without a theological basis has the potential to become empty morality, while spirituality without critical reflection can fall into faith subjectivism.

1. Assessment of Theological and Biblical Knowledge (Cognitive Component): Weight 30%

The first component maintains the cognitive aspect as an important part of the CRE evaluation but is fundamentally reconstructed. The assessment focus is no longer just on memorizing biblical facts or church doctrines, but on understanding theological meanings deeply and the ability to connect them with real-life contexts. Marzano emphasizes that meaningful knowledge does not stop at the process of information recall, but involves the ability to analyze, evaluate, and apply concepts in concrete situations (Marzano, 2010, p. 32). Therefore, evaluation in CRE must encourage students to think reflectively and contextually. This approach positions students not just as memorizers of religious teachings, but as individuals capable of interpreting and living out Christian faith critically and relevantly.

2. Assessment of Christian Character and Values (Affective Component): Weight 40 %

The second component becomes the primary core in the reconstruction of CRE evaluation because character is the tangible manifestation of a living faith. Character assessment is carried out authentically through continuous observation of students' behavior in daily life. This study develops the model by adding two important dimensions: spiritual courage, and spiritual discipline. These additions are considered important because Christian students in Indonesia live in a context of social plurality and moral challenges that demand courage to maintain faith values maturely.

Table of Values and Christian Character Rubric:

Character Value	Awareness Level	Internalization Level	Actualization Level
Love	Understands the importance of loving others	Shows empathy and care	Actively helps and serves without discrimination
Integrity	Knows the importance of honesty	Strives to be honest	Consistently behaves honestly in all situations
Humility	Realizes the importance of respecting others	Willing to accept criticism and feedback	Shows humility in social relations
Justice	Understands the principles of justice	Rejects discrimination	Defends those who are treated unjustly
Forgiveness	Understands the meaning of forgiveness	Willing to make peace with others	Actively builds reconciliation
Spiritual Courage	Knows the value of Christian faith	Dares to state convictions	Consistently lives according to faith despite facing pressure
Spiritual Discipline	Understands the importance of spiritual discipline	Begins to build spiritual habits	Consistently engages in prayer, worship, and Bible reading

Table of Character Assessment Pathways:

Assessment Pathway	Form of Assessment	Function
Teacher Observation	Observation of daily behavior	To assess character consistency
Peer Assessment	Assessment by peers	To assess social relations and integrity
Self-Assessment	Student self-reflection	To develop moral awareness
Parent Report	Observation of behavior at home	To provide a contextual perspective

This approach is in line with authentic assessment theory which emphasizes the integration of knowledge, attitudes, and actions in real life.

3. Assessment of Faith Growth (Spiritual Component): Weight 30 %

The third component is the most innovative aspect of this evaluation model. Faith growth is understood as a dynamic process of human relationship with God that develops through life experiences, spiritual reflection, and involvement in a faith community. Parker J. Palmer asserts that the human spiritual dimension cannot be measured mechanically because it contains elements of mystery and deep personal experience (Palmer, 1983, p. 53). Therefore, the evaluation of faith growth must be carried out reflectively, pastorally, and humbly. The main instrument in this component is the spiritual portfolio. This portfolio contains documentation of the student's faith journey developed continuously.

Table of Spiritual Portfolio Components:

Portfolio Component	Form of Documentation	Assessment Goal
Prayer Journal	Record of personal prayer life	To assess the consistency of spiritual relationships
Biblical Reflection	Reflections on reading the Word of God	To measure the depth of biblical meaning-making
Ministry Record	Documentation of ministry activities	To assess involvement in ministry
Faith Testimony	Personal spiritual experiences	To observe the development of faith awareness
Struggle Reflection	Record of life struggles and faith responses	To measure spiritual maturity

Table of Faith Growth Assessment Aspects:

Assessed Aspect	Indicator	Assessment Technique
Depth of Reflection	Ability to spiritually interpret life experiences	Reflective journal analysis
Spiritual Consistency	Regularity of prayer and worship	Observation and documentation
Community Involvement	Participation in ministry and fellowship	Participatory assessment
Maturity of Faith Response	How to deal with conflicts and struggles	Pastoral interview
Continuity of Growth	Spiritual development over time	Longitudinal analysis of portfolio

The use of reflective journals and spiritual portfolios in religious education can enhance students' ability to articulate their faith and strengthen their involvement in fellowship. Thus, the evaluation of faith growth is not aimed at judging the students' spirituality, but at accompanying their growth process pastorally and educationally.

D. Implementation in the Indonesian Context: Opportunities and Challenges

Implementing a character and faith growth based Christian Religious Education (CRE) evaluation model in the Indonesian context faces complex dynamics. On the one hand, this reconstruction presents a massive opportunity as it aligns with national educational policy directions that increasingly emphasize character strengthening and the Pancasila Student Profile. However, on the other hand, there are structural, pedagogical, and cultural challenges that need to be overcome for this holistic evaluation model to be effectively applied.

In this context, CRE evaluation needs to develop a *humble assessment* approach, which is an evaluation that still attempts to provide a meaningful picture of student development while simultaneously recognizing the limitations of human instruments in assessing the depth of someone's faith. Parker J. Palmer asserts that the human spiritual dimension cannot be reduced to mere objective data because it pertains to deep, personal inner experiences (Palmer, 1983, p. 58). Therefore, faith growth evaluation must be conducted reflectively, pastorally, and with great care.

The implementation of holistic evaluation is also highly relevant to the context of Indonesia's pluralistic and religious society. Religious education is no longer sufficient if it merely produces students who understand doctrine; it must form individuals who can live in love, tolerance, justice, and social responsibility. Thomas Lickona emphasizes that effective character education must form moral knowing, moral feeling, and moral action holistically so students can live out moral values in real life (Lickona, 1991, p. 51). Thus, a character- and faith-growth-based evaluation model can make a strategic contribution to the nation's moral development while strengthening harmonious social life in a diverse society.

The development of digital technology also opens up significant opportunities for implementing more effective and contextual CRE evaluations. Digital spiritual portfolios allow students to systematically document faith reflections, prayer journals, and ministry experiences. Teachers can monitor students' progress more practically and in an organized manner. Furthermore, the use of digital learning applications can assist the authentic assessment process through uploads of ministry videos, audio reflections, and online faith-based discussions. Grant Wiggins explains that authentic assessment must present tasks relevant to students' real lives so they can tangibly demonstrate their understanding and character (Wiggins, 1998, p. 21). The digital approach makes evaluations more flexible, participatory, and relevant for today's digital generation.

In the Indonesian context, implementing holistic CRE evaluation also requires strong institutional support. Christian schools, churches, and theological education institutions need to collaborate to develop contextual and applicable evaluation guidelines. Robert W. Pazmino asserts that Christian education is fundamentally the joint responsibility of the faith community, not merely the individual task of the teacher in the classroom (Pazmino, 2008, p. 112). Without systemic support, teachers will face difficulties in applying an evaluation model that is more complex, reflective, and oriented towards students' spiritual growth.

Ultimately, reconstructing a character- and faith-growth-based CRE evaluation is not just a technical change in the grading system, but a transformation of the Christian education paradigm itself. Evaluation is no longer understood as a tool for academic classification, but as a means of spiritual accompaniment that helps students grow into individuals increasingly resembling Christ. Thus, the success of CRE evaluation is measured not only by students' academic achievements, but also by the extent to which they experience real life transformations in character, social relations, and faith maturity.

CONCLUSION AND RECOMMENDATION

This study has demonstrated that the existing CRE evaluation system contains a significant gap with the ideal goals of Christian education. The dominance of cognitive assessment in the prevailing evaluation system produces a partial and misleading picture of student development, because it fails to capture the very dimensions that are most essential in Christian education: character and faith growth.

The reconstruction proposed in this study offers a holistic CRE evaluation model with three integrated components: assessment of theological knowledge oriented towards understanding and reflection; assessment of Christian character through observation, peer assessment, self-assessment, and parent reports; as well as faith growth assessment through spiritual portfolios and relevant spiritual development indicators. This evaluation model is built upon five foundational principles: wholeness, developmental sensitivity, authenticity, formative orientation, and communal dimension. These principles are not only reflections of the best educational theories, but are also expressions of a profound theological understanding of human nature, faith, and the Christian community.

The implementation of this model requires a paradigmatic transformation that includes: changing CRE teachers' understanding of the purpose of evaluation, developing competencies in designing and using diverse assessment instruments, and institutional support from schools and churches. Although these challenges are real and significant, the urgency of this reconstruction cannot be ignored if CRE wishes to fulfill its sacred mission in forming a Christian generation with strong character and faith.

As a recommendation for future research, empirical testing of this proposed evaluation model is needed through classroom action research (CAR) or research and development (R&D) in various CRE educational contexts, both in formal schools and in church education environments. This empirical validation will strengthen the relevance and effectiveness of the model that has been conceptually reconstructed in this study.

REFERENCES

Bengo Ole, D., Mulyani, S., & Manggi, N. O. (2023). Model Evaluasi CIPP (Context, Input, Process, Product): Suatu Pendekatan dalam Evaluasi Pembelajaran PAK. *RERUM: Journal of Biblical Practice*, *3*(1), 83–97. https://doi.org/10.55076/rerum.v3i1.552

Bloom, B. S. (1956). *Taxonomy of Educational Objectives: The Classification of Educational Goals, Handbook I: Cognitive Domain*. David McKay Company.

Bloom, B. S. (1971). *Handbook on Formative and Summative Evaluation of Student Learning*.

Fowler, J. W. (1981). *Stages of Faith: The Psychology of Human Development and the Quest for Meaning*. Harper & Row.

Groome, T. H. (1980). *Christian Religious Education: Sharing Our Story and Vision*. Harper & Row.

Hadi, N. F., & Afandi, N. (2021). Literature Review is A Part of Research. *Sulawesi Tenggara Educational Journal*, *1*(3 SE-Articles). https://doi.org/10.54297/seduj.v1i3.203

Hutapea, R. H., & Panjaitan, R. (2025). Penilaian Pendidikan Agama Kristen Berbasis Outcome-Based Education: Kerangka Konseptual dan Implikasi Pedagogis. *Jurnal Ilmiah Religiosity Entity Humanity (JIREH)*, *7*(2), 786–795. https://doi.org/10.37364/jireh.v7i2.598

Kementerian Pendidikan Riset, dan Teknologi Republik Indonesia, K. (2022). *Peraturan Menteri Pendidikan, Kebudayaan, Riset, dan Teknologi Republik Indonesia Nomor 21 Tahun 2022 tentang Standar Penilaian Pendidikan pada Pendidikan Anak Usia Dini, Jenjang Pendidikan Dasar, dan Jenjang Pendidikan Menengah*. Kemendikbudristek.

Knight, G. R. (2006). *Philosophy and Education: An Introduction in Christian Perspective* (4th ed.). Andrews University Press.

Lickona, T. (1991). *Educating for Character: How Our Schools Can Teach Respect and Responsibility*. Bantam Books.

Marzano, R. J. (2010). *Formative Assessment & Standards-Based Grading*. Marzano Research Laboratory.

Padja, A. P., Tari, E., & Lao, H. A. E. (2021). Evaluasi Pembelajaran Pendidikan Agama Kristen Menggunakan Model Context, Input, Process, and Product. *Jurnal Komunikasi Pendidikan*, *5*(2), 138–151.

Palmer, P. J. (1983). *To Know As We Are Known: A Spirituality of Education*. Harper & Row.

Pazmino, R. W. (2008). *Foundational Issues in Christian Education: An Introduction in Evangelical Perspective*. Baker Academic.

Susanto, Y. N., & Nuhamara, D. (2025). Evaluasi PAK dalam Era Digital: Antara Kebutuhan Teknologi dan Ketulusan Teologi. *CARAKA: Jurnal Teologi Biblika Dan Praktika*, *6*(2), 229–239. https://doi.org/10.46348/car.v6i2.395

Tawil, M., & Tampa, A. (2024). *MODEL ASESSMEN KOMPETENSI ABAD 21 (Model-AKA21)*.

Tyler, R. W. (1949). *Basic Principles of Curriculum and Instruction*. University of Chicago Press.

Westerhoff, J. H. I. I. I. (2012). *Will Our Children Have Faith?* (3rd ed.). Morehouse Publishing.

Wiggins, G. (1989). A True Test: Toward More Authentic and Equitable Assessment. *Phi Delta Kappan*, *70*(9), 703–713.

Wiggins, G. (1998). *Educative Assessment: Designing Assessments to Inform and Improve Student Performance*. Jossey-Bass, A Wiley Company.

Willard, D. (2002). *Renovation of the Heart: Putting on the Character of Christ*. NavPress.

Woenardi, T. N. (2026). Komunitas Iman sebagai Ruang Formasi Moral: Reinterpretasi Pendekatan Praksis Bersama Thomas Groome bagi Pendidikan Kristiani Multikultural Indonesia. *KURIOS: Jurnal Teologi Dan Pendidikan Agama Kristen*, *12*(1), 148–159. https://doi.org/10.30995/kur.v12i1.1560

GRAMMAR BEYOND THE RULE BOOK: RETHINKING GRAMMAR INSTRUCTION FOR UNIVERSITY EFL LEARNERS

Oksana SHOVAK
Uzhhorod National University, Department of English Philology, Uzhhorod, Ukraine
ORCID ID: 0000-0001-6016-7599

Tetiana POCHEPETSKA
Uzhhorod National University, Department of English Philology, Uzhhorod, Ukraine
ORCID ID: 0000-0003-0156-8792

Olha KISHKO
Uzhhorod National University, Department of English Philology, Uzhhorod, Ukraine
ORCID ID: 0000-0003-1485-2653

Natalia PETIY
Uzhhorod National University, Department of English Philology, Uzhhorod, Ukraine
ORCID ID: 0000-0002-3999-0932

ABSTRACT
Grammar has always been a difficult topic in university-level English because although it is taught officially, it is often rejected by students. Students enrolled in philological studies have learned about grammar rules for many years already, but they still cannot apply their knowledge of linguistic structures in practice. The gap between theoretical knowledge and practical use shows how grammar teaching fails to engage students with this topic.
Recent research into alternative methods of teaching grammar has led to a more hopeful avenue for exploration. When grammar is presented in stories, acting exercises, collaborative activities, and online, the learning becomes more effective and the students are also more motivated than in a traditionally structured classroom environment. In gamified classes, specifically, the affective filter of studying grammar is reduced to the point where students feel comfortable trying out different grammatical structures without fear of failure. In the case of students of philology, for whom linguistic competence goes hand in hand with metalinguistic understanding, creative methods are even more relevant. The reason why creative tasks encourage the analysis of grammar is that students cannot avoid doing so.
In light of recent research findings concerning creative grammar pedagogy, this paper makes an attempt to outline reasons why a specific change in logical structure is needed in university grammar classes designed for students specializing in English philology. Instead of being treated as an additional subject matter to memorize, grammar could be conceptualized as a means for creating meaning which is made available through use. In this paper, various techniques tested by the author as a college teacher are offered as ways to develop grammar lessons in a different, more rational manner.
Keywords: grammar instruction, creative pedagogy, English philology, university EFL, communicative competence, metalinguistic awareness, task-based learning.

HUNGARIAN RIGHT-WING AMBITIONS IN THE EARLY 21ST CENTURY TOWARD THE REVISION OF THE TRIANON TREATY

Prof. Emeritus Sándor FÖLDVÁRI
Debrecen University, Faculty of Humanities, Baltic Studies, Debrecen, Hungary
ORCID ID: 0000-0002-7825-0531

Abstract
The Hungarian right-wing movements often used the "card" of the Treaty of Trianon (signed in 1920) as a political tool, presenting it as a significant national trauma in order to gain domestic support and promote national goals internationally. By portraying the treaty as an unfair act committed by Western powers, the right wing fosters a sense of national pride and hostility towards the West. The right wing has a long tradition in Hungary. (Földvári, 2025d).
The first phase was the historical context for the Trianon Peace Treaty, highlighting how the Hungarian ruling elite had mistreated ethnic minorities, leading to a loss of support from Western powers. (Földvári, 2025a).
The second step was, in chronological order, the extreme, far-right, and authoritarian aspects of the Horthy regime. This regime regime attempted to revise the terms of the Trianon Peace Treaty by claiming territories that had been ceded to neighbouring countries. (Földvári, 2025b)
The third phase, which will be discussed in this paper, is the epoch of recent extremist right-wing approaches to the Trianon Treaty. These emerged in Hungary following the system transition after the collapse of socialism in 1990 and were strenghteened by the establishment of Orbán's illiberal government in 2010, which fell on April 12, 2026. This regime consolidated its power through control of the media, the weakening of judicial independence, and the promotion of closer ties with Russia and China. (Földvári, 2025). The Orbán regime in Hungary employed populist and demagogic political rhetoric in reference to the Treaty of Trianon to increase its power by appealing to the masses. It was characterised by racism and hostility towards neighbouring countries, particularly concerning Carpathian Ukraine. (Földvári, 2025c).
Then, we are not only discussing the fallen far-right and authoritarian Orban regime, but also the strengthening fascism represented by six members of the newly elected Parliament, after April 12, 2026. The "Mi Hazánk" ("Our Motherland") Party demonstrated its aversion against the Roma people just at the very first assembly of the Parliament. Notably, there is no left nor liberal party in the recent Hungarian Parliament, but three right parties. It may raise some doubt about the absolute democratisation of Hungary in its way of returning to Europe.
Keywords: Hungary, Trianon, Orbán, extremeism, populism.

The author's previous papers on the topic, referred to in the abstract:

Földvári, S. (2025). Orbán's Hungary is A Threat to the Security of NATO – While Türkiye is a Good, Reliable Ally: Lessons of the Recent İnternational Situation, 6. Bilsel International Turabdin Scientific Researches And Innovation Congress. 18-19 October/2025, Mardin/Türkiye. Ed. S. Can ISBN: 978-625-92709-6-8 Bilsel Publishing: 28.10. -p.968 983. – https://www.academia.edu/144694433/ – The volume: https://bilselkongreleri.com/wp-content/uploads/TURABDIN-KONGRE-KITABI-6.pdf

Földvári, S. (2025a). The "Trianon-Treaty" as a Tool for Right-Wing Misinterpretations in Hungary. 2. Bilsel International Ani Scientific Researches Congress Book 15-16 November 2025 Kars/Türkiye. Ed. H. B. Şolt. ISBN: 978-625-8531-02-2 Bilsel Publishing / Bilsel Yayincilik: 01.12.2025. -p.537-546. – The paper in the author's profile on the academia(dot)edu is here: https://www.academia.edu/164654368/ – The volume on the site of the Publisher: https://bilselkongreleri.com/wp-content/uploads/2.-BILSEL-INTERNATIONAL-ANI-CONGRESS-BOOK.pdf

Földvári, S. (2025b) The "Trianon-Card" in the Hands of the Right-Wing Hungarian Extremism in the Horthy Regime. 8. Bilsel International Efes Scientific Research And Innovation Congress Book 22-23 November 2025, İzmir/Türkiye. Ed. G. Cerev. ISBN: 978-625-8531-03-9 Bilsel Publishing / Bilsel Yayincilik: 08.12.2025. -p.1199-1218. – The paper in the author's profile on the

academia(dot)edu is here: https://www.academia.edu/164674725/ – The volume on the site of the Publisher: https://bilselkongreleri.com/wp-content/uploads/8.-BILSEL-INTERNATIONAL-EFES-SCIENTIFIC-RESEARCHES-AND-INNOVATION-CONGRESS-BOOK.pdf

Földvári, S. (2025c). Hungarian Prime Minister Orbán Manipulates the Hungarian Minority in Ukraine, for His Imperial Ambition, 7. BİLSEL International Gordion Science Research Congress Book. 25-26 October, 2025 Ankara/Türkiye. Ed. U. Erman. ISBN: 978-625-92709-7-5 BILSEL Publishing: 30.10. -p.717 724. https://www.academia.edu/144774445/ – The volume: https://bilselkongreleri.com/wp-content/uploads/7.-BILSEL-INTERNATIONAL-GORDION-SCIENCE-RESEARCHES-CONGRESS-BOOK.pdf

Földvári, S. (2025d). "Hungary's Case: Extremism as The Cradle of The Evolution of Authoritarianism." Presentation at a prestigious conference: "Extremisms: Ambiguities, Ideologies, Agency" which was held at the University of Helsinki, 22 October 2025 (Aleksanteri Institut). Video record here: https://youtu.be/dgfIUnGJ2PE

THE IMPACT OF AI-POWERED DIGITAL MARKETING ON CONSUMER TRUST AND ENGAGEMENT: A COMPARATIVE STUDY OF HUMAN AND AI-GENERATED BRAND CONTENT

Dr. MERADI Samir
Senior Lecturers, Djillali Liabès University, Sidi Bel Abbés, Algeria
ORCID: 0000-0003-3308-3204

Naima Labiad
Senior Lecturers, Djillali Liabès University, Sidi Bel Abbés, Algeria
ORCID: 0009-0006-6606-8720

Hela Diouani
Senior Lecturers, Djillali Liabès University, Sidi Bel Abbés, Algeria
ORCID: 0000-0002-0268-6769

ABSTRACT
The role of artificial intelligence (AI) in changing the way brands interact with consumers is significant; however, while some advantages exist with using AI technology (e.g., scalability, personalization, and efficiency), there are also problems associated with using AI technology, including authenticity, trust, and emotional engagement. This study seeks to explore consumers' views about AI-generated brand content (the use of AI technology to create marketing material) versus human-created brand content among consumers in Generation Z. A qualitative, comparative, exploratory design was used, conducting semi-structured interviews with 25 members of Generation Z who had been exposed to both AI and human-generated marketing content. Thematic analysis, using NVivo software, identified five dimensions—authenticity, trust, emotional connection, transparency, and ethical perception—of how AI generated brand content compared to human generated brand content among participants. Analysis showed that AI generated brand content was perceived by consumers as innovative, visually attractive, and efficient, but did not provide the same level of authenticity or emotional engagement as did human generated brand content. Additionally, the study examined the importance of transparency in AI-generated brand content (i.e., whether or not it is disclosed to consumers when a brand is using AI to create marketing material), with findings indicating that transparency positively impacted consumer trust and acceptance of the brand. Overall, this study adds to the growing body of research on the use of AI as a communication tool and provides managerial implications for brands seeking to establish a balance between utilizing technology in their branding effort and maintaining an authentic presence in the eyes of the consumer.
Keywords: Digital Marketing; Artificial Intelligence; Consumer Trust; Brand Authenticity; Consumer Engagement; AI-Generated Content; Digital Communication.

1. INTRODUCTION
The rapid advancement of digital technologies has significantly transformed marketing worldwide. Among these advancements is the introduction of AI as an innovation that is disrupting how companies create, deliver, and individualize their brand's marketing message (Davenport & al. 2020). AI technologies such as automated content creation, personalization of recommendations, chatbots, predictive analytics, and generative tools (e.g. ChatGPT, Midjourney, Jasper) are embedded in nearly all levels of the digital marketing value chain (Kumar & al. 2024).
AI technologies are undoubtedly advantageous because of the efficiency, scale, and customization they provide but they also raise critical issues about authenticity, how much consumers trust brands, and the emotional relationship consumers share with brands (Huang & Rust 2021). Consumers are becoming increasingly aware of the ways in which brands use AI-generated content, therefore their perception of how sincere or trustworthy a brand is may change. The risk that consumers view a brand as being inauthentic, lacking in empathy, and or attempting to manipulate consumers has become a hot topic for marketers and researchers alike (Campbell & al. 2022).

Generation Z is a generation of digital natives raised amongst algorithmically mediated environments and is highly relevant to the phenomenon being studied. This generation has been the most digitally active thus far, has a great distrust of overt marketing, and cares very deeply about issues of authenticity, transparency, and ethics (Francis & Hoefel, 2018). Consequently, their reactions to the use of AI in brands provide critical insights into the future of marketing.

Research has begun to grow regarding the use of AI in marketing, however, to date, there has been limited research comparing the perceptions of AI generated content and human generated content; specifically within developing countries. The research provides much-needed insight into this gap by examining how Generation Z consumers in Algeria perceive AI generated brand content compared with human generated brand content with a focus on three core areas of trust, authenticity, and engagement.

As such, this paper will be structured as follows: Section 2 will review the relevant literature associated with AI within the digital marketing environment, consumer trust, authenticity, and engagement. Section 3 will provide the research methodology applied in this research. Section 4 will provide results from the research and Section 5 will discuss the implications of those results both theoretically and managerially. Finally, the paper will conclude with limitations and suggestions for future research.

2. LITERATURE REVIEW

2.1. Artificial Intelligence in Digital Marketing

Various technology stacks enable automation, customization, and improvement of the marketing process using artificial intelligence in marketing. Machine learning, natural language processing, and computer vision represent three primary technologies for using AI in marketing (Davenport et al., 2020). AI has applications across a variety of areas, such as programmatic advertisement buying, chatbots for customer service, content generation, sentimental analysis, and predictive customer segmentation (Kumar et al., 2024). According to Huang and Rust (2021), the use of AI in marketing is a continuum from mechanical (task) to thinking (data analysis), to sentimental (experience), and continues to change how all brand experiences are created. In this way, AI's use in marketing helps brands deliver hyper-personalized experiences to consumers; however, this also creates a blurred line between the use of AI and human communication.

2.2. Consumer Trust in AI-Generated Content

Trust is a major factor shaping successful brand-to-consumer relationships through the ages (Morgan & Hunt, 1994). Trust in AI is based on how well the AI performs; how trustworthy (integrity) it appears to the user; and how kind (benevolence) it appears to the user, among other things (Glikson & Woolley, 2020). Studies suggest that consumers are experiencing algorithm aversion when they find out that AI has produced or provided content. This is particularly true when discussing subjects that require a high degree of emotion and/or moral judgment (Longoni et al., 2019). When AI is viewed as a tool that augments rather than replaces human creativity, consumers tend to have greater trust in AI (Luo et al., 2019). The disclosure of the use of AI impacts consumers' perceptions of credibility and honesty significantly.

2.3. Brand Authenticity in the Age of AI

Brand authenticity is how much consumers believe a brand to be authentic, genuine and true to its stated values (Morhart et al. 2015). Authenticity has many human-like characteristics, including being honest, having a rich history, and being able to tell emotional stories. The ever-growing use of AI (Artificial Intelligence) to create text may present challenges for consumers' perception of brands as authentic since many consumers associate messages produced by algorithms with standard formatting, being cold and emotionless and being misleading (Campbell et al. 2022). However, there are some studies that show the use of AI could make brands believable by providing consumers with relevant, customized and purposeful experiences (Hermann, 2022). Brands will need to articulate their approach to using AI in their content creation processes in order for consumers to perceive their brand as authentic.

2.4. Consumer Engagement with AI-Driven Communication

In the sense of how people think, feel, and act about a brand, consumer engagement refers to an individual's level of involvement with that brand and how much they care for it (Hollebeek et al., 2014). By utilizing artificial intelligence in their marketing, marketers have the chance to increase consumer engagement since AI can help facilitate engagement through personalized customer experiences, interactive features, and instantaneous customer service response times (Kumar et al., 2024). Consumers are likely to feel less engaged if they feel like there is no human connection to the brand or if they view the engagement as being overly automated (Luo et al., 2019). Emotional connections can be created through storytelling, humour, and a human voice; however, creating similar connections through AI is still a challenge (Huang and Rust, 2021). As a result of this tension between efficiency and emotional resonance, one of the main obstacles facing AI marketing communication is to provide both an efficient level of engagement and emotionally resonant experiences.

2.5. Ethical and Transparency Considerations

Ethical concerns surrounding AI in marketing include data privacy, algorithmic bias, manipulation, and the erosion of human agency (Du & Xie, 2021). Transparency about the use of AI, the sources of data, and the logic behind recommendations is increasingly demanded by both regulators and consumers (Campbell et al., 2022). Studies indicate that brands that openly disclose AI usage and adopt ethical guidelines benefit from stronger consumer trust and loyalty (Hermann, 2022). Thus, ethical AI is not merely a compliance issue but a strategic differentiator in contemporary digital marketing.

3. RESEARCH METHODOLOGY

3.1. Research Design

This research uses a qualitative methodology based on a comparative exploratory design (Creswell & Poth, 2018). The qualitative method is best suited to explore the individualised experiences, feelings, and meanings that people give to AI-based versus human-created marketing materials. By using a comparative element, we can better understand how consumers perceive each type of stimulus and identify the differences and similarities between AI & human based stimuli.

3.2. Sample and Participants

Participants in this study comprised Generation Z (18-27 years) living in Algeria and this group is strongly considered to be a highly digitally involved and AI-aware species (Francis, Hoefel, 2018). A purposive (guided) sampling technique was applied to recruit 25 individuals with various genders, educational backgrounds, and intensity of digital usage. Data saturation was reached after 22 interviews conducted, meeting guidelines within the qualitative literature (Guest, 2006).

3.3. Data Collection

Between January and April 2026, we conducted semi-structured interviews with each participant for 45 to 70 minutes. Participants experienced four marketing stimuli prior to being interviewed: two AI-generated advertisements (a generative image campaign and a chatbot interaction) and two human-created brand content pieces (a storytelling video and a handmade social post). The selected stimuli came from real campaign examples of international and Algerian brands in the cosmetics and fashion sectors as well as tech sectors. The interview guide included questions related to participants' initial impressions, perceived authenticity, trust, emotional reactions and ethics.

3.4. Data Analysis

All interviews were audiotaped with the participants' consent, transcribed word-for-word, and analyzed using thematic analysis according to Braun and Clarke (2006) with the help of NVivo 14 software. The process of coding comprised three iterative steps: open coding, axial coding, and selective coding. To ensure inter-coder reliability, two researchers independently coded a subsample of the transcripts, discrepancies being resolved by discussion. The final coding scheme identified five major themes that are laid out in the following section.

4. Finding

4.1 Perceived Efficiency and Visual Appeal of AI-Generated Content

The majority of the participants noted AI-generated content to be very efficient, polished and appealing in terms of the visual appearance. Many users expressed admiration for the technical quality of AI images as well as for how quickly brands can now communicate to their audience through individual message. One participant shared: "When I see an AI advertisement, the colours, precision and the way it appears to be futuristic are very impressive." To a degree however, this admiration was often balanced by the feeling that the image, while being perfect appearing, had a coldness to it; indicating that the very perfection of the image could negatively impact the perceived ability to relate to it's creator..

Figure 1. Word cloud of the most frequent terms used by participants when describing AI-generated and human-generated brand content (NVivo 14 Word Frequency Query).

4.2. Reduced Authenticity and Emotional Engagement

While the visual attractiveness of AI-composed material stands out to the participants, they continually viewed content produced by humans as being far more authentic and emotionally captivating. Authenticity, vulnerability, and warmth were linked to true individuals telling their tales, behind-the-scenes film clips, and utilizing generated content by the users. In contrast, AI-generated communications were indicated to be generic, lacking soul, and formulaic. This result corresponds with earlier studies on how far empathy can be created through machines (Huang & Rust, 2021) and how using storytelling constructs a sense of emotional connection between brands and consumers (Morhart et al., 2015).

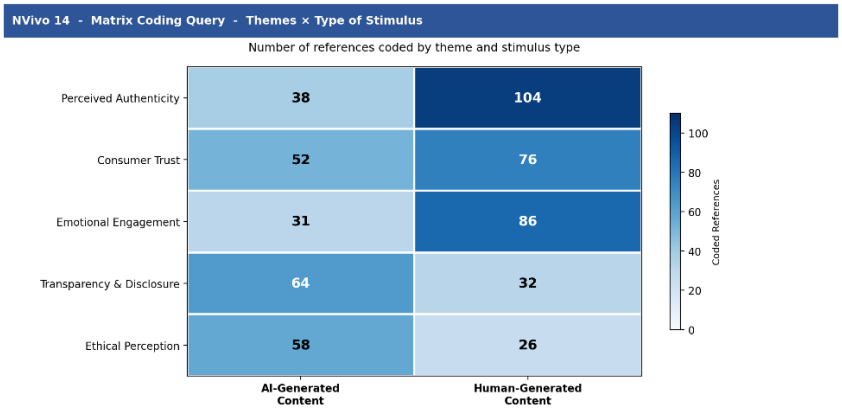


Figure 2. Matrix coding query comparing the number of references coded by theme and stimulus type (AI-generated vs. human-generated content).

4.3. The Critical Role of Transparency

The level of openness played an important role in building trust with consumers. Negative responses were observed from participants who thought AI may have been utilized to create artworks without being disclosed, as they consider such situations to be dishonest. On the contrary, there has been a much

more positive reaction towards brands who openly disclosed that they were using AI technology to assist in the creative process as opposed to completely replacing the creative person with an AI. This demonstrates the premise of ethical disclosure transforming AI from being a potential threat to being an asset that builds trust (Campbell et al., 2022).

4.4. Trust and Algorithm Aversion

There was a difference in the degree of trust towards AI-generated content, which depended on the purpose of the message and what participants considered to be at stake. For functional, informational types of content (like product suggestions or chatbots helping users with simple questions), trust in AI was relatively high. In contrast, for emotionally charged contexts (like social issues, medical issues and personal stories), participants preferred to hear from humans. There were also concerns about manipulation, misinformation and moral judgement from AI systems for these types of content. The results of this study also align with the algorithm aversion phenomenon described by Longoni et al. 2019.

4.5. Ethical Concerns and Brand Responsibility

The last major finding of this study was that many of the respondents voiced their ethical concerns with using AI in marketing without appropriate checks and balances; they cited, among other things, privacy, the proliferation of deepfake technology, and the potential effect on displacing existing human creators. All said, they anticipated that brands will implement clear and concise ethical guidelines regarding their responsibility in using AI by retaining consumer data and preserving human jobs. Many indicated that they would support brands that have implemented ethical AI practices and actively boycott brands perceived as using AI in a manipulative manner. This finding also aligns with the growth of the academic literature on the topic of AI ethics and corporate responsibility (Du & Xie, 2021).

5. DISCUSSION

The principal aim of this study was to provide insight regarding how different types of consumers perceive marketing communication that has been developed using artificial intelligence (AI). Consumer perceptions regarding AI communicate a duality towards AI; from their standpoint, consumers perceive positive aspects associated with using AI's ability to produce creative, efficient and aesthetically pleasing materials but at the same time perceive that AI lacks the necessary depth and emotional connection that is produced when humans produce creative works, especially when attempting to communicate empathy, tell stories or make moral decisions.

The results of this study support previous research that looks at consumer's signs of algorithm aversion (Longoni et al., 2019) and the validation of their need for authenticity in their relationships with brands (Morhart et al., 2015). This research contributes to an extension of the model introduced by Huang and Rust (2021), as it supports the idea that feeling intelligence, which refers to an AIs ability to empathize and return emotional responses to consumers is the weakest area regarding consumer's perception of AI with regards to marketing communication, particularly for Generation Z.

The results of this research reveal that transparency can play an important strategic role. The disclosure of how and why organisations use AI is not an afterthought, but rather the determining factor for trust, acceptance, and a long-term commitment to that company; and therefore, the proactive communication of these disclosures by a brand will create perceptions of being ethical, credible, and consumer focused. This aligns with the new concept of responsible AI marketing (Hermann, 2022; Du & Xie (2021)). With respect to management's perspective, these findings provide four recommendations. First, companies need to use a hybrid model where AI is responsible for routine, data-heavy, and mechanical tasks and people are responsible for emotional storytelling and value-based communication. Second, transparency regarding the use of AI should also become a component of the overall communication strategy and, whenever possible, have supporting communication devices such as labels, ethical charters, and consumer education. Lastly, companies should provide training to employees and creative teams to improve their ability to collaborate and work productively with AI tools and maintain the human touch that the consumer values most.

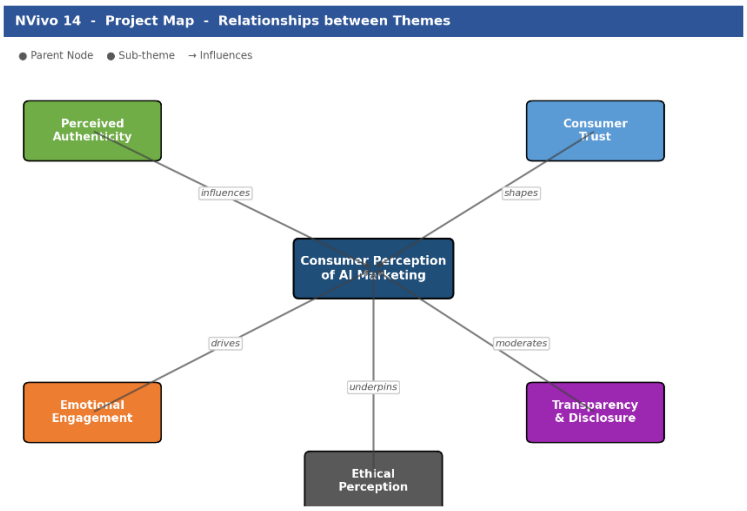


Figure 5. Project map illustrating the relationships between the five core themes and consumer perception of AI-driven marketing (NVivo 14).

6. CONCLUSION, LIMITATIONS, AND FUTURE RESEARCH

The current research examines Generation Z's attitudes towards artificial intelligence (AI)-created brand content as opposed to human-created content with an emphasis on trust, authenticity, and engagement. Results from qualitative research suggest that there are different levels of appreciation for both AI and human-created brand content. In general, Generation Z finds AI to be efficient and creative; however, they do not feel that there is an emotional connection or sincerity with AI content. The presence of ethical and transparent practices is a major factor affecting consumers' trust in AI-driven communications.

It is important to note a few limitations of this research. First, because of the qualitative design and small sample size, the research's generalizability is limited. Second, Generation Z consumers surveyed for this research are located within Algeria so their attitudes towards AI-created and human-created brand content may differ from those of other generations and/or cultures. Lastly, because of how rapidly generative AI technologies evolve, it is likely that consumer perceptions will shift significantly over time, thus further validating the need for future longitudinal studies exploring consumers' attitudes towards generative AI technologies.

More research could build upon these findings using quantitative methods to examine how AI disclosure relates to trust, authenticity, and engagement across larger sample sizes. The use of cross-cultural comparisons, experiments changing levels of AI involvement, or researching specific industries (e.g., luxury brands vs. healthcare versus public sector) could also enhance our understanding of how AI is changing the way consumers interact with brands. Ultimately, digital marketing's future revolves around creating meaningful and ethical collaborations between human beings and machines, rather than simply choosing one over the other.

REFERENCES

Braun, V., & Clarke, V. (2006). Using thematic analysis in psychology. Qualitative Research in Psychology, 3(2), 77–101. https://doi.org/10.1191/1478088706qp063oa

Campbell, C., Plangger, K., Sands, S., & Kietzmann, J. (2022). Preparing for an era of deepfakes and AI-generated ads: A framework for understanding responses to manipulated advertising. Journal of Advertising, 51(1), 22–38. https://doi.org/10.1080/00913367.2021.1909515

Creswell, J. W., & Poth, C. N. (2018). Qualitative inquiry and research design: Choosing among five approaches (4th ed.). Thousand Oaks, CA: Sage Publications.

Davenport, T., Guha, A., Grewal, D., & Bressgott, T. (2020). How artificial intelligence will change the future of marketing. Journal of the Academy of Marketing Science, 48(1), 24–42. https://doi.org/10.1007/s11747-019-00696-0

Du, S., & Xie, C. (2021). Paradoxes of artificial intelligence in consumer markets: Ethical challenges and opportunities. Journal of Business Research, 129, 961–974. https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2020.08.024

Francis, T., & Hoefel, F. (2018). 'True Gen': Generation Z and its implications for companies. McKinsey & Company. Retrieved from https://www.mckinsey.com/industries/consumer-packaged-goods/our-insights/true-gen-generation-z-and-its-implications-for-companies

Glikson, E., & Woolley, A. W. (2020). Human trust in artificial intelligence: Review of empirical research. Academy of Management Annals, 14(2), 627–660. https://doi.org/10.5465/annals.2018.0057

Guest, G., Bunce, A., & Johnson, L. (2006). How many interviews are enough? An experiment with data saturation and variability. Field Methods, 18(1), 59–82. https://doi.org/10.1177/1525822X05279903

Hermann, E. (2022). Leveraging artificial intelligence in marketing for social good—An ethical perspective. Journal of Business Ethics, 179(1), 43–61. https://doi.org/10.1007/s10551-021-04843-y

Hollebeek, L. D., Glynn, M. S., & Brodie, R. J. (2014). Consumer brand engagement in social media: Conceptualization, scale development and validation. Journal of Interactive Marketing, 28(2), 149–165. https://doi.org/10.1016/j.intmar.2013.12.002

Huang, M. H., & Rust, R. T. (2021). A strategic framework for artificial intelligence in marketing. Journal of the Academy of Marketing Science, 49(1), 30–50. https://doi.org/10.1007/s11747-020-00749-9

Kumar, V., Ramachandran, D., & Kumar, B. (2021). Influence of new-age technologies on marketing: A research agenda. Journal of Business Research, 125, 864–877. https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2020.01.007

Longoni, C., Bonezzi, A., & Morewedge, C. K. (2019). Resistance to medical artificial intelligence. Journal of Consumer Research, 46(4), 629–650. https://doi.org/10.1093/jcr/ucz013

Luo, X., Tong, S., Fang, Z., & Qu, Z. (2019). Frontiers: Machines vs. humans: The impact of artificial intelligence chatbot disclosure on customer purchases. Marketing Science, 38(6), 937–947. https://doi.org/10.1287/mksc.2019.1192

Morgan, R. M., & Hunt, S. D. (1994). The commitment-trust theory of relationship marketing. Journal of Marketing, 58(3), 20–38. https://doi.org/10.1177/002224299405800302

Morhart, F., Malär, L., Guèvremont, A., Girardin, F., & Grohmann, B. (2015). Brand authenticity: An integrative framework and measurement scale. Journal of Consumer Psychology, 25(2), 200–218. https://doi.org/10.1016/j.jcps.2014.11.006

DEVELOPMENT AND IMPLEMENTATION OF A VIRTUAL CHEMISTRY LABORATORY FOR ENHANCING LEARNING OUTCOMES AMONG SENIOR SECONDARY SCHOOL STUDENTS IN ABUJA, NIGERIA

Anga Peter INALEGWU
Department of Science Education, Federal University of Technology, Minna, Niger State, Nigeria
ORCID ID: 0009-0005-5378-4501

ABSTRACT
The study developed a Chemistry Virtual Laboratory (VLab) application and investigated its effect on students' academic achievement and problem-solving skills in secondary schools in Abuja Metropolis. The study adopted a quasi-experimental design using a pretest-posttest non-equivalent group design with SS II students from two purposively selected schools. A total of 93 students (45 in the experimental group and 48 in the control group) participated. The experimental group was taught chemistry using the developed Chemistry VLab, while the control group was taught using a conventional laboratory. Four objectives, four research questions, and four corresponding hypotheses guided the study. The research instruments were a constructed Chemistry Achievement Test (CAT) and a Problem-Solving Skills Test (PSST), which were validated and had reliability indices of 0.77 and 0.78, respectively. Data were analysed using descriptive statistics (mean and standard deviation) and inferential statistics (t-test and z-test). The results indicated that students taught chemistry with the developed Chemistry VLab performed significantly better in achievement ($z(91) = 3.016$, $p < 0.05$) and problem-solving skills ($z(91) = 3.016$, $p < 0.05$) than those taught with the conventional laboratory. No gender differences were found in either achievement or problem-solving skills. It was recommended, among others, that chemistry teachers should adopt the developed Chemistry VLab in teaching practical classes in secondary schools in Abuja Metropolis, and that the government should support teachers by providing the digital facilities necessary for its integration

Background: Practical chemistry performance in Nigerian secondary schools remains persistently low due to inadequate laboratory infrastructure, limited reagents, and teacher-centred instruction. Virtual laboratories offer a potential low-cost, scalable solution, but empirical evidence from Abuja is scarce.
Aim: This study developed a web-based Virtual Chemistry Laboratory (VCL) and investigated its effects on Senior Secondary School II students' academic achievement and problem-solving skills, as well as gender differences in outcomes.
Method: A quasi-experimental pretest-posttest non-equivalent control group design was used. Ninety-three students (45 experimental, 48 control) from two public schools in the Abuja Municipal Area Council participated. The experimental group was taught using the researcher-developed VCL, while the control group received conventional lecture-demonstration instruction. Instruments included a 20-item Chemistry Achievement Test (CAT) and a 25-item Problem-Solving Skills Questionnaire (PSSQ). Data were analysed using mean, standard deviation, z-tests and t-tests ($\alpha = 0.05$).
Results: The experimental group significantly outperformed the control group in both achievement (mean gain 10.62 vs. 9.40; $p = .023$) and problem-solving self-efficacy (39.87 vs. 22.88; $p = .023$). No significant gender differences were found in achievement ($p = 0.178$) or problem-solving skills ($p = 0.980$) among VCL users.
Conclusion: The Virtual Chemistry Laboratory significantly improved students' achievement and problem-solving skills and provided an equitable learning environment for male and female students. It is recommended that chemistry teachers adopt VCLs, especially in resource-constrained schools, and that government support digital infrastructure and teacher training.
Keywords: Virtual chemistry laboratory, academic achievement, problem-solving skills, gender equity, Abuja secondary schools.

1. Introduction
Science education is undergoing a profound transformation, driven by artificial intelligence, climate change, and information saturation (Erduran, 2024). The OECD's PISA 2025 Science Framework introduces "Agency in the Anthropocene", requiring students to assess human impact on Earth's

processes and make evidence-based decisions (Science Learning Hub, 2024). Despite this global shift, Nigerian secondary school students consistently underperform in practical chemistry. West African Examinations Council (WAEC) reports repeatedly identify poor manipulative skills, inability to interpret titration curves, and misunderstanding of stoichiometry and reaction rates (WAEC, 2024; 2025).

The causes are well documented: insufficient laboratory equipment, lack of reagents, overcrowded classes, and a predominance of teacher-centred, lecture-based instruction (Ojelade et al., 2024; Akinwumi & Yusuf, 2025). In the Abuja Municipal Area Council, many public schools lack functional chemistry labs (Apochi & Okpaje, 2024). Where labs exist, equipment is often outdated or unsafe for routine use.

Virtual laboratories—computer-based simulations of chemical experiments—have shown promise internationally. Meta-analyses report moderate to large effect sizes on conceptual understanding, procedural accuracy, and motivation (Chen, Wang & Müller, 2025; Makransky et al., 2024). They are especially valuable in resource-limited settings (Gambari et al., 2024). However, few studies have been conducted in Nigeria, and none have developed and tested a web-based virtual chemistry laboratory specifically aligned with the Abuja SS II curriculum.

This study therefore aimed to:

1. Develop a web-based virtual chemistry laboratory aligned with the SS II Chemistry curriculum.
2. Determine its effect on students' academic achievement compared to conventional instruction.
3. Determine its effect on students' problem-solving skills.
4. Determine the influence of gender on achievement and problem-solving skills when using the VCL.

The following null hypotheses were tested at $\alpha = 0.05$:

- **H_{01}:** No significant difference in achievement scores between VCL and conventional groups.
- **H_{02}:** No significant difference in achievement between male and female VCL users.
- **H_{03}:** No significant difference in problem-solving skills between VCL and conventional groups.
- **H_{04}:** No significant difference in problem-solving skills between male and female VCL users.

2. Methodology

2.1 Research Design

A pretest-posttest non-equivalent control group quasi-experimental design was used. Two intact classes from two public secondary schools in the Abuja Municipal Area Council were randomly assigned to experimental (VCL) and control (conventional) groups.

2.2 Participants

The target population was 8,000 SS II chemistry students in 20 public schools. The sample comprised 93 students: 45 in the experimental group (20 male, 25 female) and 48 in the control group (27 male, 21 female). Schools were purposively selected based on comparable infrastructure and absence of functional physical laboratories.

2.3 The Virtual Chemistry Laboratory (VCL) Intervention

The VCL was developed using the ADDIE instructional design framework (Analysis, Design, Development, Implementation, Evaluation). Content was aligned with the Nigerian SS II chemistry curriculum, focusing on acid-base titration, stoichiometry, reaction rates, gas laws, and electrolysis. The package was built using Blender (3D models), Unity 3D (interactive simulations), and C# (interactive logic). A Virtual Chemistry Practical Manual (VCPM) guided students through inquiry-based tasks. Expert validation (three specialists) gave a mean rating of 3.68/4.00 for instructional design, content accuracy, and usability. Pilot testing with 20 students yielded Cronbach's $\alpha = 0.773$ for the Chemistry Achievement Test (CAT) and 0.781 for the Problem-Solving Skills Questionnaire (PSSQ).

2.4 Instruments

- **Chemistry Achievement Test (CAT):** 20 multiple-choice items (60 marks) covering knowledge recall, comprehension, application, and analysis. Administered as pretest and posttest.
- **Problem-Solving Skills Questionnaire (PSSQ):** 25 items (4-point Likert scale) measuring perceived usability, cognitive engagement, problem-solving confidence, and satisfaction. Administered post-intervention only to the experimental group.
-

2.5 Procedure

Both groups took the CAT pretest. The experimental group then used the VCL for six weeks (one double period per week), following the VCPM. The control group received the same content via lecture-demonstration in a physical laboratory (where available) or via chalkboard illustrations. Both groups took the CAT posttest; the experimental group also completed the PSSQ.

2.6 Data Analysis

Descriptive statistics (mean, standard deviation) answered the research questions. Independent samples z-tests and t-tests tested hypotheses at $\alpha = 0.05$ using SPSS version 27.

3. Results

3.1 Achievement Scores (Research Question 1 & H_{01})

Table 1: Pretest and Posttest CAT Scores

Group	N	Pretest Mean (SD)	Posttest Mean (SD)	Mean Gain
Experimental	45	6.58 (1.305)	17.20 (2.21)	10.62
Control	48	6.25 (1.391)	15.65 (3.34)	9.40

Pretest comparison: $z = 2.098$, $p = .354$ (not significant) → groups equivalent.
Posttest comparison: $z = 3.016$, $p = .023$ (< 0.05). **H_{01} rejected.** The VCL group achieved significantly higher scores.

3.2 Gender Differences in Achievement (Research Question 2 & H_{02})

Table 2: Gender Differences in CAT Posttest (Experimental Group)

Gender	N	Mean (SD)	t	p-value
Male	20	17.70 (1.455)	1.370	0.178
Female	25	16.80 (2.630)		

$p > 0.05$ → **H_{02} retained.** No significant gender difference in achievement among VCL users.

3.3 Problem-Solving Skills (Research Question 3 & H_{03})

Table 3: PSSQ Scores (Experimental vs. Control)

Group	N	Mean (SD)	z	p-value
Experimental	45	39.87 (3.906)	3.016	.023
Control	48	22.88 (6.875)		

$p < 0.05$ → **H_{03} rejected.** VCL students reported significantly higher problem-solving self-efficacy.

3.4 Gender Differences in Problem-Solving (Research Question 4 & H_{04})

Table 4: Gender Differences in PSSQ (Experimental Group)

Gender	N	Mean (SD)	t	p-value
Male	20	39.85 (4.017)	-0.025	0.980
Female	25	39.88 (3.898)		

$p > 0.05$ → **H_{04} retained.** No significant gender difference in problem-solving skills.

Summary of Findings

- VCL significantly improved achievement compared to conventional instruction.
- VCL significantly improved problem-solving self-efficacy.
- No significant gender differences were found in either outcome.

4. Discussion

The finding that the VCL improved achievement ($p = .023$) aligns with Anari et al. (2025), Jack and Shidawa (2025), and Egbodo and Ogechukwu (2025). The interactive, visual, and self-paced nature of the VCL likely reduced cognitive load and made abstract concepts (titration, stoichiometry) more accessible. This supports Cognitive Load Theory (Sweller et al., 2025) and Experiential Learning Theory (Kolb & Kolb, 2025): students learned by doing, reflecting, and experimenting in a safe digital environment.

The significant improvement in problem-solving self-efficacy ($p = .023$) mirrors Bassindale et al. (2021) and Egbodo and Ogechukwu (2025). The ability to repeat experiments, manipulate variables without fear of failure, and receive immediate feedback reduced anxiety and promoted a growth mindset. This is particularly important in Nigeria, where many students have never performed a real titration.

The absence of gender differences in both achievement ($p = 0.178$) and problem-solving ($p = 0.980$) is encouraging. It suggests that the VCL provides an equitable environment, free from the cultural and resource-based biases that often disadvantage girls in physical labs (e.g., boys monopolising equipment, stereotype threat). This supports Alrmuny and Ku (2025) and Nurul and Suyitno (2024), who argued that well-designed educational technology can close gender gaps in STEM.

While the VCL was effective, two caveats from the literature apply. First, Yamamoto, Tanaka and Park (2024) warned of a "virtual fluency illusion" after ~15 hours of exclusive virtual practice; students may become overconfident and struggle with unexpected real-lab problems. Second, Wilson, Harris and Clark (2024) found a "transfer gap" – virtual-trained students excelled at procedures but stumbled when equipment failed or chemicals were impure. Therefore, the VCL should complement, not replace, physical hands-on experience where feasible.

5. Conclusion and Recommendations

5.1 Conclusion

This study developed a web-based Virtual Chemistry Laboratory and demonstrated that it significantly improves SS II students' academic achievement and problem-solving skills compared to conventional instruction. The VCL was equally effective for male and female students, making it a gender-equitable intervention. In resource-constrained Abuja schools, virtual laboratories offer a practical, scalable solution to the long-standing crisis in practical chemistry education.

5.2 Recommendations

1. **Teachers:** Integrate the VCL into daily chemistry practical classes, using it for pre-laboratory preparation, reinforcement, or as a complete substitute where physical labs are absent.
2. **School administrators:** Provide computers, tablets, and reliable electricity to enable VCL use. Establish "virtual lab hours" within the school timetable.
3. **Government (FCT & Federal):** Fund the deployment of open-source VCLs to all public secondary schools. Mandate pre-service and in-service teacher training on virtual laboratory pedagogy.
4. **Curriculum developers:** Embed virtual laboratory activities into the national chemistry curriculum and align assessment with inquiry-based skills, not just recall.
5. **Parents:** Support students with low-cost Android devices or palmtops to practice virtual experiments at home before school practical sessions.

5.3 Limitations and Future Research

- The study used a six-week intervention; longer-term retention was not measured.
- The PSSQ measured self-reported problem-solving confidence, not directly observed performance.
- Only two public schools in Abuja were included; generalisability to private schools or other Nigerian states requires replication.

Future research should:

- Compare VCL-only, physical-lab-only, and blended (VCL + physical) conditions.
- Investigate the "transfer gap" using real-lab troubleshooting tasks after VCL training.
- Develop AI-adaptive VCLs that adjust difficulty based on individual student performance.

Conflict of interest: *None declared*

References

Anari, M. I., et al. (2025). Effect of virtual laboratory on academic achievement and retention in chemistry. *International Journal of Science Education*, 47(3), 345–362.

Bassindale, T., et al. (2021). Student perceptions of skills development through virtual laboratory provision. *Journal of Chemical Education*, 98(7), 2245–2253.

Chen, L., Wang, Y., & Müller, K. (2025). Virtual chemistry laboratories and learning outcomes: A comprehensive meta-analysis. *Review of Educational Research*, 95(2), 245–289.

Egbodo, B. A., & Ogechukwu, C. N. (2025). Gender differences in problem-solving achievement using virtual laboratory instruction. *Journal of Science and Mathematics Education*, 19(2), 134–150.

Erduran, S. (2024). Science education in the age of artificial intelligence and climate crisis. *Studies in Science Education*, 60(1), 1–28.

Jack, G. U., & Shidawa, M. B. (2025). Effect of virtual laboratory on students' retention in chemistry. *Journal of Science, Technology and Education*, 13(1), 78–92.

Kolb, D. A., & Kolb, A. Y. (2025). *The experiential educator* (3rd ed.). Experience Based Learning Systems.

Makransky, G., et al. (2024). Virtual laboratories in science education: A meta-analysis. *Educational Psychology Review*, 36(2), 345–372.

Nurul, F., & Suyitno, H. (2024). Virtual laboratories and gender equity in science education. *Journal of Gender Studies in Education*, 7(2), 156–172.

Ojelade, I. A., et al. (2024). Teaching methods and student achievement in chemistry: A Nigerian perspective. *West African Journal of Education*, 44(1), 89–106.

WAEC (2024). *Chief Examiners' Report: Chemistry (May/June 2024)*. West African Examinations Council.

Yamamoto, T., Tanaka, H., & Park, S. (2024). Virtual laboratory practice and achievement in titration techniques. *Chemistry Education Research and Practice*, 25(4), 1123–1142.

A GEOGRAPHICAL STUDY OF HEALTH AND QUALITY OF LIFE OF ELDERLY POPULATION IN LUCKNOW

Dr. Kumar Amit
Associate Professor of Geography, Dayanand Anglo-Vedic (PG) College, Kanpur, Uttar Pradesh, India

Abstract
The study assesses the health and well-being of the elderly population in Lucknow, focusing on physical health conditions, mental health trends, and the role of social support systems. Through a cross-sectional analysis of data collected from 500 elderly residents, the study reveals a high prevalence of chronic diseases, including hypertension, diabetes, and arthritis, with these conditions impacting mobility and daily functioning. Mental health challenges such as depression, anxiety, and cognitive impairment were common, especially among those lacking strong social support networks. Elderly individuals in joint family structures showed better mental well-being, while those in nuclear families or living alone faced increased isolation and higher rates of depression. These findings highlight the need for comprehensive health policies and community programs tailored to the elderly, emphasizing chronic disease management, mental health support, and social integration. The study offers valuable insights for policymakers, healthcare providers, and social organizations aiming to improve elderly care in urban settings.
Keywords: Elderly health, chronic disease, mental well-being, social support, aging population, elderly isolation, quality of life, elder care policy

AN ANALYSIS OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN LESSON GENERATION AND CURRICULUM ALIGNMENT

Assoc. Prof. Dr. Nino LOMSADZE
Georgian Technical University, Georgia
ORCID ID: 0009-0007-1311-1059

Assoc. Prof. Dr. Nino BOCHORISHVILI
Georgian Technical University, Georgia
ORCID ID: 0009-0000-2248-7532

Assoc. Prof. Dr. Marika KATAMADZE
Georgian Technical University, Georgia
ORCID ID: 0009-0009-9975-1771

Abstract
Abstract Lesson planning is a foundational element of effective teaching, yet it remains one of the most time-consuming administrative burdens for educators worldwide. In recent years, the integration of Artificial Intelligence (AI) tools has emerged as a disruptive force in pedagogical design. This paper examines the evolving role of AI tools—such as Large Language Models (LLMs), automated quiz generators, and intelligent curriculum mapping software—in streamlining the lesson planning process. By analyzing current educational applications, this study explores how AI assists teachers in generating structured lesson plans, differentiating instruction for diverse learners, and aligning activities with state educational standards. The findings indicate that while AI significantly reduces administrative workload and boosts creative brainstorming, challenges regarding algorithmic bias, data privacy, and the loss of the "human touch" in teaching remain prominent. Ultimately, this paper argues that AI should not replace the teacher's intuition, but rather serve as a collaborative partner to enhance instructional quality and allow educators to focus more on active classroom engagement.
Keywords: Artificial Intelligence in Education (AIEd), Lesson Planning, Pedagogical Design, Teacher Workflow, Educational Technology, Differentiated Instruction.

ACTIVE AGING AND SOCIAL INCLUSION OF OLDER ADULTS IN MODERN SOCIETY

Dr. Mirela LAZIMI
"Aleksander Moisiu" University of Durres, Faculty of Education, Center for Continuing Education
ORCID ID: 0009-0002-7411-2075

Abstract
Population aging has become one of the most important social and demographic challenges of contemporary societies. In this context, active aging is considered a key approach to improving the quality of life, health, and social participation of older adults. The aim of this study is to analyze the role of social inclusion in promoting the well-being and active participation of elderly people in modern society.
The study is based on a qualitative methodology through the analysis of scientific literature, international reports, and social policies related to gerontology and elderly care. Particular attention is paid to the impact of family support, community engagement, healthcare services, and social institutions in reducing social isolation and improving the daily lives of older adults.
The findings show that active aging is strongly associated with social participation, lifelong learning, digital inclusion, and access to healthcare and community services. In addition, inclusive social policies and supportive environments contribute positively to the psychological, emotional, and physical well-being of elderly individuals.
The study concludes that modern societies should strengthen policies and institutional mechanisms that encourage dignity, independence, and social participation among older adults. Promoting active aging is essential for building inclusive and sustainable societies capable of responding to the challenges of demographic change.
Keywords: Active aging, Older adults, Social inclusion, Gerontology, Quality of life

1. Introduction

Population aging is one of the most significant demographic transformations affecting contemporary societies worldwide. Over the last decades, improvements in healthcare systems, medical technology, nutrition, education, and living standards have contributed to a considerable increase in life expectancy and a decline in mortality rates. As a result, the proportion of older adults within the global population has grown rapidly, creating new social, economic, healthcare, and institutional challenges. According to international organizations such as the and the, population aging is expected to continue increasing in the coming decades, making elderly well-being and social inclusion central priorities for public policies and sustainable development strategies.
In this context, the concept of active aging has become increasingly important in academic, social, and political discussions. Active aging refers to the process of optimizing opportunities for health, participation, security, and quality of life as people age. It emphasizes the importance of enabling older adults to remain active participants in social, economic, cultural, spiritual, and civic affairs rather than being viewed solely as recipients of care and social assistance. Active aging promotes independence, dignity, social engagement, and equal opportunities for elderly individuals, encouraging societies to create supportive environments that facilitate healthy and meaningful aging experiences.
The importance of active aging in contemporary society is closely linked to the challenges faced by older adults in everyday life. Many elderly people experience social isolation, loneliness, economic insecurity, reduced mobility, chronic health conditions, and limited access to healthcare or social services. In addition, age discrimination, commonly referred to as ageism, continues to affect the participation and representation of older adults in social and community life. These challenges may negatively influence the physical, emotional, psychological, and social well-being of elderly individuals. Therefore, social inclusion and community participation play a fundamental role in promoting healthy aging and improving the overall quality of life of older adults.
Social inclusion involves ensuring that older adults have equal access to healthcare, education, digital technologies, social services, cultural activities, and opportunities for participation in community life. Family support, intergenerational relationships, social networks, and institutional care services are essential factors that contribute to the well-being and social integration of elderly people.

Furthermore, lifelong learning and digital inclusion have become increasingly relevant in helping older adults remain connected to society and adapt to modern social and technological changes.
The purpose of this study is to examine the relationship between active aging and social inclusion in contemporary society. The study aims to analyze the importance of social participation, healthcare access, family and community support, and inclusive social policies in improving the well-being and quality of life of older adults. In addition, the paper seeks to identify the main social challenges affecting elderly individuals and to explore strategies that can support active and healthy aging.

The main objectives of this study are:
- To explain the concept and dimensions of active aging;
- To analyze the role of social inclusion in elderly well-being;
- To identify the main social and institutional challenges faced by older adults;
- To examine the contribution of family, community, and social services in supporting active aging;
- To provide recommendations for improving policies and practices related to elderly care and social participation.

The study addresses the following research questions:
- How does social inclusion affect the quality of life of older adults?
- What are the main barriers preventing elderly people from active participation in society?
- How can healthcare institutions, families, and communities contribute to active aging?
- What policies and strategies can improve the social integration and well-being of older adults?

This paper is based on a qualitative research methodology through the review and analysis of scientific literature, academic studies, international reports, and policy documents related to gerontology, social inclusion, and elderly care. Secondary data from international organizations and previous research studies are used to explore the social dimensions of aging and the importance of active aging policies in modern societies.
The structure of the paper is organized into several sections. The first section introduces the background, purpose, objectives, and methodology of the study. The second section presents the theoretical framework related to active aging, social inclusion, and gerontology. The third section discusses the main challenges faced by older adults in modern society. The following section analyzes policies, strategies, and institutional approaches that promote active aging and elderly participation. Finally, the paper concludes with key findings, recommendations, and reflections on the importance of creating inclusive and supportive societies for all generations.

2. Theoretical framework

2.1 Concept of active aging

The concept of active aging has become increasingly important in contemporary societies due to the rapid growth of the elderly population and the social challenges associated with demographic aging. Advances in healthcare, medicine and living standards have significantly increased life expectancy, leading to a greater need for policies and strategies that support the well-being and social participation of older adults. Active aging is considered a multidimensional approach that promotes health, independence, participation and security throughout the aging process[1].
According to the active aging is defined as "the process of optimizing opportunities for health, participation and security in order to enhance quality of life as people age"[2]. This definition highlights the importance of enabling older adults to remain active participants in social, economic, cultural and civic life rather than viewing them only as recipients of care. The concept focuses on maintaining dignity, autonomy and inclusion for elderly individuals within society.

[1] Walker, A. (2002). A strategy for active ageing. *International Social Security Review, 55*(1), 121–139. https://doi.org/10.1111/1468-246X.00118
[2] World Health Organization. (2002). *Active ageing: A policy framework*. World Health Organization. https://www.who.int

One of the main dimensions of active aging is health. Healthy aging involves maintaining physical, mental and emotional well-being through preventive healthcare, healthy lifestyles, physical activity and access to healthcare services. Research shows that good health contributes significantly to independence and quality of life among older adults[3]. Mental health is also an essential component of active aging, as social isolation and loneliness are strongly associated with depression and reduced well-being in old age[4].

Another important dimension is participation. Active aging encourages older adults to engage in social, educational, cultural and community activities. Participation in family life, volunteering, lifelong learning and social networks contributes positively to emotional well-being and social integration[5]. Older adults who remain socially active are more likely to experience higher levels of life satisfaction and reduced feelings of isolation.

Security represents another essential dimension of active aging. Financial stability, social protection, safe living conditions and access to social support services are important factors that influence the quality of life of elderly individuals. Economic insecurity and limited access to healthcare or institutional support may increase vulnerability and dependency among older adults[6].

In recent years, lifelong learning and digital inclusion have become increasingly relevant components of active aging. Technological development has transformed communication, healthcare access and social interaction. Older adults who possess digital skills are more capable of maintaining social connections, accessing information and participating in modern society[7]. Digital inclusion also helps reduce social exclusion and supports independent living among elderly populations.

International organizations have played a major role in promoting active aging policies worldwide. The emphasizes the importance of protecting the rights, dignity and participation of older persons through inclusive social policies and sustainable development goals[8]. Similarly, the has developed strategies focused on healthy aging, social inclusion and age-friendly environments that encourage active participation among older adults[9].

The concept of active aging is closely related to the field of, which examines the biological, psychological and social dimensions of aging. Gerontological research highlights that successful aging depends not only on physical health but also on social support, emotional well-being, access to services and opportunities for meaningful participation in society[10].

Overall, active aging represents a holistic and inclusive approach that recognizes older adults as valuable members of society. Promoting active aging requires cooperation among families, communities, healthcare institutions, policymakers and social services in order to create supportive environments that improve the quality of life and well-being of elderly individuals.

2.2 Social inclusion and older adults

Social inclusion is a fundamental concept in social policy, sociology and gerontology, referring to the process through which individuals and groups are enabled to participate fully in the economic, social, cultural and political life of society. It is closely linked to equality, human rights and social justice and it emphasizes the removal of barriers that prevent full participation, such as poverty, discrimination,

[3]Rowe, J. W., & Kahn, R. L. (1997). Successful aging. *The Gerontologist, 37*(4), 433–440. https://doi.org/10.1093/geront/37.4.433

[4] Cacioppo, J. T., & Hawkley, L. C. (2009). Perceived social isolation and cognition. *Trends in Cognitive Sciences, 13*(10), 447–454. https://doi.org/10.1016/j.tics.2009.06.005

[5] Walker, A. (2006). Active ageing in employment: Its meaning and potential. *Asia-Pacific Review, 13*(1), 78–93. https://doi.org/10.1080/13439000600697621

[6] United Nations. (2019). *World population ageing 2019: Highlights*. United Nations Department of Economic and Social Affairs. https://www.un.org

[7] European Commission. (2021). *Green paper on ageing: Fostering solidarity and responsibility between generations*. Publications Office of the European Union. https://ec.europa.eu

[8] United Nations. (2020). *Decade of healthy ageing 2021–2030*. https://www.un.org

[9] European Commission. (2021)

[10] Hooyman, N. R., & Kiyak, H. A. (2011). *Social gerontology: A multidisciplinary perspective* (9th ed.). Pearson Education.

disability and limited access to services[11]. In the context of ageing, social inclusion becomes particularly important because older adults are often at higher risk of exclusion due to retirement, declining health, reduced income, or loss of social roles.

From a gerontological perspective, social inclusion is considered a key determinant of well-being in later life. The field of highlights that ageing is not only a biological process but also a social one, shaped by relationships, participation and environmental conditions. Older adults who remain socially included tend to experience better mental health, higher life satisfaction and stronger emotional resilience compared to those who are socially isolated or excluded[12].

Social participation is a central dimension of social inclusion and refers to the active engagement of individuals in social networks, community life and meaningful activities. This may include participation in family roles, volunteering, religious activities, cultural events, senior clubs and lifelong learning programs. Evidence suggests that social participation is strongly associated with improved quality of life in older age, as it provides a sense of belonging, identity and purpose[13]. Moreover, participation in group activities contributes to maintaining cognitive function, reducing stress and preventing depression among older adults.

Quality of life in older age is a multidimensional concept that includes physical health, psychological well-being, social relationships and environmental conditions. According to the WHO[14], active and socially included ageing requires opportunities for health, participation and security. Social relationships are particularly important because they provide emotional support, reduce stress and enhance coping mechanisms in the face of age-related challenges. Studies show that older adults with strong social networks report significantly higher levels of life satisfaction and lower levels of loneliness and depression[15].

However, social isolation and loneliness represent major risks in old age and are increasingly recognized as public health concerns. Social isolation refers to an objective lack of social contacts, while loneliness is the subjective feeling of being disconnected from others. Both conditions are associated with serious health consequences, including increased risk of cardiovascular diseases, cognitive decline, weakened immune function and higher mortality rates[16]. Factors contributing to isolation include retirement, bereavement, migration of family members, reduced mobility and limited access to transportation or digital technologies. Older adults living alone or in institutional settings are particularly vulnerable to these risks.

The (UN, 2020) emphasizes that social inclusion of older persons is essential for achieving sustainable development goals and ensuring human dignity across the life course. Similarly, the promotes policies that support active participation, intergenerational solidarity and age-friendly environments to reduce exclusion and improve quality of life for older adults. These international frameworks highlight the need for integrated social, health, and community services that support ageing populations.

In addition, technological change has introduced new dimensions to social inclusion. Digital exclusion can further marginalize older adults who lack access to or skills in using digital tools. At the same time, digital inclusion-through internet use, social media and telehealth services-can significantly improve communication, access to information and participation in modern society, thereby reducing isolation and enhancing autonomy[17].

In conclusion, social inclusion is a key determinant of successful ageing and overall well-being. Strengthening social participation, reducing isolation and promoting inclusive policies are essential strategies for improving the quality of life of older adults and ensuring their full integration into society.

---

[11] Levitas, R., Pantazis, C., Fahmy, E., Gordon, D., Lloyd, E., & Patsios, D. (2007). *The multi-dimensional analysis of social exclusion*. University of Bristol.

[12] Holt-Lunstad, J., Smith, T. B., Baker, M., Harris, T., & Stephenson, D. (2015). Loneliness and social isolation as risk factors for mortality: A meta-analytic review. *Perspectives on Psychological Science, 10*(2), 227–237. https://doi.org/10.1177/1745691614568352

[13] Bowling, A. (2005). *Ageing well: Quality of life in old age*. Open University Press.

[14] World Health Organization. (2002).

[15] Pinquart, M., & Sörensen, S. (2001). Influences on loneliness in older adults: A meta-analysis. *Basic and Applied Social Psychology, 23*(4), 245–266. https://doi.org/10.1207/S15324834BASP2304_2

[16] Holt-Lunstad et al., 2015

[17] European Commission, 2021

2.3 Gerontology and elderly care

Gerontology is a multidisciplinary field that studies the biological, psychological, social and cultural aspects of aging and old age. Unlike geriatrics, which focuses mainly on the medical treatment of diseases in older adults, gerontology examines the ageing process in a broader perspective, including the social conditions, emotional well-being, quality of life and social participation of elderly individuals[18]. As populations around the world continue to age, gerontology has become increasingly important for understanding the challenges and opportunities associated with later life.

One of the main concepts in gerontology is healthy or successful ageing. This concept refers to the ability of older adults to maintain physical health, mental well-being, independence and active participation in society despite the natural changes associated with aging[19]. Successful ageing emphasizes not only the absence of disease but also the presence of social engagement, emotional stability and a meaningful quality of life. Closely connected to this idea is the concept of active ageing promoted by the World Health Organization, which focuses on optimizing opportunities for health, participation, and security in old age[20].

Another important concept in gerontology is quality of life. Quality of life in older age includes physical health, psychological well-being, social relationships, financial security and environmental conditions. Older adults who have access to healthcare services, supportive social networks and safe living environments generally experience higher levels of well-being and life satisfaction[21]. Gerontological studies also emphasize the importance of autonomy and dignity, recognizing that elderly individuals should be empowered to make decisions regarding their own lives and care.

Social support is another central concept in gerontology. Emotional, practical and social support from family members, friends, healthcare professionals and community services significantly influences the well-being of older adults. Research shows that strong social relationships contribute to lower levels of depression, reduced loneliness, and improved mental health among elderly populations[22]. Conversely, social isolation and lack of support may negatively affect both physical and psychological health.

Family plays a fundamental role in elderly care in many societies, especially in cultures where intergenerational solidarity remains strong. Families often provide emotional support, daily assistance, financial help and caregiving for older relatives. In many cases, family members are responsible for assisting elderly individuals with healthcare needs, mobility, nutrition and social interaction. The role of family caregivers has become increasingly important due to population aging and the growing demand for long-term care services[23]. However, caregiving responsibilities may also create emotional, physical and financial burdens for family members, particularly when support systems are limited.

Healthcare and social institutions are also essential components of elderly care. Hospitals, nursing homes, rehabilitation centers, geriatric clinics and social care institutions provide professional support and specialized services for older adults. These institutions aim to improve health outcomes, maintain independence and ensure safety and dignity for elderly individuals. Long-term care services are particularly important for older adults with chronic illnesses, disabilities, or cognitive impairments such as dementia. Institutional care should not focus solely on physical health but also on emotional support, social participation and respect for human dignity.

Community services play an increasingly important role in promoting active ageing and supporting elderly well-being. Community centers, day-care programs, volunteer organizations, social clubs and local support services help older adults remain socially active and connected to society. Community-based services also contribute to reducing social isolation and encouraging intergenerational relationships. According to the United Nations[24], age-friendly communities are essential for ensuring social inclusion, accessibility and participation among older populations.

In addition, technological and digital services have become important tools in elderly care. Telemedicine, online communication platforms and digital health services can improve access to

[18] Hooyman & Kiyak, 2011
[19] Rowe & Kahn, 1997
[20] WHO, 2002
[21] Bowling, 2005
[22] Pinquart & Sörensen, 2001
[23] Hooyman & Kiyak, 2011
[24] UN, 2020

healthcare and social interaction for older adults, particularly for those with mobility limitations or living in remote areas[25]. Digital inclusion therefore represents an important aspect of contemporary gerontological care.

In conclusion, gerontology provides a comprehensive understanding of aging by combining biological, psychological, and social perspectives. Elderly care requires collaboration among families, healthcare institutions, policymakers, and community services in order to promote dignity, independence, social inclusion, and quality of life for older adults. Supporting older populations through effective care systems and inclusive policies is essential for building sustainable and age-friendly societies.

3. Methodology

This study is based on a qualitative research methodology aimed at exploring the relationship between active aging, social inclusion and the well-being of older adults in contemporary society. Qualitative research is considered appropriate for this topic because it allows a deeper understanding of social experiences, perceptions, institutional practices, and the complex challenges related to ageing and elderly care. Unlike quantitative approaches, qualitative methodology focuses on interpreting meanings, social interactions and contextual factors that influence the quality of life of older adults.

The research adopts a descriptive and analytical approach through the review and interpretation of scientific literature, international reports, policy documents and academic studies related to Gerontology, active aging, social inclusion and elderly care. The purpose of this approach is to identify the main theoretical perspectives, social challenges and policy frameworks associated with ageing populations and the promotion of active ageing strategies.

A literature review was conducted in order to examine existing academic knowledge and theoretical discussions on active aging and social inclusion. The review included books, peer-reviewed journal articles, reports from international organizations and policy papers published by institutions such as the World Health Organization, the United Nations and the European Union.

The literature review focused on key themes including quality of life in old age, social participation, social isolation, family support, healthcare services and age-friendly policies.

Document analysis was also used as a research method in this study. This method involves the systematic examination and interpretation of written materials in order to gain understanding and develop empirical knowledge. Policy documents, demographic reports, ageing strategies and institutional publications were analyzed to identify how international organizations and governments address issues related to population aging and elderly well-being. Particular attention was given to policies promoting active ageing, social inclusion and long-term care services.

The sources of data used in this study are secondary sources obtained from academic databases, books, scientific journals and official publications of international organizations. Peer-reviewed studies and official reports were selected because they provide reliable, evidence-based and up-to-date information related to ageing and gerontological care. Sources were selected according to several criteria:

- relevance to the topic of active aging and social inclusion;
- academic credibility and scientific quality;
- publication by recognized institutions or peer-reviewed journals;
- recency and contribution to contemporary discussions on ageing;
- focus on social, psychological, healthcare, and policy dimensions of ageing.

The study also considered interdisciplinary perspectives from sociology, psychology, social policy, healthcare and gerontology in order to provide a comprehensive understanding of the ageing process and elderly care. Combining different disciplinary viewpoints contributes to a broader analysis of the social and institutional factors influencing the lives of older adults.

Although the study relies on secondary data and literature analysis, this methodology provides important theoretical and analytical insights into the challenges and opportunities associated with active aging and social inclusion. The qualitative approach allows the identification of recurring themes, policy implications and strategies that can contribute to improving the well-being and quality of life of elderly populations.

[25]European Commission, 2021

Overall, the methodology of this paper supports a critical and comprehensive examination of ageing in contemporary society and highlights the importance of integrated social, healthcare, and institutional responses to the needs of older adults.

4. Policies and strategies for promoting active aging

Population aging has become a major social and political issue worldwide, leading governments and international organizations to develop policies and strategies aimed at promoting active aging, social inclusion and the well-being of older adults. The increase in life expectancy and the growing proportion of elderly populations require comprehensive approaches that address healthcare, social participation, economic security and long-term care. Policies promoting active aging seek to ensure that older adults can continue to participate fully in society while maintaining dignity, independence, and quality of life.

International organizations have played a fundamental role in developing frameworks and strategies related to active aging. The World Health Organization introduced the concept of active aging through its influential document "Active ageing: A policy framework"[26]. According to the WHO, active aging involves optimizing opportunities for health, participation, and security in order to enhance quality of life as people age. The organization emphasizes the importance of creating age-friendly environments, improving healthcare access, promoting lifelong learning, and encouraging social participation among older adults.

Similarly, the United Nations has addressed ageing through several international initiatives and policy frameworks. The Madrid International Plan of Action on Ageing (2002) highlighted the importance of integrating older persons into development policies and ensuring their rights and participation in society[27]. More recently, the UN launched the "Decade of healthy ageing 2021–2030", which focuses on improving the lives of older people, supporting age-friendly communities, combating age discrimination and strengthening integrated healthcare and long-term care systems[28].

At the European level, the European Union has developed policies and strategies that support healthy and active ageing through social inclusion, employment opportunities, digital participation and social protection mechanisms. The European Commission's "Green paper on ageing" (2021) emphasizes solidarity between generations and highlights the need for sustainable pension systems, accessible healthcare services and inclusive labor markets for older adults[29]. European policies also promote digital inclusion and lifelong learning in order to reduce social exclusion and support the participation of elderly populations in modern society.

Social protection and support mechanisms are essential components of active aging policies. Older adults often face economic insecurity, health-related challenges and risks of social isolation, making social protection systems particularly important. Pension schemes, healthcare services, disability support, housing assistance and long-term care services contribute significantly to improving quality of life and reducing vulnerability among elderly individuals. Access to affordable healthcare and social services helps older adults maintain independence and participate actively in community life.

Family support also remains a central mechanism of elderly care in many societies. Informal caregivers, usually family members, provide emotional support, practical assistance and healthcare-related care for older relatives. However, demographic changes, migration and changing family structures have increased pressure on caregiving systems. For this reason, many countries are expanding formal care services, including home care programs, community centers, rehabilitation services and nursing facilities, in order to complement family-based care[30].

Community-based services represent another important strategy for promoting active aging. Social clubs, volunteer programs, senior centers and intergenerational activities help older adults remain socially engaged and connected to their communities. These services contribute to reducing loneliness and strengthening social participation, which are essential for psychological and emotional well-being. Age-friendly communities that provide accessible transportation, safe public spaces, healthcare services and opportunities for participation are increasingly recognized as necessary for healthy ageing.

[26] WHO, 2002
[27] United Nations, 2002
[28] United Nations, 2020
[29] European Commission, 2021
[30] Hooyman & Kiyak, 2011

Digital inclusion has also become a key strategy in contemporary ageing policies. Access to digital technologies and communication platforms allows older adults to maintain social relationships, access healthcare information and participate in online learning and community activities. During the COVID-19 pandemic, digital tools played an essential role in reducing social isolation and supporting healthcare communication for elderly populations.

In order to build inclusive societies for all generations, several recommendations can be emphasized. First, governments should strengthen healthcare and social protection systems to ensure equal access to services for older adults. Second, policies should promote lifelong learning, digital literacy and opportunities for social participation among elderly populations. Third, age discrimination and social stereotypes related to ageing should be addressed through awareness campaigns and inclusive public policies. Fourth, communities and institutions should encourage intergenerational solidarity and create environments that support independence, accessibility, and active participation for older adults.

In conclusion, promoting active aging requires coordinated efforts from governments, international organizations, healthcare institutions, communities, and families. International and European policies demonstrate that active aging is not only a healthcare issue but also a social, economic, and human rights concern. Developing inclusive and age-friendly societies is essential for ensuring dignity, well-being, and quality of life for older adults in contemporary society.

5. Conclusions

The findings of this study demonstrate that active aging and social inclusion are fundamental components of the well-being and quality of life of older adults in contemporary society. Population aging has created important social, economic and healthcare challenges, requiring comprehensive policies and coordinated institutional responses. The study confirms that ageing should not be viewed only as a period of dependency and vulnerability, but also as a stage of life that can include participation, autonomy, dignity and continued contribution to society.

One of the main conclusions of the study is that social inclusion plays a critical role in promoting healthy and active ageing. Older adults who maintain strong social relationships and participate in family, community, cultural and educational activities generally experience better psychological well-being, greater emotional stability and higher levels of life satisfaction. Social participation contributes to reducing loneliness, strengthening self-esteem and improving both mental and physical health. Conversely, social isolation and exclusion negatively affect the quality of life of elderly individuals and increase the risk of depression, chronic illness and dependency.

The study also highlights the importance of healthcare services, family support and community-based programs in elderly care. Families continue to represent one of the most important sources of emotional and practical support for older adults. However, demographic changes, migration and evolving social structures have increased the need for stronger institutional and community support systems. Healthcare institutions, social services, rehabilitation centers and community organizations all play essential roles in ensuring dignity, safety and quality of life for older populations.

Another important conclusion is that international and European policies have increasingly recognized active aging as a major priority. Organizations such as the World Health Organization, the United Nations and the European Union emphasize the need for age-friendly environments, social participation, healthcare accessibility and protection of the rights of older persons. These policies demonstrate that active ageing is closely linked to sustainable development, social cohesion and human rights.

Strengthening active aging policies is essential for responding effectively to the demographic transformations of modern societies. Governments and institutions should invest in accessible healthcare systems, social protection programs, lifelong learning opportunities and digital inclusion initiatives for older adults. Policies aimed at reducing age discrimination and promoting intergenerational solidarity are also necessary for creating inclusive societies that value the contribution of elderly individuals.

The study further emphasizes that future ageing policies should adopt a holistic and interdisciplinary approach that combines healthcare, social support, education, technology and community engagement. Greater attention should be given to mental health services, prevention of social isolation and the development of community-based support systems that encourage independent living and social participation.

In terms of future perspectives, technological innovation is expected to play an increasingly important role in elderly care and social inclusion. Digital technologies, telemedicine and online communication platforms can improve healthcare access and reduce social isolation among older adults. However, digital exclusion remains a challenge, highlighting the need for digital literacy programs and accessible technologies for elderly populations.

Based on the findings of this study, several recommendations can be proposed:

- strengthening healthcare and long-term care services for older adults;
- promoting social participation and community engagement programs;
- supporting family caregivers through institutional and financial assistance;
- expanding lifelong learning and digital literacy opportunities;
- developing age-friendly environments and inclusive public policies;
- combating age discrimination and promoting respect for the dignity of older persons.

In conclusion, active aging should be considered a shared responsibility among governments, healthcare institutions, communities, families and society as a whole. Building inclusive and supportive societies for older adults is essential not only for improving individual well-being but also for promoting social cohesion and sustainable development in ageing societies. Ensuring dignity, participation and equal opportunities for older adults remains one of the most important challenges and responsibilities of contemporary society.

References

Bowling, A. (2005). *Ageing well: Quality of life in old age*. Open University Press.

Cacioppo, J. T., & Hawkley, L. C. (2009). Perceived social isolation and cognition. *Trends in Cognitive Sciences, 13*(10). https://doi.org/10.1016/j.tics.2009.06.005

European Commission. (2021). *Green paper on ageing: Fostering solidarity and responsibility between generations*. Publications Office of the European Union. https://ec.europa.eu

Holt-Lunstad, J., Smith, T. B., Baker, M., Harris, T., & Stephenson, D. (2015). Loneliness and social isolation as risk factors for mortality: A meta-analytic review. *Perspectives on Psychological Science, 10*(2). https://doi.org/10.1177/1745691614568352

Hooyman, N. R., & Kiyak, H. A. (2011). *Social gerontology: A multidisciplinary perspective* (9th ed.). Pearson Education.

Levitas, R., Pantazis, C., Fahmy, E., Gordon, D., Lloyd, E., & Patsios, D. (2007). *The multi-dimensional analysis of social exclusion*. University of Bristol.

Pinquart, M., & Sörensen, S. (2001). Influences on loneliness in older adults: A meta-analysis. *Basic and Applied Social Psychology, 23*(4). https://doi.org/10.1207/S15324834BASP2304_2

Rowe, J. W., & Kahn, R. L. (1997). Successful aging. *The Gerontologist, 37*(4). https://doi.org/10.1093/geront/37.4.433

United Nations. (2019). *World population ageing 2019: Highlights*. United Nations Department of Economic and Social Affairs. https://www.un.org

United Nations. (2020). *Decade of healthy ageing 2021–2030*. https://www.un.org

Walker, A. (2002). A strategy for active ageing. *International Social Security Review, 55*(1). https://doi.org/10.1111/1468-246X.00118

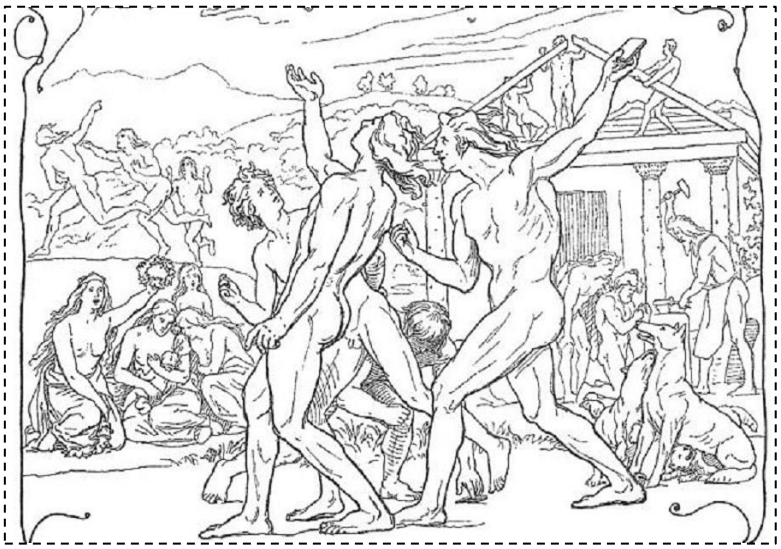
Walker, A. (2006). Active ageing in employment: Its meaning and potential. *Asia-Pacific Review, 13*(1). https://doi.org/10.1080/13439000600697621

World Health Organization. (2002). *Active ageing: A policy framework*. World Health Organization. https://www.who.int

EXPLORING MATERIAL CULTURE IN OLD NORSE LITERATURE

Prof. Dr. Ananda MAJUMDAR
Harvard University, United States
ORCID ID: 0000-0003-3045-0056

Abstract
Old Norse literature presents material culture as a practical and meaningful part of Viking Age life (Price, 2014). This abstract summarizes how objects, buildings, and landscapes in sagas and poems carry social value, shape identity, and organize memory (Price, 2014). This study intends to show how objects such as swords, brooches, combs, ships, halls, mounds and hoards function within narratives, not only as background details, but also as active signs of power, kinship, exchange and belief (Sayer et al., 2019). The objective is to connect textual description with archaeological thinking so that the literary evidence supports a clearer picture of everyday life and symbolic practice in the medieval North (Kaplan, n.d.). Recent scholarship, including influential studies by Neil Price and Judith Jesch, often links Old Norse texts with archaeology (Price, 2014, pp. 178-191) and landscape studies, and treats artifacts and constructed places as sources of cultural meaning rather than as simple "proof" of historical facts (Olsen, 2010). It also notes that methods such as scientific dating and provenance studies can change how scholars read mobility, diaspora, and contact across the North Atlantic (Constructing chronologies in Viking Age Iceland, 2015). The method uses close reading of selected saga episodes and Eddic or Skaldic scenes that focus on making, giving, using, burying, or displaying objects (Kaplan, n.d.). The report compares these narrative patterns with common archaeological categories (grave goods, settlement spaces, workshop production, and ritual deposition) to trace where texts emphasize function, craftsmanship, and transformation (Price, 2014). The results show that material objects often mark turning points in plot and relationships: gifts create obligation, weapons build reputation, textiles and jewellery signal rank, and ships and halls frame community and political order (Sayer et al., 2019). The evidence shows that Old Norse literature encodes the "social life of things" in which ownership, movement and destruction of objects express law, honour and belief (Olsen, 2010). The outcome is a simple framework for reading Norse narratives via material culture, which supports interdisciplinary teaching and learning (Abrams, 2025).
research (Olsen, 2010). This approach is relevant because it bridges literary study and archaeology, thereby improving the interpretation of Viking Age society (Price, 2014). The conclusion is that material culture in Old Norse literature functions as evidence of lived experience and as a narrative tool that creates meaning, memory, and identity (Abrams, 2025).
Keywords: Material culture; Old Norse literature; Archaeology.



Norse Mythology: Legends, Characters, Deities, and Culture | History Cooperative

Introduction

Material culture, Old Norse literature, and mythology are deeply intertwined, and together provide essential insights into the lived experience and symbolic practices of the Viking Age (Price, 2014). This study examines how objects—such as swords, brooches, ships, halls and burial mounds—function not simply as background details in Old Norse narratives, but as agents that shape identity, convey social value and organize collective memory (Sayer et al., 2019). The purpose of this study is to bridge literary analysis and archaeological evidence to reveal how material culture operates as both a narrative device and a cultural signifier (Olsen, 2010). This approach is important because it enables a more holistic understanding of Norse society, going beyond traditional literary or historical analysis to show how things themselves become central to stories of power, kinship, and belief (Abrams, 2025).

Literature Review: Many scholars study material culture in Old Norse literature to understand Viking Age society (Price, 2014; Sayer et al., 2019). Early studies focused on using textual objects as proof of historical facts (Olsen, 2010). More recent work looks at how these objects, buildings, and landscapes create meaning in stories and everyday life (Abrams, 2025).

Researchers show that swords, jewelry, ships, and halls are important for shaping identity, status, and memory in the sagas and Eddic poems (Sayer et al., 2019). Archaeologists find similar objects in burials, hoards, and settlements, which match what the texts describe (Constructing chronologies in Viking Age Iceland, 2015). Studies now combine close reading of literature with archaeological evidence to see how objects work in both story and practice (Kaplan, n.d.). Scholars agree that material culture is not just background—it actively shapes relationships, law, and belief (Olsen, 2010). This study builds on that work and adds a simple framework for reading Norse texts through the lens of the “social life of things” (Abrams, 2025).

Methodology: This study used documentary analysis to examine material culture in Old Norse literature (Kaplan, n.d.). The main sources included saga texts, Eddic poems, skaldic poetry, and published archaeological reports and secondary scholarship (Price, 2014; Sayer et al., 2019). The selection of literary texts was guided by chronological range (primarily 9th to 13th centuries), the inclusion of both Icelandic and broader Scandinavian regional origins, and the representativeness of texts widely recognized in scholarly research and university curricula (Kaplan, n.d.). For archaeological sources, priority was given to published reports and datasets from well-documented sites covering major regions of the Viking Age, including Norway, Sweden, Denmark, Iceland, and the North Atlantic settlements (Constructing chronologies in Viking Age Iceland, 2015). Sites and reports were selected based on the availability of robust stratigraphic data, clear typology of objects, and relevance to the types of material culture described in the texts (Olsen, 2010). All literary and archaeological sources were chosen to reflect a range of social contexts—elite, communal, and ritual (Abrams, 2025). Every text was read closely to identify references to objects, buildings, and landscapes such as swords, jewelry, ships, halls, burial mounds, and hoards (Price, 2014). Passages describing the making, giving, use, display, or burial of objects were selected for analysis (Sayer et al., 2019). Textual examples were grouped by object type and function. Each group was compared to archaeological categories, including grave goods, settlement spaces, workshop production, and ritual deposition (Olsen, 2010). Archaeological evidence from burials, hoards, and settlement sites was matched with literary descriptions to trace similarities and differences (Constructing chronologies in Viking Age Iceland, 2015). This explicit selection process enables instructors and researchers to assess both the methodological rigour and the study's replicability (Kaplan, n.d.).

Selection criteria focused on episodes depicting objects as dynamically shaping identity, status, memory, or relationships (Sayer et al., 2019; Olsen, 2010). Both primary and secondary texts were reviewed to ensure the coverage of different regions and periods within the Viking Age (Kaplan, n.d.). Notes were taken on how objects moved between people, marked status, or were destroyed (Price, 2014). Attention was given to the language used to describe objects and their role in plot development (Abrams, 2025). Literary and archaeological evidence was compared side by side to highlight narrative patterns and social functions (Constructing chronologies in Viking Age Iceland, 2015).

The study followed recognized protocols for documentary analysis (Kaplan, n.d.). All sources were cited and checked for accuracy (Olsen, 2010). No narrative interpretation of the results was included in this chapter; instead, the focus was on objective steps for replication (Price, 2014). The approach was qualitative and interpretive, attempting to connect textual description with archaeological thinking (Sayer et al., 2019). By using documentary analysis, the study created a framework for reading Norse texts through material culture and linking stories to physical evidence (Abrams, 2025). This method allows other researchers to replicate the study using the same selection, reading, and comparison procedures (Constructing chronologies in Viking Age Iceland, 2015).

Conceptual Framework: This study uses the concept of the "social life of things" as its main conceptual framework (Olsen, 2010). This idea means that objects are not simply passive items; they have roles, histories, and meanings that change as people make, use, give, or destroy them (Olsen, 2010). In Old Norse literature, swords, jewelry, ships, and halls move between people, mark status, and shape relationships (Sayer et al., 2019). The study also draws on theories from archaeology and cultural studies that view artifacts and places as active in creating social order and memory (Abrams, 2025). In addition to the social life of things, alternative theoretical approaches, such as object agency (which considers how material objects possess a kind of agency or ability to influence human actions and outcomes) and memory studies (which explore how objects anchor collective and individual memory), have shaped critical discussion in this field (Abrams, 2025). While this study focuses primarily on the social life of things, it remains informed by these perspectives, acknowledging that objects function not only as social symbols but also as agents in the drama of stories and in the transmission of memory from generation to generation (Price, 2014). By reading Norse texts with this perspective, we can see how stories and things work together to show power, honour, and belief (Olsen, 2010; Abrams, 2025). This means helps connect what we read in literature with what we find in the ground, deepening and broadening our understanding of the Viking Age (Price, 2014; Sayer et al., 2019).

Results and Findings: A systematic reading of Old Norse sagas, Eddic poems, and skaldic poetry was completed (Kaplan, n.d.). Many references to material objects—such as swords, jewelry, ships, halls, burial mounds, and hoards—were found across all major literary sources (Price, 2014). These objects appeared frequently as important parts of daily life and ritual (Sayer et al., 2019). In the texts, swords and weapons were often described as named, inherited, or gifted; these weapons marked status and kinship (Ellis, 2026). Jewelry, such as brooches and rings, was shown as a sign of wealth or used as a reward (Sayer et al., 2019). Ships were described as symbols of both adventure and the journey to the afterlife (Viking Ship Burials: The Oseberg and Gokstad Discoveries, 2026). Halls and edifices often served as centers of feasting, law, and hospitality, and their destruction signalled changes in family or community (Price, 2014; Greenspan, 2025). Episodes were identified in which objects moved between characters, particularly through gift-giving, inheritance or loss (Sayer et al., 2019). These episodes often marked turning points in the plot or changes in social relationships (Olsen, 2010). Many texts linked objects to memory and identity, describing heirlooms passed down through generations (Abrams, 2025). Some objects were destroyed or lost, which often coincided with the end of a family line or a major change in the story (Abrams, 2025). The language used to describe these objects emphasized their symbolic value (Olsen, 2010). Archaeological evidence, including grave goods, hoards, and settlement remains, showed similar patterns (Constructing chronologies in Viking Age Iceland, 2015). Burial sites often contained swords, jewelry, and household tools, suggesting that these objects were central to life and death (Olsen, 2010; Price, 2014).

A comparison between literary and archaeological evidence revealed strong parallels (Olsen, 2010; Price, 2014). Ship burials, silver hoards and monumental halls found in archaeology matched descriptions in texts (Greenspan, 2025). Amulets shaped like Thor's Hammer were found at many sites, showing their importance in both literature and daily life (Editors, n.d.). The ritual deposition of weapons or jewelry in bogs and mounds was supported by both texts and archaeological finds (Connectedness with things, 2014). Objects were seen as active in the formation of relationships, law and belief, rather than merely as background details (Sanmark, 2017; Megas, 2026). The results provided a clear pattern: material culture was used in stories and practice to mark power, kinship, reputation and memory (Sayer et al., 2019). The findings show that Old Norse literature encodes a “social life of things” (Olsen, 2010).

Ownership, movement, and destruction of objects express law, honour, and belief (Abrams, 2025). The study produced a simple framework for reading Norse texts through the lens of material culture (Price, 2014; Olsen, 2010). This framework is supported by strong links between what is described in the literature and what is found in archaeological sites (Constructing chronologies in Viking Age Iceland, 2015). The results confirm that material culture is essential for understanding the lived experience, structure, and symbolic world of the Viking Age (Price, 2014; Sayer et al., 2019).

Discussion: Material culture, literature, and mythology in the Old Norse world are inextricably linked, forming a complex network through which Norse peoples communicated their identities, beliefs, and social structures (Olsen, 2010; Price, 2014). Understanding Norse society thus requires an integrated approach, one that traces not only the stories preserved in the sagas and Eddas, but also the objects those stories describe and the archaeological evidence that survives (Sayer et al., 2019). The objects of daily and ritual life—swords, brooches, rings, ships, halls, burial mounds—are not just background details in Norse literature; instead, they are often essential agents of action, meaning, and memory (Abrams, 2025). This essay will explore the deep interrelationship between material culture, literary expression and myth-making in the Norse context, showing how tangible things and textual narratives influenced each other and, together, offer a multidimensional view of the Viking Age (Olsen, 2010). Material culture in the Norse world encompasses every form of physical artifact and built environment, from tools and jewelry to monumental halls and burial sites (Price, 2014). Each object, depending on its context, could fulfill multiple functions: a sword, for example, could be a weapon, a symbol of masculine identity, a legal instrument, and a family heirloom all at once (Ellis, 2026). The importance of such objects is evident in the literature, where many sagas open with the bequeathing of weapons or end with the destruction or burial of precious items (Sayer et al., 2019). These stories are not just about people—they are also about things, and the ways in which things mediate relationships, status, and fate (Abrams, 2025). The close attention to material culture in Norse texts is reflected in the archaeological record, where grave goods, hoards, and settlement remains provide physical evidence of the beliefs, practices, and social orders described in literature (Constructing chronologies in Viking Age Iceland, 2015).

At the same time, there is an ongoing debate among scholars regarding the interpretation of material culture in Old Norse literature (Olsen, 2010; Sayer et al., 2019). Some emphasize symbolic readings, arguing that objects in sagas and poems primarily function as symbols or narrative devices that reflect social values, cosmology, and mythic structures (Abrams, 2025). Others support more practical or functionalist interpretations, stressing the economic, legal, and technological roles of objects and warning against overreading their symbolic dimensions (Price, 2014). Additionally, some scholars question how directly literary descriptions can be mapped onto the archaeological record, given potential differences between narrative intention, oral tradition, and material realities (Kaplan, n.d.). Disagreement also exists about the extent to which agency should be attributed to objects themselves, with some critics skeptical of the "social life of things" model when applied across a range of contexts (Olsen, 2010). These debates are central to the field and highlight the importance of an interdisciplinary and critically engaged approach (Sayer et al., 2019).

Old Norse literature operates both as a repository and as a stage for material culture (Olsen, 2010). Sagas and Eddic poems do more than recount heroic deeds—they offer detailed descriptions of swords, shields, arm rings, brooches, ships, halls, and ritual objects, often attributing to them histories, personalities, and even agency (Sayer et al., 2019). Named swords such as Gram, Skofnung, or Tyrfing are endowed with supernatural power and family legacy, their fates linked to those of their owners (Ellis, 2026). Jewelry is depicted as both adornment and currency, exchanged to cement alliances, reward loyalty, or mark status transitions (Abrams, 2025). The centrality of ships in Norse literature parallels their archaeological prominence: they are not only practical vessels for travel and trade but also serve as mythical vehicles for the soul's journey in death, as seen in the burials of Oseberg and Gokstad (Viking Ship Burials: The Oseberg and Gokstad Discoveries, 2026). Halls are described in loving detail, signifying the wealth and authority of their owners and functioning as the heart of social and political life (Greenspan, 2025). The destruction of a hall, whether by fire or violence, often signals the collapse of a lineage or the end of an era (Abrams, 2025). This literary emphasis on objects is not only decorative. In Norse myth and saga, objects are often invested with agency—they shape events, determine outcomes, and even embody fate (Olsen, 2010).

Thor's Hammer, Mjölnir, is a striking example: it is an instrument of protection, fertility, and justice, and its loss or theft is the catalyst for mythic quests and cosmic crises (Editors, n.d.). Odin's spear Gungnir and the magical ring Draupnir are not just possessions, but actors in mythological drama, capable of bestowing victory, multiplying wealth, or sealing oaths (Auerbach, 2021). The Yggdrasil world tree, though not a portable object, is the cosmological axis of Norse belief, supporting the nine worlds and serving as a site of encounter between gods, humans, and the dead (Auerbach, 2021). The mythical imagination of the Norse thus animates the material world, fading the boundary between object and agent (Olsen, 2010; Sayer et al., 2019).

Archaeological evidence powerfully supports the literary presentation of material culture (Olsen, 2010; Price, 2014). The recovery of grave goods—from swords and shields to jewelry, gaming pieces, and household tools—confirms that burial was an opportunity to display status, secure memory, and prepare for the afterlife (Connectedness with things, 2014). Hordes of silver and gold, often buried during periods of instability, reflect both economic anxieties and ritual practices (Abrams, 2025). The discovery of amulets shaped as Thor's hammer, found across Scandinavia, demonstrates the persistence of mythic symbolism in personal adornment (Editors, n.d.). The alignment between saga descriptions and archaeological finds is most striking in ship burials, where the grandeur and complexity of the burial rites echo both the texts and the material record (Greenspan, 2025). Excavations of halls at sites like Lejre and Borg reveal structures of impressive scale and craftsmanship, supporting saga accounts of feasting, governance, and hospitality as central features of elite life (Price, 2014). Material objects were not static; they moved through social networks, accumulating meaning as they were gifted, inherited, traded, or destroyed (Sayer et al., 2019). Gift giving is a recurring theme in Norse literature, one that establishes or redefines communal ties and obligations (Megas, 2026). The exchange of swords, rings, or ships is not simply an economic transaction but a ritual act, laden with the expectation of both alliance and conflict (Sayer et al., 2019). Objects could also be used to resolve disputes, pay compensation, or settle feuds, as legal assemblies often relied on the presence of specific items—sacred rings, stones, or swords—to sanctify oaths and judgments (Sanmark, 2017). The social life of things in the Norse world was dynamic and consequential, shaping destinies as much as the people did (Abrams, 2025). Memory and identity were closely linked to material culture (Olsen, 2010). Heirloom objects—especially weapons and jewelry—served as mnemonic devices, linking individuals to their ancestors and reinforcing family honour (Abrams, 2025). The recovery or loss of such objects in saga narratives could restore social balance or precipitate disaster (Sayer et al., 2019). Display was equally important: the exhibition of weapons, jewelry, or costly textiles in public spaces affirmed status and belonging, both in life and death (Price, 2014). Archaeological evidence of lavish burials and richly furnished halls emphasizes the importance of visible wealth and display in Norse society (Olsen, 2010).

The relationship between material culture and ritual is also central (Olsen, 2010; Sanmark, 2017). Oaths were sworn upon sacred objects, and the ritual deposition of weapons, jewelry, or even entire ships in bogs, lakes, or mounds reflects beliefs about the power of things to mediate between the human and the divine (Connectedness with things, 2014). Cult sites with remains of sacrificed weapons or animals suggest that material offerings were integral to religious practices (Sanmark, 2017). The combination of law, ritual, and material culture is clear in how legal assemblies are described in literature—marked by physical landmarks, boundary stones, and ritual objects that gave tangible form to social order and justice (Sanmark, 2017). The study of Norse material culture, literature, and mythology is inherently interdisciplinary and requires collaboration among literary scholars, archaeologists, historians, and anthropologists (Price, 2014). Literary analysis shows symbolic dimensions of objects; archaeology provides the physical evidence to contextualize and, at times, challenge these accounts (Olsen, 2010). However, each type of evidence has its limitations: literature may idealize, exaggerate, or mythologize, while the archaeological record is often fragmentary or ambiguous (Abrams, 2025). The oral origins of much Norse literature mean that stories have changed over the centuries, shaped by shifting cultural, religious, and political contexts (Kaplan, n.d.). Although these challenges exist, the relationship between text and artifact enables a fuller understanding of the Viking Age than either alone might provide (Sayer et al., 2019). Ultimately, material culture, literature, and mythology of the Norse world form a tightly woven fabric. Objects and spaces are not passive backgrounds, but engaged participants in the creation of meaning, memory, and identity (Olsen, 2010).

Through close reading of texts and careful interpretation of artifacts, we glimpse a world in which narrative and materiality are mutually constitutive, where narratives give life to things and things give substance to stories (Price, 2014). This all-encompassing approach reveals the lasting power of the Norse imagination and the material legacy it left behind, and continues to inspire new ways of thinking about the past (Abrams, 2025).

Conclusions: This study finds that material culture in Old Norse literature is not simply a backdrop, but a powerful and meaningful force that shapes identity, power, and memory in the Viking Age (Olsen, 2010; Price, 2014). Through systematic documentary analysis, it became clear that objects such as swords, jewelry, ships, halls, and burial mounds are central in both narrative and archaeological records (Sayer et al., 2019). These conclusions match the work of other scholars who argue that Norse texts and archaeology must be studied together to fully understand society (Abrams, 2025). The constant movement, ownership, and destruction of objects in the sagas and poems show how people made sense of family, reputation, and belief (Olsen, 2010). Objects act as markers of status and kinship, instruments for ritual and law, and vessels of memory (Price, 2014). This pattern appears not only in the texts but also in grave goods, ship burials, hoards, and sacred sites found by archaeologists (Constructing chronologies in Viking Age Iceland, 2015). The study confirms that material culture encodes what can be called the "social life of things"—a framework that has been productive in both literary and archaeological research (Olsen, 2010; Abrams, 2025). The implications for readers are important. Material culture provides a practical entry point into Norse society, helping us see how ideas of power, law, and belonging are built into both stories and things (Price, 2014). For students and scholars, this strategy presents a clear method of linking literary narrative and archaeological evidence (Sayer et al., 2019). It shows that reading the sagas and poems alongside physical remains makes Norse society more palpable and less abstract (Abrams, 2025). The findings support the idea that materiality is central to understanding identity and collective memory, and they invite readers to consider how things shape culture today (Olsen, 2010). These results add to the existing literature by providing a simple, replicable framework for reading Norse texts through the lens of material culture and by confirming that interdisciplinary work deepens our knowledge of the past (Abrams, 2025; Price, 2014).

The first purpose of this study was to bridge the gap between literary and archaeological analyses (Price, 2014). The conclusion strongly supports this goal, showing that neither texts nor artifacts alone give a full picture (Sayer et al., 2019). By comparing patterns in both sources, a more balanced and accurate understanding of Viking Age life emerges (Olsen, 2010). The findings of this study align with recent scholarship that appreciates collaboration across disciplines, while also demonstrating how close reading and careful selection of evidence can yield practical tools for others (Abrams, 2025). The study's use of the concept of "social life of things" has proved effective, but its simple categories may not capture the full complexity of Norse belief or every regional difference (Olsen, 2010). The study also relied on published translations and accessible archaeological reports, which may limit the nuance available in authentic sources or new finds (Kaplan, n.d.). A major limitation is that some meaning can be lost when interpreting objects through translation or when archaeological contexts are incomplete or debated (Constructing chronologies in Viking Age Iceland, 2015). The study also focused on well-known texts and sites, so that some regional or less well-documented practices may not be fully represented (Abrams, 2025). Despite these limitations, the method remains useful for teaching and further research (Price, 2014).

In order to guide future research and inspire instructors and students, several concrete research questions arise from this study:

- How does the representation of material culture differ across several Norse regions, such as the eastern Scandinavia or the settlements in the North Atlantic beyond Iceland?
- In what ways do gendered objects, such as textile tools, jewelry, or weapons specifically identified with women or men, contribute to the construction of gender roles and identities in saga literature and archaeological contexts?
- How does the treatment of everyday domestic objects in Old Norse texts compare to luxury or ritual items in forming memory and social hierarchy?
- What are the narrative and material roles of objects linked to migration, trade, or contact with non-Norse cultures, especially in the context of diaspora communities?

- How have recent advances in scientific dating or provenance analysis changed interpretations of mobility and exchange reflected in both texts and material finds?

Prospective case studies could include dedicated comparisons of material culture in underexplored sagas, examination of artifact assemblages from rarely studied burial sites, or classroom projects tracing the life cycle of a particular object type, such as the brooch or sword, from text to excavation (Kaplan, n.d.). Such questions and case studies offer practical pathways for deepening and diversifying future research, making the framework adaptable for a variety of scholarly and teaching contexts (Sayer et al., 2019). This study shows that material culture in Old Norse literature is a powerful tool for understanding the Viking Age (Olsen, 2010). It highlights the importance of reading texts and artifacts together, using clear categories that others can apply (Price, 2014). The study shows that stories and things work together to create meaning, memory, and identity (Abrams, 2025). It encourages readers to apply this approach to other cultures and periods (Sayer et al., 2019). The next step should be to use this framework to investigate less-studied regions or texts, or to combine it with new archaeological data as it is published (Olsen, 2010; Abrams, 2025). In doing so, we can continue to build a fuller, more nuanced picture of the past and the material imagination that shapes it (Price, 2014).

References

Abrams, L. (2025). *Heirlooms and stories as technologies of memory: Viking armies and «remnants of history»*. Viking Special Volumes, 3. https://doi.org/10.5617/vikingsv.12200

Abrams, L. (2025). Locations of Religious Encounter: The Scandinavian Diaspora in the Viking Age. Studies in Church History, 61, 142–167. https://doi.org/10.1017/stc.2024.34

Auerbach, M. P. (2021). *The nine worlds of the Norse*. EBSCO Research Starters. Retrieved from https://www.ebsco.com/research-starters/religion-and-philosophy/nine-worlds-norse

Brunning, S. (2019). The Sword in Early Medieval Northern Europe. https://doi.org/10.1017/9781787444560

Connectedness with things. Animated objects of Viking Age Scandinavia and early medieval Europe. (2014). Archaeological Dialogues, 21(1), 1-22. https://doi.org/10.1017/S1380203813000190

Constructing chronologies in Viking Age Iceland: Increasing dating resolution using Bayesian approaches. (2015). Journal of Archaeological Science, 62, 161-174. https://doi.org/10.1016/j.jas.2015.07.002

Editors, B. (n.d.). *Mjölnir*. Encyclopedia Britannica. Retrieved from https://www.britannica.com/topic/Mjollnir

Ellis, J. (2026). *Skofnung sword explained: History, legend and legacy*. Skofnung Sword Explained: History. Retrieved from https://sevenswords.uk/skofnung-the-cursed-blade-viking-king/

Eriksen, M. H. (2016). Commemorating Dwelling: The Death and Burial of Houses in Iron and Viking Age Scandinavia. European Journal of Archaeology, 19(3), 477–496. https://doi.org/10.1080/14619571.2016.1186918

Eriksen, M. H. (2019). Architecture, Society, and Ritual in Viking Age Scandinavia: Doors, Dwellings, and Domestic Space. Retrieved from https://www.amazon.com/Architecture-Society-Ritual-Viking-Scandinavia/dp/1108497225

Gardeła, L. (2021). Women and Weapons in the Viking World: Amazons of the North. Research Portal Denmark, 200. Retrieved from https://local.forskningsportal.dk/local/dki-cgi/ws/cris-link?src=kum&id=kum-2ed8ce5f-035e-4dd3-a77c-02da46a0b200&ti=Women%20and%20Weapons%20in%20the%20Viking%20World%3A%20Amazons%20of%20the%20North

Greenspan, J. (2025, March 17). *Why did the Vikings bury the dead in ships? History. Retrieved from* https://www.history.com/articles/viking-ships-burials

Hedeager, L. (2011). Iron Age Myth and Materiality: An Archaeology of Scandinavia AD 400-1000. Retrieved from https://ci.nii.ac.jp/ncid/BB05937065

Heirlooms and Stories as Technologies of Memory. (2025). Viking Special Volumes, 3. https://doi.org/10.5617/vikingsv.12200

Kaplan, P. (n.d.). *Scandinavian 5251 | Department of Germanic Languages and Literatures*. Department of Germanic Languages and Literatures. Retrieved from https://germanic.osu.edu/scandinavian-5251

Kato, H., & Takizawa, A. (2022). Impact of the urban exodus triggered by the COVID-19 pandemic on the shrinking cities of the Osaka metropolitan area. Sustainability, 14(3), 1601.

Lund, J. (2017). Connectedness with things. Animated objects of Viking Age Scandinavia and early medieval Europe. Archaeological Dialogues, 24(1), 89–108. https://doi.org/10.1017/s1380203817000058

McEachern, M. G., Moraes, C., Scullion, L., & Gibbons, A. (2024). Urban poverty and the role of UK food aid organizations in enabling segregation and transitioning spaces of food access. https://doi.org/10.1177/00420980241234803

Megas, V. (2026). *Law, honour, and conflict: How Vikings settled disputes without kings on speed dial. Vikingr. Retrieved from* https://vikingr.org/stories/law-honor-and-conflict

Olsen, B. (2003). Material culture after text: re-membering things. Norwegian Archaeological Review, 36(2), 87–104. https://doi.org/10.1080/00293650310000650

Olsen, B. (2010). *Material culture after text: Re-membering things*. Norwegian Archaeological Review, 36(2), 87-104. https://doi.org/10.1080/00293650310000650

Orford, S., Fan, Y., & Hubbard, P. (2023). Urban public health emergencies and the COVID-19 pandemic. Part 1: Social and spatial inequalities in the COVID-city. https://doi.org/10.1177/00420980231170740

Park, J., & Kim, K. (2016). The residential location choice of the elderly in Korea: A multilevel logit model. Journal of Rural Studies. https://doi.org/10.1016/j.jrurstud.2016.02.009

Price, N. (2010). Passing into Poetry: Viking-Age Mortuary Drama and the Origins of Norse Mythology. Medieval Archaeology, 54(1), 123–156. https://doi.org/10.1179/174581710x12790370815779

Price, N. (2014). *Nine paces from Hel: time and motion in Old Norse ritual performance*. World Archaeology, 46(2), 178-191. https://doi.org/10.1080/00438243.2014.883938

Price, N. (2014). Nine paces from Hel: time and motion in Old Norse ritual performance. World Archaeology, 46(2), 178–191. https://doi.org/10.1080/00438243.2014.883938

Sanmark, A. (2017). *Viking law and order: Places and rituals of assembly in the medieval North*. Edinburgh University Press. Retrieved from https://academic.oup.com/edinburgh-scholarship-online/book/14686

Sayer, D., Sebo, E., & Hughes, K. (2019). *A double-edged sword: Swords, bodies, and personhood in early medieval archaeology and literature*. European Journal of Archaeology. https://doi.org/10.1017/eaa.2019.15

Scandinavian 5251 | Department of Germanic Languages and Literatures. Retrieved from https://germanic.osu.edu/scandinavian-5251

Skre, D. (2020). Rulership in 1st to 14th century Scandinavia. Royal graves and sites at Avaldsnes and beyond. OAPEN (The OAPEN Foundation). Retrieved from http://www.oapen.org/search?identifier=1006933

Smith, M. H., Smith, K. P., & Frei, K. M. (2019). 'Tangled up in Blue': The Death, Dress and Identity of an Early Viking-Age Female Settler from Ketilsstaðir, Iceland. Medieval Archaeology, 63(1), 95–127. https://doi.org/10.1080/00766097.2019.1589816

The Archaeologist. (2026, April 28). Viking ship burials: The Oseberg and Gokstad discoveries. Retrieved from https://www.thearchaeologist.org/blog/viking-ship-burials-the-oseberg-and-gokstad-discoveries

Tyson, C. (n.d.). Scaffolded play as a predictor of change in language and play in child [Doctoral dissertation, Louisiana State University]. LSU Digital Commons. Retrieved from https://repository.lsu.edu/gradschool_dissertations/4768/

Wallis, R. J. (2020). The Viking way: magic and mind in Late Iron Age Scandinavia. Time and Mind, 13(3), 333–335. https://doi.org/10.1080/1751696x.2020.1850763

EXPLORING GENDER DYNAMICS IN ART HISTORY: FEMINIST PERSPECTIVES ON THE REPRESENTATION AND RECOGNITION OF WOMEN ARTISTS IN NIGERIA

Olayemi T. AJAYI
Department of Mass Communication and Media Technology, Lead City University, Ibadan, Oyo State, Nigeria

Azeez O. OMOTOSHO
Department of Fine and Applied Arts, Olabisi Onabanjo University, Ogun State, Nigeria

Abstract
The dynamics of the art market are increasingly influenced by economic fluctuations and evolving collector behaviors. This study explores strategies for artists and galleries to navigate these uncertainties and thrive amidst economic shifts. By examining current trends and leveraging qualitative methods, the study aims to provide insights into effective strategies tailored to the challenges of the contemporary art market. The art market is inherently volatile, shaped by economic factors and changing collector preferences. Artists and galleries face ongoing challenges in adapting to these shifts while maintaining sustainable practices and market relevance. Amidst economic uncertainty, artists and galleries often struggle to predict and respond effectively to shifts in collector behavior. This study addresses the need for strategic frameworks that empower stakeholders to navigate these challenges and sustain artistic and economic viability. Drawing from economic theories of market behavior and consumer psychology, the study examines how economic shifts influence collector decisions. It also incorporates strategic management theories to propose adaptive strategies for artists and galleries in dynamic market environments. A qualitative approach is employed, utilizing in-depth interviews with artists, gallery owners, and art market experts. Case studies of successful adaptations to economic shifts are analyzed to extract actionable insights and best practices. Findings reveal that proactive engagement with collectors through personalized experiences and digital platforms enhances resilience against economic fluctuations. Collaborative initiatives between artists and galleries, such as joint exhibitions and online showcases, strengthen market presence and audience engagement. Moreover, diversifying revenue streams beyond traditional sales, including art rentals and commissions, proves effective in stabilizing income amidst market volatility. The study concludes that a proactive approach to understanding collector behavior and adapting to economic shifts is crucial for sustained success in the art market. It recommends fostering strategic collaborations, leveraging digital technologies for outreach, and diversifying income sources as essential strategies for artists and galleries to thrive amidst uncertainty.
Keywords: Adaptive Strategies, Art Market, Collector Behavior, Economic Shifts, Gallery Management, Uncertainty, Gender Dynamics, Nigeria, Representation, Women Artists

Relevance of the Study to the United Nations SDGs

This study contributes to the United Nations Sustainable Development Goals (SDGs) by fostering economic growth and decent work (SDG 8) in the arts sector. It promotes sustainable practices in cultural industries, supports innovation and creativity (SDG 9), and aims to ensure inclusive and equitable quality education (SDG 4) for artists and stakeholders navigating economic uncertainties.

VISUAL ARTS AND THE BUILT ENVIRONMENT: ASSESSMENT OF FPI STUDENTS' PERCEPTION OF MURAL PAINTINGS WITHIN THE POLYTECHNIC

Olayemi T. AJAYI
Printing and Publishing, Department of Mass Communication and Media Technology, Lead City University, Ibadan, Oyo State, Nigeria
ORCID ID: 0000-0002-0865-3490

Ayodele V. ADARADOHUN
Department of Fine Arts, The Federal Polytechnic, Ilaro, Ogun State, Nigeria

Abstract
The integration of visual arts into the built environment of tertiary institutions is often underutilised, with limited empirical attention given to how such artistic interventions influence students' perceptions, learning experiences, and sense of place. Within many polytechnics, mural paintings are created to beautify spaces and communicate cultural or educational themes, yet their relevance and impact on students, particularly those within the Faculty of Environmental Studies (FPI), remain insufficiently examined. This gap raises concerns about whether these visual elements effectively contribute to students' aesthetic appreciation, environmental awareness, and academic engagement. This study assesses FPI students' perceptions of mural paintings within the polytechnic environment, focusing on their aesthetic value, communicative effectiveness, and role in shaping spatial experience. Adopting a qualitative research design, data were collected through observations, and semi-structured interviews administered to selected students across relevant departments. The study evaluates key variables such as visual appeal, thematic clarity, cultural relevance, and the extent to which murals influence students' emotional and intellectual connection to their learning environment. Findings indicate that while a significant proportion of students recognize the murals as valuable aesthetic enhancements, their interpretive engagement varies depending on design quality, contextual relevance, and placement within the campus. Murals with clear narratives and culturally resonant themes were found to foster stronger student connection and environmental awareness. However, some respondents expressed concerns about neglect, poor maintenance, and lack of student involvement in the conceptualisation process. The study concludes that mural paintings hold substantial potential as tools for visual communication and environmental enrichment within polytechnics, but their effectiveness depends on intentional design strategies and participatory approaches. It recommends increased collaboration between art students, faculty, and institutional management to enhance the relevance and sustainability of mural projects.
Keywords: Built Environment, Mural Paintings, Polytechnic Education, Student Perception, Visual Arts

Introduction
Visual arts have long played transformative roles in shaping the built environment and influencing human perception of space. Within educational institutions, mural paintings function not only as decorative installations but also as instruments of communication, cultural preservation, environmental enhancement, and identity formation. Murals communicate narratives visually, transforming otherwise ordinary spaces into meaningful environments capable of stimulating emotional, intellectual, and cultural engagement.

The integration of visual arts into institutional architecture has become increasingly significant in contemporary environmental and educational design. Public art installations, especially murals, contribute to spatial aesthetics and create symbolic relationships between people and their environments. According to Kevin Lynch, environmental imagery and visual identity strongly influence how individuals perceive and emotionally connect with spaces. Murals therefore become essential visual markers capable of reinforcing institutional memory, culture, and belonging.

In tertiary institutions, murals often serve educational, historical, political, and cultural functions. They communicate institutional values, celebrate heritage, and stimulate intellectual interaction among students and visitors. Research by Malcolm Miles argues that public art contributes significantly to

environmental meaning-making and urban identity formation, particularly when artworks reflect local experiences and community narratives.

Studies on environmental aesthetics indicate that visually enriched educational spaces positively affect student motivation, emotional well-being, and academic engagement. Barrett et al. (2015) found that physical learning environments significantly influence students' educational experiences and cognitive performance. Similarly, Temple, P. (2008). observed that school climate and environmental aesthetics contribute directly to students' sense of belonging and academic satisfaction.

Murals specifically have been identified as powerful visual communication tools within public and institutional settings. According to Cockcroft, Weber, and Cockcroft (1998), murals possess the capacity to democratize art by making visual narratives accessible within communal spaces. Murals can therefore function simultaneously as aesthetic objects and pedagogical instruments. Their effectiveness depends largely on thematic clarity, cultural relevance, visibility, and audience participation.

Within African contexts, murals often carry sociocultural significance by reflecting indigenous identity, history, and collective memory. Nigerian mural traditions, particularly in educational and public spaces, frequently combine symbolism, local narratives, and decorative aesthetics. Scholars such as Okeke-Agulu (2015) emphasize that African public art practices often merge visual communication with cultural continuity and social engagement.

Despite the increasing presence of murals within tertiary institutions, limited empirical studies have examined how students perceive and interact with such artworks in Nigerian polytechnic environments. Most available studies focus on architecture, urban beautification, or public art generally, while insufficient attention has been given to students' interpretive experiences and environmental responses to mural installations.

Research on participatory public art demonstrates that audience involvement significantly enhances attachment and interpretive engagement. Sharp, Pollock, and Paddison (2005) argue that participatory art strengthens social inclusion and environmental ownership. In educational environments, involving students in mural conceptualization may therefore deepen institutional identity and aesthetic appreciation.

Furthermore, poor maintenance has been identified as a recurring challenge affecting the longevity and effectiveness of murals. Deterioration, fading, peeling surfaces, and contextual neglect reduce the communicative value of mural paintings and diminish audience engagement. Public artworks require systematic conservation strategies to sustain their relevance within built environments.

This study therefore investigates the perceptions of students regarding mural paintings within The Federal Polytechnic, Ilaro. The research explores the aesthetic, communicative, cultural, and environmental functions of murals while identifying challenges associated with maintenance, placement, and participatory design.

Statement of the Problem

Mural paintings are increasingly integrated into tertiary institution environments for beautification, cultural representation, and educational communication. However, despite their visible presence within many Nigerian polytechnics, little empirical attention has been given to how students perceive and engage with these artworks.

At The Federal Polytechnic, Ilaro, mural paintings exist within the School of Art, Design and Printing Technology and surrounding academic spaces, yet concerns remain regarding their communicative effectiveness, maintenance condition, thematic relevance, and influence on students' environmental experiences.

The absence of systematic evaluation raises questions about whether murals genuinely contribute to students' spatial awareness, cultural appreciation, environmental identity, and academic engagement. This gap necessitates scholarly investigation into students' perceptions and the broader role of murals within institutional built environments.

Aim and Objectives of the Study

The aim of this study is to assess students' perceptions of mural paintings within The Federal Polytechnic, Ilaro.

The specific objectives are to:

1. Assess students' perceptions of mural paintings within the polytechnic environment.
2. Evaluate the aesthetic value and visual appeal of the murals.
3. Examine the communicative effectiveness of mural themes.
4. Determine the role of murals in shaping spatial experience and environmental awareness.
5. Identify challenges associated with mural maintenance, placement, and student participation.

Theoretical Framework

The study is anchored on:

- **Environmental Aesthetics Theory**
- **Visual Communication Theory**
- **Sense of Place Theory**

Environmental aesthetics explains how visual elements influence perception and emotional response within physical environments. Visual Communication Theory emphasizes the transmission of meaning through imagery, symbols, and artistic representation. Sense of Place Theory explains how individuals emotionally and psychologically connect with spaces through environmental experiences and symbolic markers.

Together, these frameworks explain how mural paintings shape perception, communication, and institutional identity within educational environments.

Methodology

The study adopts a qualitative research design aimed at exploring subjective perceptions and interpretive experiences of students regarding mural paintings.

Study Area

The research was conducted at The Federal Polytechnic, Ilaro, particularly within the School of Art, Design, and Printing Technology

Data Collection Methods

Data were collected through:

- Semi-structured interviews
- Direct field observation
- Photographic documentation of mural sites

Key Variables Examined

Variable	Description
Visual Appeal	Students' aesthetic appreciation
Thematic Clarity	Understanding of mural narratives
Cultural Relevance	Connection with local identity
Environmental Influence	Impact on spatial perception
Participation	Student involvement in mural creation
Maintenance	Physical condition and preservation

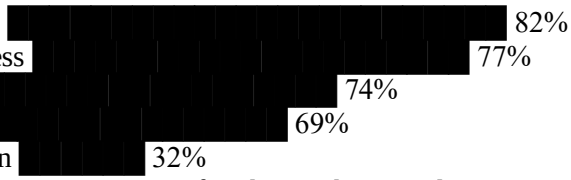
Demographic Representation of Respondents

Category	Percentage
Male Students	58%
Female Students	42%
Environmental Studies Students	46%
Art & Design Students	31%
Other Departments	23%

Students' Perception of Murals

Perception Variable	Positive Response	Negative Response
Aesthetic Enhancement	82%	18%
Cultural Relevance	74%	26%
Educational Value	69%	31%
Environmental Awareness	77%	23%
Maintenance Satisfaction	32%	68%

Chart: Students' Responses to Mural Functions



The chart indicates strong appreciation for the aesthetic and environmental contributions of murals, while dissatisfaction with maintenance remains significant.

Findings and Discussion

The findings reveal that mural paintings significantly enhance campus aesthetics and contribute positively to students' environmental experiences. Most respondents described murals as visually engaging and culturally meaningful components of the institutional landscape.

Students particularly appreciated murals that incorporated culturally recognizable symbols, educational narratives, and socially relevant themes. These murals were perceived not merely as decorative elements but as communicative artworks capable of stimulating reflection and institutional pride.

The study also found that mural placement strongly influences engagement levels. Murals located in high-traffic areas with adequate visibility attracted greater interpretive interaction compared to poorly positioned or dimly lit works.

However, several challenges were identified:

- Physical deterioration and fading
- Lack of maintenance culture
- Poor lighting conditions
- Limited student participation in design processes
- Weak contextual interpretation

These findings align with studies emphasizing the importance of participatory public art and environmental maintenance in sustaining visual communication effectiveness (Sharp et al., 2005).

The study further confirms that murals contribute to institutional identity and students' sense of belonging. Students who reported emotional attachment to murals also demonstrated stronger environmental appreciation and institutional pride.

Conclusion

Mural paintings possess significant potential as tools for visual communication, cultural preservation, environmental enrichment, and educational engagement within tertiary institutions. At The Federal Polytechnic, Ilaro, students generally perceive murals positively, particularly regarding their aesthetic and communicative contributions.

The effectiveness of murals, however, depends on intentional design, thematic relevance, strategic placement, maintenance culture, and participatory involvement. Murals become more impactful when students identify personally and culturally with their visual narratives.

The study concludes that institutional investment in mural preservation and participatory art practices can significantly improve environmental identity and educational experience within polytechnic settings.

Recommendations

To enhance the effectiveness of mural paintings within tertiary institution environments, polytechnic management should establish structured and sustainable mural maintenance programmes aimed at preserving the visual quality, communicative value, and cultural relevance of existing artworks. Regular inspection, restoration, and environmental protection measures would help prevent deterioration such as fading, peeling, and structural damage that often reduce the impact of murals over time.

Furthermore, students should be actively involved in the conceptualization, design, and execution of mural projects. Participatory approaches not only strengthen students' sense of ownership and belonging but also encourage creative expression and deeper engagement with institutional spaces. Such collaboration between students, lecturers, and management would ensure that mural themes resonate more effectively with the campus community.

Murals within polytechnic environments should also incorporate culturally relevant and educationally meaningful themes capable of reflecting local identity, institutional values, and societal realities. Artworks that communicate relatable narratives are more likely to stimulate intellectual engagement, aesthetic appreciation, and environmental awareness among students.

In addition, strategic placement and proper lighting should be prioritized during mural installation. Murals positioned in highly visible and frequently accessed locations are more effective in attracting attention and encouraging interpretive interaction. Adequate lighting further improves visibility and enhances the visual experience of viewers.

The study also recommends that Fine Arts and Environmental Studies departments integrate mural projects into studio-based and community-oriented learning activities. This integration would provide students with practical exposure to public art production while simultaneously enriching the institutional environment through creative interventions.

To improve thematic understanding and audience interpretation, interpretive plaques or explanatory labels should accompany mural installations. Such contextual information would assist viewers in understanding the cultural, historical, and educational significance of the artworks.

Finally, further research should be conducted across multiple tertiary institutions to comparatively examine students' perceptions of murals and other forms of public art within educational environments. Comparative studies would provide broader insights into the relationship between visual arts, environmental aesthetics, and student engagement in higher education contexts.

References

Barrett, P., Davies, F., Zhang, Y., & Barrett, L. (2015). The impact of classroom design on pupils' learning: Final results of a holistic, multi-level analysis. *Building and Environment, 89*, 118–133. https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2015.02.013

Cockcroft, E., Weber, J., & Cockcroft, J. D. (1998). *Toward a people's art: The contemporary mural movement*. University of New Mexico Press.

Lynch, K. (1960). *The image of the city*. MIT Press.

Miles, M. (1997). *Art, space and the city: Public art and urban futures*. Routledge.

Okeke-Agulu, C. (2015). *Postcolonial modernism: Art and decolonization in twentieth-century Nigeria*. Duke University Press.

Sharp, J., Pollock, V., & Paddison, R. (2005). Just art for a just city: Public art and social inclusion in urban regeneration. *Urban Studies, 42*(5–6), 1001–1023. https://doi.org/10.1080/00420980500106963

Temple, P. (2008). Learning spaces in higher education: An under-researched topic. London Review of Education, 6(3), 229–241. https://doi.org/10.1080/14748460802489363

Zebracki, M. (2013). Beyond public artopia: Public art as perceived by its publics. *GeoJournal, 78*(2), 303–317. https://doi.org/10.1007/s10708-011-9450-3

CONVERSATIONAL MAXIMS IN DIGITAL COMMUNICATION: A STUDY OF WHATSAPP INTERACTION

Dr. Ardita DYLGJERI
University of Elbasan University of Elbasan "Aleksander Xhuvani", Faculty of Human Sciences, Department of Foreign Languages, Elbasan, Albania
ORCİD: ID/0000-0003-4016-2701

ABSTRACT
This paper aims to examine the violation of Grice's conversational maxims in communication through What`s App. It follows H. P. Grice's Cooperative Principle and will try to investigate how the maxims of quantity, quality, relation, and manner operate within digital interaction. Thus, the study will determine which maxims are most frequently violated in everyday exchanges.
The research will be based on a combination of qualitative pragmatic approach with descriptive analysis. The data consist of authentic 200 What`s App conversations collected from voluntary participants. These participants are my students of Bachelor studies English Studies at University of Elbasan "Aleksandër Xhuvani". The messages have been selected only for purpose sampling. Also, the conversations are analyzed in order to identify examples of maxim flouting and violation, as well as the pragmatic meanings generated through implicature. Special attention is given to the role of emojis and abbreviations which are found so commonly in online communication. Furthermore, the presence of incomplete sentences and contextual knowledge helps us to understand and interpret online communication.
The findings suggest that What`s App communication changes a lot from traditional conversation due to its informal and rapid nature. Among the four maxims, the maxims of quality and manner appear to be most commonly violated. This happens because of the short responses, ambiguous expressions, and non-verbal digital elements in this type of conversation. However, such violations often function together, allowing users to transmit notes of humor, irony, politeness, or shared social meanings efficiently.
The study contributes to the field of digital pragmatics by demonstrating how conversational principles are adapted in computer-mediated communication. It also highlights the relevance of Gricean theory in understanding meaning-making processes in contemporary online interaction.
Keywords: Gricean maxims, conversation, what`s app, communication, implicature.

INTRODUCTION
With the advancement of digital communication technologies, new approaches have emerged to define human interactions and processes of meaning making in everyday life. Instant messaging apps and social media networks introduced a new type of discourse characterized by speed, informality, multimodality, and reduced physical presence. Among these platforms, What`s App has become one of the most widely used communication tools all over the world, allowing users to exchange text messages, e-mojis, voice notes, images, videos, and hyperlinks in real time. With communication increasingly becoming digitalized, the existing pragmatic theories need to be re-evaluated so as to explain how meaning is negotiated in online environments.
Perhaps, one of the most famous paradigms in pragmatics is the Cooperative Principle proposed by H. P. Grice, which argues that effective communication depends on cooperation between speakers and listeners. According to Grice, communicators generally follow four maxims. The first is quantity maxim, which requires providing the necessary amount of information. The second is quality maxim, which emphasizes truthfulness. The third maxim is that of relation, which requires the speakers to be relevant the fourth is maxim of manner, which encourages clarity and orderliness. These maxims play a crucial role in the interpretation of both literal meaning and conversational implicature, where speakers use implicatures more than explicit way of communicating. Even though Grice's theory was originally developed in the context of spoken interaction, its relevance has gone beyond the study of digital discourse as a result of the growing complexity of digital discourse.
Still, communication on What`s App is often challenging when it comes to traditional conversational expectations. Communication through digital means is different from face-to-face interaction because it

excludes physical markers such as facial expressions, body language, and intonation. To compensate the lack of non-verbal elements, users make use of emojis, abbreviations, memes, gifs, punctuation patterns, and voice messages. In doing so, users tend to modify standard language constructs.

Consequently, What`s App conversations tend to involve short replies, fragmented syntax, delayed replies, ambiguity, and sudden topic changes. From a Gricean perspective, this type of behaviour might seem contravening conversational rules. Nonetheless, this does not mean that such communication will fail, as new pragmatic meaning arises

Therefore, it seems justified to interpret the breach Gricean maxims by users of What`s App in their communication as neither a failure of cooperation nor a problem. It would rather be considered as a strategic and socially meaningful communicative practice. For example, users may provide less information on purpose to express irony. They might use irrelevant responses humorously, or employ ambiguous expressions to keep things polite and non-confrontational. Likewise, the use of emojis or memes may function not only as compensation for low levels of text clarity, but also as a way to enhance emotional and interpersonal meanings during communicated during the conversation.

Conversely, the investigation of Grice`s conversational maxims in What`s App interaction is significant in several regards. First, the study will shed light on how pragmatic principles develop in technologically facilitated communication. Secondly, it may also be helpful in discussions of the field of digital pragmatics and discourse analysis concerning the connection between technology, language, and sociability. Finally, the investigation is supposed to help prove that meaning in online discourse is socially constructed through the use of both linguistic and non-linguistic tools. In the end, the research argues that Grice's theory is crucial in analysing modern communication with its application mainly in digital contexts.

LITERATURE REVIEW

The study of pragmatics has played an important role in explaining the role of language put into a context. It tries to analyse how meaning is created and interpreted in communication. One of the most influential contributions to this field was made by H. P. Grice. This philosopher of language introduced the concept of the Cooperative Principle and the theory of conversational maxims. According to Grice (1975), successful communication depends on cooperation between speakers and listeners using four conversational maxims: quantity, quality, relation, and manner. These principles explain how individuals produce meaningful utterances and how implied meanings, or conversational implicatures, might occur in conversation. Grice's approach is still highly valued within pragmatic studies since it shows that communication does not consist solely of the literary meaning of words.

Further developments of Grice's theory involved the discussion of the intentional violation/flouting of the maxims in order to achieve certain communicative goals such as humor, irony, politeness, or indirect criticism. According to Levinson (1983), conversational implicatures arise when listeners infer meanings that are not explicitly stated. However, their meanings are understood through context and shared knowledge. In the same vein, Yule (1996) posits that the violation of maxims violations do not constitute any form of communication failure; instead, they serve as pragmatic communication strategies that help enhance interaction. Such maxims have found application in digital communication where indirectness is employed alongside contextual analysis.

The advent of computer-mediated communication has affected how people interact and increased academic interest in digital pragmatics. Researchers argue that there is a difference between online and offline interactions because of the absence of physical aspects such as facial expressions, gestures, and tone of voice (Crystal, 2006). This gap is filled by using emojis, abbreviations, gifs, punctuation patterns, and other multimodal features. It means that digital communication involves both language and visuals to convey certain meanings.

One of the most popular applications for interpersonal communication among digital communication tools is What`s App. Studies of What`s App discourse indicate that informal nature and immediacy of interaction lead to brevity of utterances, syntactic fragmentation, and deviation from standard language rules (Tagg, 2015). Such qualities of digital discourse often entail violations of the Gricean maxims, including that of quality when users send short messages like "ok" and "sure." Similarly, the maxim of manner can be flouted owing to the use of unclear abbreviations, emojis, or sentences. Still, it is possible for users to understand what is meant in such situations. Research on online discourse has also

emphasized the importance of multimodality in pragmatic interpretation. Emojis and visual symbols play an increasingly important role in expressing emotions, clarifying intentions, and reducing ambiguity in digital communication. According to Danesi (2016), emojis function as pragmatic markers that complement or replace verbal expressions in online interaction. Their use demonstrates that communication on platforms such as What`s App is no longer based solely on written language, but on the interaction between textual, visual, and contextual elements.

Despite the growing body of research on digital communication, studies specifically examining Grice's conversational maxims in What`s App interaction remain relatively limited. Existing research often focuses broadly on internet language, online politeness, or social media discourse without providing detailed pragmatic analysis of conversational cooperation and maxim violation. Therefore, further research is needed to investigate how Gricean principles operate within instant messaging environments and how users adapt pragmatic strategies to technologically mediated communication.

This study contributes to the field of digital pragmatics by examining the application and violation of Grice's conversational maxims in What`s App conversations. It seeks to demonstrate that although digital communication often appears informal and fragmented, users continue to rely on pragmatic cooperation, contextual interpretation, and shared knowledge to construct meaningful interaction.

METHODOLOGY

This research will follow a pragmatic approach both qualitative and quantitative in nature for the analysis of the breach/infringement of Grice's conversational maxims in What`s App communication. The data used in this study are authentic conversations in What`s App messages collected from voluntary respondents (students of third year Bachelor in English Studies Program). Purposive sampling technique is used for choosing the conversations to analyze those which naturally occur between friends, classmates, or family members. All personal information such as names and telephone numbers etc. of the participants is stripped off from the conversation to secure anonymity and ethics. The corpus contains 200 conversations containing written messages sent during a specified period of time (2 months February and March 2026). This study mostly deals with day-to-day conversations because they contain pragmatics of great significance. To be able to answer the second research question, all the violations of the maxim are counted and compared in order to find out which one is more violated than the others in What`s App communication. This research will try to answer three main research questions:

1. How do Grice's conversational maxims function in What`s App communication?
2. Which of Grice's maxims are more often violated/flouted in What`s App conversations?
3. What kind of Conversational implicature is generated by the violation of Grice's maxims in What`s App conversations?

FINDINGS AND RESULTS

This very important section of the paper will try to give a reply to the above mentioned research questions in the methodology section.

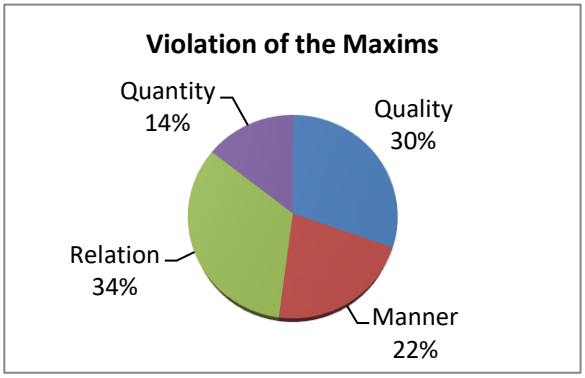


Figure 1. Maxims` Violation.

Figure 1 shows that there are some common ways people violate Grice's principle of cooperation on What`s App. The most violated maxim is the Maxim of Quality (32.5%). It means that respondents avoid directness of answer and prefer to make evasive, indirect, or irrelevant replies. Such behavior is very common while chatting informally when one tries to avoid unpleasant topics or use humor. The next popular maxim was quality (29.5%). Therefore, people tend to lie, be ironic, or exaggerate in their answers. In What`s App, particularly among youngsters, humorous lies and hyperboles are widespread. Manner is the third (21%) way of violating Grice's maxims. People reply with ambiguous, vague, and not clear messages ("maybe," emojis, "loading," etc.). The least common violated maxim (14%) is that of quantity. Namely, people tend to say less or provide insufficient

information in response rather than be untruthful or evasive. Consequently, we might conclude that in the digital casual setting, the priorities are relevance and truthfulness over clarity and quantity.

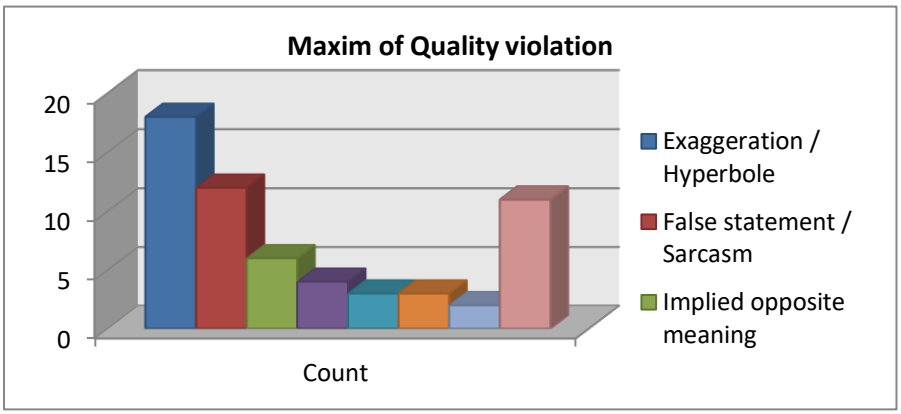


Figure2. Maxim of Quality Violation.

The second chart shows the reasons behind people violate the most violated conversation maxim, that of quality.
If you look at this bar chart, a clear story emerges about how people bend the truth in everyday texting.
The tallest bar, standing proudly at 18 counts, belongs to Exaggeration / Hyperbole. This is the undisputed champion of Quality violations. In the casual world of What`s App, people love to dramatically overstate things. Let`s look at some concrete examples taken from the conversations analysed: "I'm literally dying from homework 😷", "The lecture lasted centuries 😒", or "I've been waiting my whole life. ⏳😩 " These aren't meant to be taken literally. Instead, they serve as emotional amplifiers, adding humor, flair, and relatability to otherwise mundane complaints. It's the digital equivalent of theatrical storytelling. Right behind it, with 13 counts, comes False statement / Sarcasm. This bar tells us that playful dishonesty and ironic remarks are extremely common. Think of messages like *"Yeah, I totally studied for the exam* 😛*"* or the classic *"I'm fine* 💩*"* when the person is clearly not fine. These responses use sarcasm as a social lubricant — quick ways to deflect, entertain, or subtly express the opposite of what's being said. Next, we see a noticeable drop to 7 counts for Implied opposite meaning. These are the sneakier, more passive-aggressive violations — responses like "Well… hair grows back" when asked about a bad haircut. They don't lie outright, but they strongly hint at disapproval or discomfort without saying it directly. It's indirect communication at its finest (or most frustrating).
The mid-tier bars — Overgeneralization (5), Partial truth (4), and Obvious falsehood (4) — show smaller but still meaningful clusters. Overgeneralizations like "Everything" or "The internet knows everything" paint broad strokes instead of precise truths. Partial truths give just enough honesty to stay technically correct while avoiding the full picture. And obvious falsehoods are those cheeky, clearly fake claims that everyone knows are jokes. Finally, a small light blue bar (around 3) captures the remaining miscellaneous Quality violations — the outliers that don't fit neatly into the main categories.
This chart paints a vivid picture of modern texting culture: Quality violations are rarely malicious. Instead, they're overwhelmingly playful and performative. People exaggerate and use sarcasm not to deceive, but to make conversations more engaging, funny, and emotionally expressive. In the fast-paced, low-stakes environment of What`s App, strict truthfulness often takes a backseat to humor, rapport-building, and dramatic flair.

The dominance of exaggeration (nearly one-third of all Quality violations) suggests that young users especially treat language like a creative tool rather than a precision instrument. This pattern aligns with how Gen Z and younger millennials communicate, turning everyday moments into mini-stories filled with emojis and hyperbole. As a result, when it comes to the Maxim of Quality, the data shows that in casual chats, being entertaining beats being strictly honest.

The third graph demonstrates the reasons why our respondents violated the maxim of Relation. This bar chart reveals the fascinating ways people dodge, deflect, and dance around questions in everyday messaging. While the Maxim of Relation demands that our responses are relevant to the topic at hand, this graph shows just how often that rule gets cheerfully ignored. Leading the pack at a commanding 18 counts is Indirect response / answer. This is the clear winner. Instead of giving a straight reply, people often offer something tangentially related but not directly on point. It's the verbal equivalent of sidestepping — answering the spirit of the question without actually answering it. You see this in replies like "The restaurant was nice" when asked "How was the date?" or "I walked up the stairs today" when asked about a gym routine. Hot on its heels with 16 counts is Irrelevant answer / humor. This category captures the playful chaos of What`s App conversations. Rather than staying on topic, people throw in jokes, memes, random facts, or absurd comments — "Math is a social construct" when asked for homework help, or "It was already emotionally broken" when asked who broke the vase. Humor becomes a deflection tool, keeping the mood light while completely abandoning relevance. In third place with 13 counts sits Avoidance. These are the moments when the person simply refuses to engage with the question at all. They might change the subject, go silent, or give a non-committal shrug-like response. It's the digital version of "I'd rather not talk about that." The medium frequency bars tell their own interesting stories: the first category noticed is: Indirect refusal / justification (9 counts). It indicates people who reject something without actually saying no — for example, "I have to wake up early tomorrow" when asked if they're coming out. They do that politely and indirectly. The second category is: Avoiding explanation (8 counts) which represents those who acknowledge the question but refuse to give any explanation for that. The third, smallest group is that of Irrelevant support (3 counts) means encouraging or offering on an irrelevant issue. As we analyse the overall trend of this diagram, there is one obvious conclusion to draw: Relation violations are mostly based on social skills rather than sheer laziness.

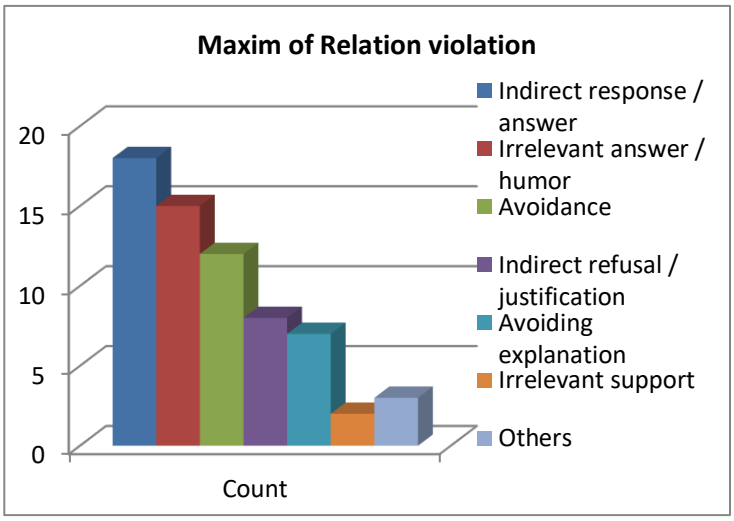


Figure 1. Maxin of Relation Violation.

The overwhelming preference towards indirect answers and humor is a rather strong signal that in the informal What`s App chats people tend to prioritize a good mood rather than provide answers that are related to the topic under discussion. There is much more priority to have a good mood than to be strictly relevant. Such phenomenon is widespread in the texting society, when sometimes providing an answer can seem to be too direct and harsh. Thus, people prefer to use humor, deflection, and emojis to reply. Indirectness and humor are so frequent that it can be considered that in conversations people more often prefer to play a game than discuss some issue or topic. In general, it means that in relation to the Maxim of Relation, people tend to sacrifice the relevance of their utterances for other things such as mood, deflection, or humor.

This bar chart (figure 4) takes us into the confusing world of Grice's Maxim of Manner. This maxim functions on three main aspects: we should communicate clearly, avoid ambiguity, and be orderly. Conversations on What`s App, however, tend to favour creative ambiguity over clarity. The undisputed leader, having an incredible number of ~20 counts, is Ambiguous answer / wording. This type is undoubtedly the most frequent one to violate the Maxim of Manner. It includes all of those mysterious answers like "Maybe 👀", "Technically yes", "It's complicated 😭", and even more complicated "Define clean 😭". The author deliberately remains vague, leaving the recipient with the task of guessing their true intentions.

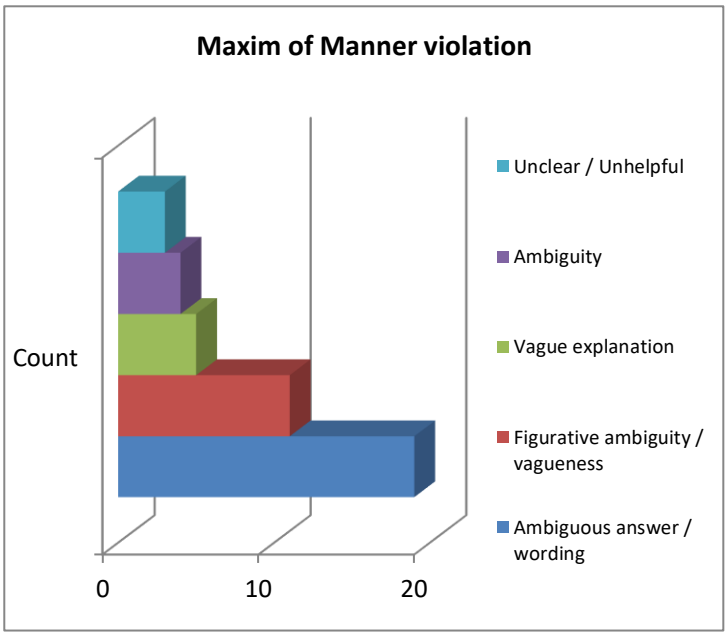


Figure 2. Maxim of Manner Violation.

The second runner-up with approximately 12 counts is Figurative ambiguity / vagueness. As the name implies, this type covers those poetic and meme-filled answers that do not really say anything. All of those things like "the vibes were off", "loading…⏳", "emotionally unavailable ✨", and "I was fighting demons 💀" belong here.

Moving further down, there can be found that Vague explanation (6+ times) include brief explanations that do not help in understanding the situation. Then, there comes Ambiguity (5+ times), which create general ambiguity in meaning. Furthermore, Unclear/Unhelpful option is present with (4+ times). This refers to the smallest group of replies, which are neither helpful nor understandable. The analysis provided by the graph reveals a lot of information about current texting etiquette. First of all, manner violations take place mostly in intentional ambiguity. The difference is that quality violations (exaggerations) and relation violations (irrelevance) are different from the ones discussed here.

People are not lost; they choose to stay ambiguous because of several reasons. One of them is ambiguity, as a way to shield them from commitment ("Maybe"). Another option is the dialogue that means remaining playful without too much tension. The next reason is the person is able to stay away from stating their position or making decisions and lastly, they add character to their conversation using figures of speech and memes. It becomes clear that there is an absolute prevalence of ambiguity and figurative language in this context because in a casual What`s App dialogue mystery and elegance become more important than clarity. To express an idea directly may appear as a violation, and people tend to cover their thoughts with a fog of emojis, vagueness, and metaphors. In conclusion, in relation to the Maxim of Manner, the data revealed that in a day-to-day What`s App dialogue people tend to sacrifice clarity.

Another interesting revelation from the pie chart below relates to Grice's Maxim of Quantity. This maxim implies an appropriate quantity of information, not too much and not too little. However, on What`s App, participants seem to violate this maxim rather often, usually providing too little information. Indeed, the biggest proportion of the pie chart (32%) goes to "Too little information". These are the extremely short messages where one just responds with a bare minimum of information required, such as a simple "K." or "Too much 😭" or "Chaos." to a question about what happened in class. Just behind, at 29%, comes Incomplete explanation / details. This category represents answers where one gives only part of the explanation and fails to finish the entire picture. "The restaurant was nice." for a question regarding a date night is just an example of an incomplete answer. The third significant portion, Insufficient detail at 21%, covers replies that are a bit more substantial but still frustratingly vague — like “Somewhere in the house” when asked where the backpack is, or “A few hundred maybe 🤔” when asked how many messages were sent. Completing the picture with the smaller slices, there can be found the option of Omission of relevant information (11%) that indicate situations in which one possesses additional information, but decides to withhold it. Then, there is Minimal information option (7%). This is the smallest slice, depicting the most exaggerated examples of brevity (often consisting of emojis and one-word answers only).This graph also shows that different from other maxims, Quantity violations might not be as obvious, yet they can sometimes be the most annoying in real-life conversations. As seen on the pie chart, there is an evident inclination towards minimizing information rather than maximizing it. Indeed, in the world of What`s App, people tend to minimize their input rather than ramble on endlessly. This pattern suggests several things. First, many users are disorientated, busy, or simply not in the mood to type long responses. Second, there’s a cultural acceptance of short, low-effort replies in casual texting. Third, people often use minimal responses as a soft way to express their unwillingness to fully take the message in consideration. Compared to the other maxims, Quantity violations are more passive. While Quality violations are playful and dramatic, Relation violations are socially strategic, and Manner violations are creatively vague, Quantity violations often come across as lazy or uninterested. Thus, when it comes to the Maxim of Quantity, the data shows that in fast-paced

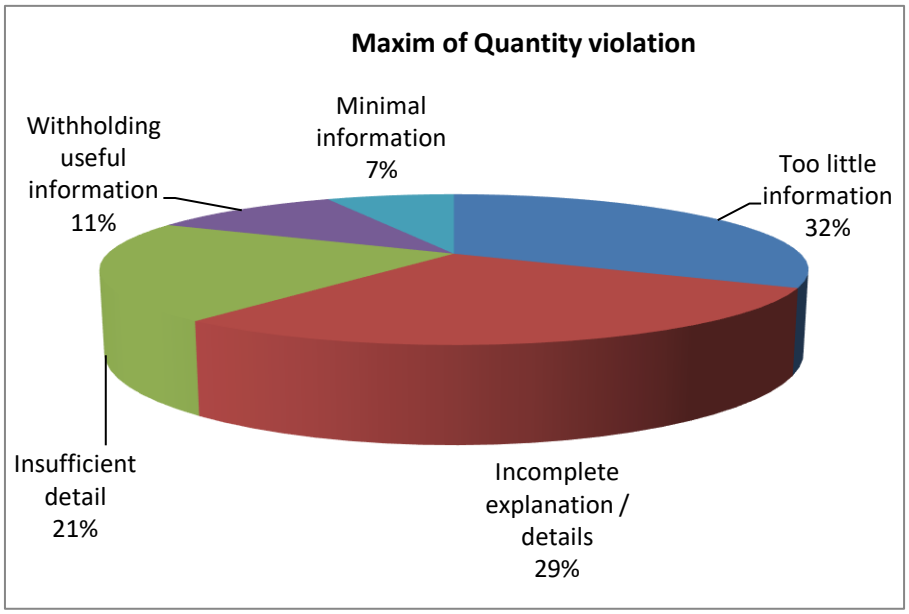


Figure 3 Maxim of Quantity violation

What`s App conversations, people consistently choose brevity over completeness, being just enough to keep the conversation alive, but rarely enough to truly satisfy the question.

CONCLUSIONS

The objective of this paper was to analyze the violation/flouting of Grice's conversational maxims, which are those unspoken norms that govern good conversation, in ordinary chats on What`s App. It has been shown that there is a complex situation with respect to online communication. The informality of online chats on What`s App often results in the violations of conversational maxims. Out of the four maxims, quality and manner were the most commonly disobeyed ones, because people tend to provide either false or unclear information; sometimes they also try to be as clear as possible but lack clarity.

It is important to mention that violations of maxims do not necessarily result in misunderstandings. On the contrary, the users of What`s App have learned how to interpret pragmatically their messages containing some kind of pragmatic shortcuts. With the help of common background, including previous conversations or the nature of user relationships, as well as popular abbreviations and emoticons, one can often decode messages even if maxims were violated by the sender. Moreover, a violation of a particular maxim can often become an effective means of communication. A violation of any of the above-mentioned maxims can be used to create humor, convey the emotional message, be it sarcasm, excitement or dissatisfaction, or just improve the flow of a conversation making it quicker and clearer.

Thus, this paper demonstrates the contemporary validity of the theory put forward by H. P. Grice in an era where digital communication has become a major medium of expression. Instead of viewing his theory as something outdated, it becomes apparent that its principles can be applied to today's social media platforms such as What`s App. With the help of a thorough analysis of how the conversational maxims may be violated, this paper makes a contribution to the knowledge that there are certain ways for individuals to communicate cooperatively and productively through language.

REFERENCES

Crystal, D. (2006). *Language and the Internet* (2nd ed.). Cambridge University Press.

Danesi, M. (2016). *The semiotics of emoji: The rise of visual language in the age of the internet*. Bloomsbury Publishing.

Grice, H. P. (1975). Logic and conversation. In P. Cole & J. L. Morgan (Eds.), *Syntax and semantics: Vol. 3. Speech acts* (pp. 41–58). Academic Press.

Levinson, S. C. (1983). *Pragmatics*. Cambridge University Press.

Tagg, C. (2015). Exploring digital communication: Language in action. Routledge.

Yule, G. (1996). *Pragmatics*. Oxford University Press.

NOSTALGIA, SERIES AND IMAGINED EMPIRES: HOW TV SERIES REWRITE HISTORY

Asst. Prof. Sheyla Moroni
Department of Social and Political Science, University of Florence
ORCID: ID/0000-0002-0219-7228

Abstract
Over the last fifteen years, historical television series have become central instruments in the construction of the contemporary imaginary, assuming the role of genuine symbolic archives of the past. This article analyzes the relationship between nostalgia, seriality, and the representation of imagined nations and empires, showing how contemporary period drama does not merely reconstruct history but rather produces interpretations of the past filtered through present-day fears, political tensions, and identity-based desires. From this perspective, historical fiction can be interpreted as a form of "science fiction of the past," capable of transforming historical memory into a shared emotional and cultural experience.
Drawing on Benedict Anderson's concept of "imagined communities," the article highlights the role played by global streaming platforms in disseminating new forms of cultural and national belonging. Algorithms privilege familiar, nostalgic, and easily recognizable content, thereby transforming historical nostalgia into a genuine industrial strategy. Series such as The Crown, Downton Abbey, and Peaky Blinders elaborate an imperial nostalgia linked to British institutional continuity, the crisis of elites, and the myth of an ordered past. At the same time, Babylon Berlin uses the Weimar Republic to reflect upon contemporary democratic fragilities and the rise of populism.
The analysis also extends to Asian, African, and Indian productions, demonstrating how historical seriality has become a tool of global cultural soft power. In China, productions such as Empresses in the Palace and The Long Ballad reinterpret the dynastic past as a symbol of political and cultural continuity. South Korean historical K-dramas, such as Kingdom and Mr. Sunshine, combine national memory, colonial trauma, and cultural diplomacy, while Indian productions such as Sacred Games and Heeramandi reinterpret colonialism, urbanization, and identity conflicts within the global context of streaming culture.
Particular attention is devoted to the linguistic and diasporic dimension of contemporary seriality. Multilingual series such as Pachinko demonstrate how digital platforms become spaces of identity reconstruction for migrant communities, while the aestheticization of history through costumes, set design, and social media practices renders the past increasingly "Instagrammable" and globally consumable.
In conclusion, the primacy of contemporary historical series depends upon their ability to reflect present anxieties and hopes. The global fascination with lost kingdoms, declining aristocracies, and imagined empires does not represent mere nostalgic escapism, but rather constitutes a way through which contemporary societies reflect upon the crisis of political and cultural belonging. Rather than simply narrating the past, these productions use it as a symbolic language through which to interrogate the present, ultimately asking what it means today to belong to an "imagined community."
Keywords: TV Series; Empires; Streaming Platforms; Cultural Soft Power; Identity

Introduction

Over the last fifteen years, historical television series have become one of the most influential instruments in the construction of the contemporary cultural imaginary. Far from being simple entertainment products, period dramas increasingly function as symbolic archives through which societies reinterpret the past, negotiate collective identities, and articulate anxieties about the present. Streaming platforms, transnational audiences, and the globalization of audiovisual production have transformed historical seriality into a global phenomenon that influences perceptions of nations, empires, memory, and belonging.
Historical television fiction no longer merely "reconstructs" history in a traditional sense. Rather, it creates emotional and symbolic interpretations of the past filtered through contemporary political fears, identity conflicts, and nostalgic desires. This process confirms what Federico Fellini once defined as a

form of "science fiction of the past": a reconstruction not necessarily focused on historical accuracy but on creating a recognizable and emotionally resonant atmosphere that speaks to contemporary viewers.
The distinction between historical drama and period drama is useful in understanding this phenomenon. Historical dramas generally focus on real historical events and historical figures, while period dramas tend to use fictional protagonists placed within recognizable historical settings. However, contemporary seriality often merges these categories. The need for long-form storytelling, repeated narrative arcs, and audience engagement inevitably produces interpretative gaps that are filled through creative invention, emotional simplification, and symbolic condensation.
From this perspective, television fiction becomes an essential field for understanding how nations and empires are imagined in contemporary culture. Benedict Anderson's concept of "imagined communities" remains fundamental in explaining how media contribute to the creation of collective identities. Today, however, streaming platforms have expanded Anderson's framework by enabling global audiences to participate simultaneously in multiple imagined communities, often detached from territorial boundaries.
This article analyses how contemporary television series reinterpret the past through nostalgia and seriality, focusing particularly on the representation of nations, empires, and transnational identities. Through examples drawn from British, German, Chinese, Korean, African, and Indian productions, the paper examines how seriality functions simultaneously as cultural memory, soft power, and political allegory.

Television Fiction and the Construction of National Imaginaries

Television series act simultaneously as mirrors, amplifiers, and producers of contemporary cultural tendencies. Because they are fundamentally commercial products, they tend to reflect dominant anxieties and desires already present within society. Yet precisely because of this, they become powerful mechanisms capable of naturalizing certain visions of history and identity.
The central question for historians is therefore whether the capacity of television fiction to consolidate historical imaginaries operates in continuity with, in competition with, or in opposition to professional historiography. Historical seriality often simplifies chronology, compresses events, and privileges emotional coherence over documentary accuracy. Nevertheless, its cultural influence is enormous because it provides viewers with accessible symbolic frameworks that make the past understandable and emotionally meaningful.
The heart of the period drama lies less in the precise reconstruction of events than in the ability to capture the "feeling" of an era. Historical television fiction creates what Jerome de Groot defines as "historical affect": a sensory and emotional relationship with the past. Viewers are invited not simply to learn history, but to inhabit it emotionally through costumes, architecture, music, language, and recurring visual tropes.
This emotional dimension becomes particularly relevant when series address nations and empires. Television fiction often reduces complex historical realities to a series of recognizable themes: multicultural coexistence, imperial order, religion, linguistic unity, social hierarchy, capitalism, inclusion, or national decline. In doing so, it transforms history into a symbolic language through which contemporary political tensions are negotiated.
Recent scholarship has increasingly focused on the relationship between television fiction and the construction of national imaginaries. Particularly significant contributions have emerged from the Hispanic and Asian academic worlds, where scholars have examined how serial narratives participate in the redefinition of national identities within postcolonial and globalized contexts. The Spanish case is especially revealing because contemporary Spain simultaneously confronts regional nationalisms, post-imperial memory, and the cultural legacy of its colonial past.
Television fiction frequently situates action within clearly identifiable national spaces. Consequently, the representation of linguistic and cultural traits becomes central to the construction of national identity. Stereotypes, dialects, landscapes, and historical symbols function as recognizable markers through which viewers emotionally identify with the imagined community represented on screen.
At the same time, the globalization of streaming platforms complicates these processes. Platforms such as Netflix, Amazon Prime, Disney+, and Viki distribute national narratives to international audiences, transforming local histories into globally consumable products.

Algorithms privilege emotionally recognizable and visually attractive content, reinforcing nostalgic and familiar representations of the past.

Nostalgia and Imperial Imaginaries

One of the most visible tendencies within contemporary historical seriality is the return of imperial nostalgia. The fascination with declining aristocracies, imperial courts, monarchies, and imagined "golden ages" reflects broader anxieties connected to globalization, political instability, and social fragmentation. In this context, nostalgia functions not simply as a longing for the past, but as a cultural mechanism through which contemporary societies negotiate present uncertainties. As Svetlana Boym argues, contemporary nostalgia oscillates between "restorative nostalgia," which idealizes a lost collective order, and "reflective nostalgia," which remains conscious of the fractures separating past and present.

British television has played a central role in shaping this nostalgic imaginary. Productions such as *Downton Abbey* and *The Crown* present British history through narratives centred on institutional continuity, aristocratic refinement, and national resilience. In *Downton Abbey*, the aristocratic estate becomes a metaphor for the British nation itself: threatened by modernity yet capable of survival through adaptation. Costumes, architecture, rituals, and landscapes transform the past into an emotionally consumable spectacle, reinforcing the perception of a coherent social order absent from contemporary society.

Similarly, *The Crown* stages the monarchy as a symbolic mediator between historical continuity and contemporary instability. Rather than merely recounting political events, the series humanizes state institutions through the intimate lives of the royal family, presenting the monarchy as a stabilizing force during periods of crisis. In both productions, nostalgia operates through selective memory: colonial violence, exploitation, and racial conflict are often marginalized in favour of narratives emphasizing dignity, refinement, and institutional order. This dynamic reflects what Paul Gilroy defines as "postcolonial melancholia," namely the unresolved relationship between former imperial powers and their colonial past.

Other productions such as *Victoria* and *The Gilded Age* similarly aestheticize elite culture and aristocratic power while incorporating limited forms of social critique. Yet these tensions are generally absorbed into narratives that ultimately reaffirm the prestige of dominant classes. This tendency intersects with what Zygmunt Bauman calls "retrotopia": the search for security in an imagined past perceived as more stable and intelligible than the uncertainties of contemporary "liquid modernity."

Imperial nostalgia, however, is not limited to Europe. Turkish productions such as *Muhteşem Yüzyıl* (*Magnificent Century*) have popularized neo-Ottoman imaginaries throughout the Balkans, the Middle East, and parts of Africa. The Ottoman Empire is represented as a cosmopolitan and culturally sophisticated political order, reflecting contemporary Turkish geopolitical ambitions and neo-Ottoman political discourse. In this context, historical seriality functions as an instrument of regional soft power.

Chinese historical dramas similarly reinterpret imperial dynasties through the lens of nationalism and geopolitical ambition. Productions such as *Empresses in the Palace*, *The Long Ballad*, and *Story of Yanxi Palace* portray imperial China as evidence of political continuity and civilizational resilience. Court hierarchy, discipline, and collective harmony resonate with the contemporary revival of Confucian values promoted by the Chinese state. As Wang Hui suggests, contemporary China increasingly presents itself as a "civilization-state," and historical seriality actively contributes to this symbolic construction.

South Korean productions such as *Mr. Sunshine* and *Kingdom* reinterpret colonial trauma and the crises of the Joseon dynasty to reflect upon modernization, national identity, and institutional fragility. Unlike the reassuring nostalgia of many British dramas, Korean historical fiction often combines nostalgia with dystopian and horror elements, producing a more ambivalent vision of the past.

Russian serial productions dedicated to the Tsarist Empire or the Second World War likewise contribute to narratives centred on patriotic sacrifice and the continuity of the strong state. In many cases, imperial and Soviet nostalgia merge into a single geopolitical imaginary that minimizes historical ruptures in favour of narratives of national greatness.

Even fantasy series participate in these imperial imaginaries. Although not historical in a strict sense, productions such as *Game of Thrones* and *House of the Dragon* mobilize medieval aesthetics and imperial structures to reflect contemporary anxieties surrounding power, violence, and political crisis.

As Fredric Jameson argues, fantasy often functions as a form of "political unconscious," translating present conflicts into distant allegorical worlds.

Contemporary imperial nostalgia is also inseparable from digital platform culture. Streaming algorithms privilege visually spectacular, emotionally recognizable, and globally exportable content, encouraging the circulation of aristocratic and imperial aesthetics across international audiences. Historical fiction thus becomes simultaneously cultural memory, entertainment, and global commodity, consumed through streaming platforms, fandoms, memes, and social media practices.

Historical Fiction as Soft Power

The globalization of television seriality has transformed historical fiction into a powerful instrument of cultural soft power. States increasingly recognize the ability of audiovisual narratives to shape international perceptions, disseminate cultural values, and reinforce geopolitical influence through attraction rather than coercion. As Joseph Nye argues, soft power operates through cultural appeal and symbolic legitimacy, making media production a central component of contemporary cultural diplomacy.

Historical television series now function as transnational symbolic archives capable of circulating national myths, historical memories, and political values on a global scale. Streaming platforms such as Netflix, Amazon Prime, and Disney+ amplify this process by distributing local narratives to international audiences, transforming historical fiction into both a commercial product and a geopolitical tool. In this sense, television seriality participates in forms of "nation branding" and narrative diplomacy, presenting emotionally accessible versions of national history designed for global consumption.

These productions also operate within the sphere of public history. For many viewers, especially younger generations, historical fiction becomes one of the principal ways through which the past acquires emotional meaning. As memory scholars such as Maurice Halbwachs and Jan Assmann suggest, collective memory is not simply preserved through archives or historiography, but through mediated cultural forms capable of generating emotional identification. Historical series therefore mediate between entertainment and pedagogy, transforming history into a shared emotional experience.

South Korea offers one of the clearest examples of this phenomenon. The global success of Korean historical dramas forms part of the broader Korean Wave (*Hallyu*), a cultural strategy combining entertainment, tourism, language promotion, and soft power. Productions such as *Kingdom* and *Mr. Sunshine* merge local historical themes with globally recognizable genres including horror, melodrama, and political thriller. *Kingdom*, for example, combines zombie fiction with Joseon-era political corruption, turning historical trauma into an allegory of inequality, institutional fragility, and social violence. *Mr. Sunshine* addresses Japanese colonialism and modernization through highly aestheticized cinematography designed for transnational audiences.

The Korean case demonstrates how historical seriality operates simultaneously at national and global levels. Local historical memory is translated into globally understandable emotional codes, allowing audiences unfamiliar with Korean history to engage through genre conventions and visual spectacle. This strategy is reinforced by state institutions such as the Korea Creative Content Agency (KOCCA), which actively supports the international circulation of Korean media products as part of South Korea's cultural diplomacy.

Indian productions similarly reinterpret colonial history, postcolonial tensions, and urban modernity through globally accessible narrative forms. *Sacred Games* uses contemporary Mumbai to explore corruption, religious conflict, and social fragmentation, presenting the city as both national microcosm and global metropolis. More recent productions such as *Heeramandi* combine melodrama, nostalgia, and visual excess to revisit colonialism and partition through spectacular aesthetics. Here, historical memory becomes inseparable from sensory consumption: architecture, costumes, music, and urban space create immersive experiences aimed at international audiences.

Bollywood increasingly participates in this broader soft power strategy. Historical epics and patriotic dramas frequently emphasize heroism, resilience, and civilizational continuity, contributing to the international projection of India as a culturally rich and politically significant nation. Many productions are also directed toward diaspora audiences, reinforcing emotional and linguistic ties between migrant communities and the homeland.

African productions have likewise become increasingly important within global media circulation. Nigerian Nollywood cinema and television, particularly productions inspired by Yoruba imperial history and postcolonial memory, combine oral traditions with contemporary concerns surrounding nationalism, migration, and urbanization. These narratives contribute to the reconstruction of cultural identities often marginalized within Western historiography, while simultaneously positioning Nigeria as a regional cultural power.

Streaming platforms play a crucial role in accelerating these dynamics. Algorithms privilege visually spectacular, emotionally engaging, and globally exportable narratives, encouraging the production of "glocal" content: local stories designed for international circulation. Historical fiction thus becomes part of what some scholars define as platform diplomacy, where cultural influence is mediated not only by states but also by digital infrastructures and algorithmic visibility.

Diaspora audiences occupy a central position within this system. Streaming services allow migrant communities to maintain emotional and cultural connections with their countries of origin through language, memory, and shared narratives. Historical series become affective spaces where diasporic identities are negotiated and reproduced across borders. Korean immigrants in the United States, Indian communities in the Gulf, or African diasporas in Europe consume media from their homelands not only as entertainment, but also as forms of cultural continuity and symbolic belonging.

From the perspective of public history and media studies, historical seriality therefore performs a dual function. On one hand, it democratizes access to historical narratives by translating complex events into emotionally accessible stories. On the other, it inevitably produces selective and simplified representations shaped by market logics, geopolitical interests, and algorithmic visibility. Historical fiction emphasizes certain memories while marginalizing others, privileging narratives compatible with desirable national identities and globally consumable aesthetics.

Ultimately, contemporary historical seriality reveals how cultural memory, entertainment, and geopolitical strategy have become increasingly interconnected in the digital age. Historical television series no longer simply represent the past; they actively participate in the construction of national imaginaries, transnational identities, and global symbolic power.

The Linguistic and Diasporic Dimension

Language represents one of the central dimensions through which television fiction constructs nations, diasporic identities, and imagined communities. As Benedict Anderson argues, collective belonging is often built through shared linguistic spaces rather than strictly territorial boundaries. In the age of global streaming platforms, this process has expanded beyond the nation-state: subtitles, dubbing, and multilingual narratives allow historical series to circulate across transnational audiences, transforming language into a vehicle of cultural memory and symbolic affiliation.

Streaming services such as Netflix, Disney+, and Apple TV+ actively support this circulation through extensive subtitling and dubbing infrastructures, enabling viewers to consume narratives produced outside their own linguistic contexts. Historical fiction therefore becomes both globally accessible and locally resonant. Diasporic audiences, in particular, use these platforms to maintain emotional and cultural connections with their countries of origin, turning streaming media into spaces of mediated belonging and digital memory.

Multilingual productions increasingly reflect the fragmented realities of migration and transnational identity. *Pachinko* offers one of the clearest examples of this phenomenon. Combining Korean, Japanese, and English dialogue, the series narrates the experience of Korean migrants in Japan across multiple generations. Language functions simultaneously as a marker of exclusion, a mechanism of identity preservation, and an indicator of shifting power relations. Korean is associated with intimacy, family, and cultural continuity; Japanese reflects assimilation and marginalization; English signals mobility and globalization. The multilingual structure of the series mirrors the unstable and negotiated nature of diasporic identity itself.

This dynamic can also be observed in productions such as *Narcos*, which alternates between Spanish and English to transform a specifically Colombian historical context into a globally consumable narrative, and *Fauda*, where Hebrew and Arabic coexist to reflect the linguistic and political tensions of the Israeli-Palestinian conflict. Similarly, *Sense8* uses multiple languages to construct a transnational emotional community that transcends national borders. In all these cases, multilingualism is not merely

a stylistic choice but a narrative strategy that reflects globalization, migration, and hybrid identity formation.

Historical seriality also increasingly incorporates dialects, regional accents, and minority languages to reinforce emotional authenticity and historical atmosphere. Audiences frequently associate accented speech and multilingual dialogue with historical realism, even when these reconstructions remain selective or stylized. Yet the use of language in television fiction is always shaped by market logic. Languages associated with large diasporic communities or commercially significant audiences receive greater visibility, while politically sensitive or marginalized languages often remain excluded or simplified.

This tension reveals the broader relationship between cultural authenticity and platform capitalism. Streaming platforms rely on algorithmic visibility and international accessibility, encouraging productions to adopt linguistic forms capable of circulating globally without becoming incomprehensible to wider audiences. As a result, many historical dramas employ hybrid linguistic strategies: dialogue appears historically authentic while remaining emotionally and commercially accessible.

From the perspective of public history and memory studies, multilingual television seriality functions as a form of mediated collective memory. Scholars such as Maurice Halbwachs and Jan Assmann emphasize that memory is socially produced and transmitted through cultural forms rather than preserved solely in archives or historiography. Historical television series therefore become affective archives where language itself preserves experiences of migration, exile, trauma, and belonging.

Digital platforms intensify this process by transforming historical fiction into participatory transnational culture. Diasporic viewers engage with series through subtitles, fan communities, memes, and online discussions, producing new forms of shared memory that transcend national borders. In this sense, language becomes both a medium of historical representation and a geopolitical instrument of soft power. States and media industries increasingly export culture through globally circulating multilingual productions capable of reaching diasporic audiences while simultaneously introducing international viewers to specific national histories and identities.

Ultimately, contemporary historical seriality demonstrates how linguistic representation has become inseparable from globalization, migration, and digital media infrastructures. Television fiction no longer simply narrates the past within national frameworks; it constructs transnational spaces of memory and belonging where language functions simultaneously as identity marker, emotional archive, and global cultural commodity, progressively reproducing imperial structures and imaginaries

Platform Localization Strategies

Global streaming platforms systematically support multiple languages to maximize reach. Key data and policies include:

- Netflix: 33 subtitle languages and 36 dubbing languages are currently available. Netflix invests in local language tracks for hit titles (e.g. *Squid Game* was subtitled in 37 languages, dubbed in 22). Its policy emphasizes "make it easy to find titles in your language" and tools like customizable subtitles. Netflix's recent updates allow mixed audio/subtitle preferences and expansion of language menus to TV apps.
- Amazon Prime Video: Also supports extensive localization (exact counts vary by region). For example, Amazon has invested in dubbing original content into major languages (Hindi, Spanish, German, etc.) and subtitles in dozens of languages. Amazon often follows Netflix's lead in key markets. (No official global count was available at press time.)
- Disney+: Focuses on regional dubbing/local titles, but generally fewer languages than Netflix. Disney+ often provides subtitles in all markets and dubbed tracks for major shows (e.g. Marvel, Star Wars franchises) in ~20 languages depending on region. They also localize branding (titles, marketing) per country.
- Apple TV+: Apple's subscription service tends to release shows simultaneously worldwide with subtitles and multiple dubs (English, French, German, Spanish, etc.). Apple requires all shows to be captioned and offers audio in at least 3-4 languages at launch. It also highlights multilingual series (e.g. *Liaison* in English/French).

- Others: Regional services (e.g. China's iQIYI, Middle Eastern StarzPlay) similarly prioritize local languages and often add English subs for export.

Overall, the industry trend is clear: localize everywhere. Platforms consider language tracks critical for user engagement and retention.
From a public-history perspective, multilingual dramas function as pedagogy: they teach viewers about history in an engaging way. By incorporating authentic or stylized language, these series create a sense of *historical affect* – an emotional resonance with the past. This emotional dimension (a term used by De Groot and others) makes the history feel vivid and present. At the same time, memory studies warn that media narratives can be selective: as Halbwachs noted, collective memory is constructed and subject to power. TV series edit and stylize dialects or aging speech to reinforce a desired vision of history. Svetlana Boym's ideas on nostalgia also apply: some shows indulge in restorative nostalgia (idealizing a golden age language) while others are more reflective (highlighting lost tongues or mixing modern speech to signal rupture). Bauman's concept of *retrotopia* could describe how audiences find comfort in "simpler" linguistic pasts.
Media scholar Hoskins observes that television shapes cultural memory by embedding historical events in *archives of the screen*. Multilingual content broadens the range of memories included: a diaspora character speaking their heritage language brings minority histories into the mainstream narrative. Thus, these dramas act as *public histories*, not just entertainment. They influence what viewers "learn" about history and identity, often under the guise of neutral storytelling. For example, the choice to use Yiddish in *Unorthodox* taught global audiences about Hasidic life, impacting perceptions of Jewish history. Public history theory suggests that such narratives are co-produced by media makers and audiences, meaning that linguistic authenticity can be a site of memory politics: deciding which languages and dialects are preserved or erased on screen is as political as choosing events to dramatize.

Urban Spaces, Territory, and Imagined Geographies
Contemporary historical seriality frequently reimagines territory through symbolic urban spaces. Cities increasingly function as metaphors for broader political, cultural, and historical transformations.
Modern global discourse increasingly relies upon the idea of "greater" spaces: Greater London, Greater China, Greater Albania, or transnational metropolitan regions. Television fiction reflects these imaginaries by representing cities not merely as settings, but as autonomous symbolic entities.
Series such as Babylon Berlin use urban space to represent political fragmentation, modernity, and democratic crisis. Berlin itself becomes a metaphor for Weimar instability and contemporary fears surrounding populism and authoritarianism.
The visual representation of the city emphasizes decadence, excess, violence, and social polarization. Yet this historical reconstruction simultaneously serves as commentary on contemporary European anxieties about democracy, economic instability, and political extremism.
Similarly, series such as The Knick and Magic City use urban environments to explore broader transformations in capitalism, medicine, race relations, and modernity. The city becomes a laboratory through which historical and contemporary tensions intersect.
Indian and Latin American productions frequently place metropolitan spaces at the centre of their narratives. In these series, the city functions simultaneously as national microcosm and globalized space shaped by migration, inequality, and cultural hybridity.
By contrast, many European productions continue to privilege aristocratic estates, castles, and nostalgic rural landscapes. These spaces symbolize continuity, rootedness, and social hierarchy in opposition to the instability associated with urban modernity.
The representation of territory therefore reveals broader ideological tensions concerning globalization, identity, and belonging. Television fiction participates actively in redefining the symbolic geography through which audiences imagine nations and empires.
Contemporary historical TV dramas often treat cities themselves as symbolic spaces that reflect broader political and cultural tensions. In this view, the metropolis becomes more than a backdrop – it is an active character, embodying themes of modernity, crisis, or transformation. Indeed, scholars note that *"the mediated image of Berlin became an imagined city, a city where twentieth-century history is present in locations, sets and iconic buildings, and a city with a brand value"*.

In other words, Berlin in *Babylon Berlin* serves as a living palimpsest of Weimar-era instability and contemporary anxieties. The urban landscape (Alexanderplatz, Potsdamer Platz, the Reichstag etc.) is shown scarred by history, letting the series comment on democratic crisis and social fragmentation.

- Cities as Metaphors of Modernity: Series like *Babylon Berlin* use the cityscape to symbolize the rise (and fall) of modern life. Glittering cabarets, dark alleyways, and grand boulevards evoke decadence, excess, and polarization of Weimar society. The Knick (set in 1900s New York City) similarly makes early-20th-century Manhattan a crucible for capitalism, medical innovation, and racial conflict. Magic City (1950s Miami) turns postwar Miami's neon hotels and mob-run casinos into a microcosm of Cold War-era commerce and corruption. In all these cases, the city's architecture and public spaces carry weight: they visually contrast progress and decay.
- Cities as Political Landscapes: Urban settings often mirror ideological tensions. *Babylon Berlin*'s Berlin is emblematic of democratic collapse, as extremist politics erupt on its streets. In Indian historical dramas (e.g. those set in colonial Bombay or Delhi) and Latin American series (often set in Mexico City, Rio de Janeiro or São Paulo), the city likewise becomes a stand-in for national upheaval. These metropolitan narratives highlight migration, inequality, and cultural hybridization. For instance, the portrayal of Mumbai in many Indian series captures both Bollywood glamour and slum hardship, reflecting India's postcolonial identity struggles. Similarly, Latin American shows foreground cities as sites of revolution and social change (e.g. Medellín or Bogota in narco-dramas, where urban violence underscores political conflict).
- Globalized "Greater" Spaces: Modern discourse increasingly imagines transnational metropolitan regions – "Greater London," "Greater China," "Big North China," "Mumbai Metropolitan Region," etc. Television fiction participates in this by depicting cities as part of wider geographies. For example, a series might show how Shanghai's skyline links Mainland, Hong Kong and Taiwan markets, or how London's diversity reflects a "Greater Europe." While there is less scholarly work directly on this TV trope, the concept matches how networked cities function economically and culturally across borders. Such portrayals implicitly challenge old national borders, substituting them with urban networks.
- Contrast with Rural/Nostalgic Spaces: By contrast, many European period dramas continue to privilege aristocratic estates, castles, and pastoral settings. Think of *Downton Abbey* or *Upstairs Downstairs*, which root their narratives in country houses. These settings symbolize continuity, tradition, and social hierarchy – they comfort audiences with stable, seemingly ordered worlds. In ideological terms, country estates in TV often embody a nostalgic ideal of unity and order, set against the chaos of city life. Thus, television creates a geography of virtue: the city is volatile and modern, the countryside is stable and traditional. This dichotomy mirrors Bauman's notion of nostalgia for solidity amid modern "liquidity."
- City as Laboratory of Change: Importantly, urban settings allow dramas to explore multiple themes at once. In *The Knick*, New York City's hospitals and tenements become laboratories for examining early capitalism, medical ethics, and race relations. Magic City's Miami spa resorts and highways permit discussions of Cold War politics, economic ambition, and even the beginnings of the modern drug trade. Cities naturally concentrate diverse social forces, so a single location like a hospital or hotel can reflect nationwide transformations. Similarly, Indian series like *Delhi Crime* or *Leila* use Delhi and Mumbai to interrogate caste, colonial legacies, and migration. Latin American series use cityscapes to weave together class struggle, neo-liberalism, and resistance. In each case, the "city" in fiction is a metonym: its streets and neighborhoods stand for an entire society's narrative.

In sum, historical TV seriality actively redefines symbolic geography. By centering narratives on cities, these series engage audiences in imagining new maps of identity and power. A metropolis in these shows is never neutral – it carries the memory of empire, the scars of war, or the promise of progress. As one theorist of European TV notes, such dramas turn cities into sites where *"cultural encounters"* with history happen, creating a kind of "prosthetic memory" for viewers. This allows television to participate in public history: it teaches and reminds viewers about the past through the very places they see on screen. The emphasis on urban vs. rural spaces also exposes ideological lines: globalization and instability versus rooted tradition.

Urban representations in contemporary television seriality are also part of a broader process of the "re-imperialization" of the political and cultural imaginary. Global metropolises are no longer represented simply as national cities, but as nodes within transnational networks that increasingly recall the imperial forms of the past. London, Shanghai, Istanbul, Moscow, and Mumbai frequently appear as symbolic capitals of geopolitical spaces extending far beyond the boundaries of the nation-state, evoking forms of centrality, hierarchy, and integration historically associated with empires. In this sense, television seriality contributes to the reactivation of an imperial mentality grounded in the idea of vast multicultural spaces, supranational economic networks, and composite identities organized around dominant urban centres.

Cities thus become symbolic laboratories in which the imperial past is reinterpreted through the lens of contemporary globalization. Productions such as *Babylon Berlin*, Turkish neo-Ottoman series, and many Chinese dramas set in imperial capitals depict metropolises shaped by migratory flows, linguistic plurality, ethnic tensions, and concentrations of power that resemble the structures of historical empires more than those of the modern nation-state. This representation also resonates with Hardt and Negri's concept of "Empire" as a decentralized yet culturally hegemonic global political form, as well as with Appadurai's theories of transnational flows redefining space, identity, and sovereignty. Historical fiction, therefore, does not merely narrate the empires of the past, but actively contributes to normalizing a new geopolitical imagination of the present, in which global cities increasingly assume imperial characteristics.

Social Media, Aestheticization, and the "Instagrammable" Past

Another essential characteristic of contemporary historical seriality is the increasing aestheticization of the past. Streaming platforms and social media encourage productions to privilege visually spectacular imagery that can generate online circulation.

Historical costumes, architecture, aristocratic rituals, and urban landscapes become highly shareable visual commodities. The past is transformed into an "Instagrammable" experience designed for digital consumption.

This phenomenon contributes to the simplification and emotionalization of historical memory. Complex historical conflicts are frequently reduced to recognizable visual aesthetics and emotionally accessible narratives.

The popularity of productions such as Bridgerton demonstrates this tendency clearly. Although not strictly historical in a traditional sense, the series combines Regency aesthetics with contemporary sensibilities regarding race, gender, and sexuality. Historical authenticity becomes secondary to emotional accessibility and visual pleasure.

The digital circulation of historical imagery also intensifies nostalgic consumption. Fans actively recreate costumes, share scenes, produce memes, and transform historical fiction into participatory online culture.

As a consequence, the boundary between history, memory, entertainment, and consumer culture becomes increasingly blurred.

In contemporary historical TV series, the past is increasingly treated as an *aesthetic experience* to be consumed. Streaming platforms and social media, in fact, prioritise visual impact: sumptuous costumes, grandiose sets, aristocratic courts and period cityscapes are designed to be shared online. In other words, history becomes 'Instagrammable': a visual product to be photographed and shared. Photographs of period costumes and sets, short videos of period dances, and images of castles and palaces circulate across social media, transforming every scene into viral content. This process turns historical narrative into a series of tableaux vivants of high aesthetic value. This trend is driven by the platforms' commercial strategies: a visually striking show attracts more attention and generates *virality*. It is no coincidence that Netflix and others invest in meticulously crafted trailers, Instagram-worthy posters, and themed Snapchat filters. In short, the drive towards narrative spectacle and rapid online circulation produces a romanticised and simplified view of the past. Today's viewers see historical stories through a glamorous filter: they focus more on the characters' feelings and the beauty of the scenes than on objective historical reality.

- The Impact of Spectacular Images: Historical series focus on the *visual masterpiece*. Tombs, perfectly tailored period costumes and baroque interiors function as 'sound objects', according to

Barthes's concept: they evoke immediate aesthetic pleasure. The series *Bridgerton* (Netflix) is a striking example: its pastel-coloured costumes and elegant Regency drawing rooms are designed to catch the eye. *The Crown*, on the other hand, showcases crowns, wigs and royal residences in the foreground. In both cases, historical authenticity gives way to visual spectacle: the past is reconstructed like a film or a photo shoot, not as a rigorous historical document. The result is that the viewer remembers the aesthetics (the gilded or romantic look) more than the complex historical details.

- Emotional Simplification of History: The focus on beauty and emotional impact tends to simplify historical conflicts. Complex plots and social tensions are reduced to emotional narratives that are easily recognisable. For example, *Bridgerton* blends the Regency setting with modern themes of race, gender and sexuality: the series comes across almost as a *soap opera* rather than a meticulous study of 1813 England. Historical antagonisms (social classes, imperialism, etc.) are downplayed or sidestepped with melodramatic plot twists. In essence, the crises of an era (wars, inequalities) become the blurred backdrop to a story of love or power, easily digestible by the audience. The aim is to *trigger emotions (romance*, tension, empathy) rather than to inform.

Audience Participation and Digital Culture: Aestheticisation generates a participatory culture. Fans are no longer passive spectators but become content creators. They wear costumes inspired by the series (cosplay), recreate historical scenes in amateur photographs, and share memes and fan art. Entire online communities reconstruct Regency or medieval knight outfits, reimagine dialogues and create themed music playlists. For example, many young women on Instagram and TikTok showcase their Bridgerton-inspired outfits, whilst content creators launch 'historical' make-up challenges. This visual cycle continues to fuel the series' popularity: every costume or set becomes social merchandising. It could be said that history enters mass culture as digital pop culture: the past is experienced 'from the bottom up' through clicks and likes. Blurred Boundaries between History, Memory and Entertainment: The result is that the boundary between history, collective memory and entertainment is becoming increasingly blurred. 'Real' history – with all its complexities and nuances – blends with glamorous fiction. The historian searching for facts and documents finds themselves competing with the influencer promoting the latest Napoleon-style ball gown. Public memory suffers too: people often recall an era through picturesque photographs rather than the underlying causes of events. As in a process of commodification, the past becomes an aesthetic resource to be consumed.

This argument is based on studies in media and cultural history that examine the 'visual gentrification' of the past (e.g. Rosenstone's concept of *historiophoty*) and on analysis of the online phenomenon. A concrete example is the circulation of *Bridgerton* stills on Instagram, or the trend of recreating historical dances on TikTok. The widespread use of hashtags such as #CostumeDrama highlights the circulation of images themselves as objects of consumption. These observations draw on academic sources on digital media and *cultural memory* (Anderson, Halbwachs, Boym) and on reports on streaming marketing (e.g. Netflix Insights).

The "Instagrammable" aesthetic of contemporary historical seriality also helps explain why imperial imaginaries have returned so powerfully within global media culture. Empires are particularly adaptable to digital visual culture because they provide spectacular and immediately recognizable imagery: monumental architecture, royal ceremonies, military parades, luxurious costumes, palaces, crowns, and cosmopolitan capitals generate strong visual impact and circulate easily across social media platforms. Imperial settings are therefore more "Instagrammable" than the more fragmented and bureaucratic imagery associated with the modern nation-state. The visual language of empires lends itself naturally to aesthetic consumption, transforming imperial grandeur into a globally shareable commodity.

Series such as *The Crown*, *Bridgerton*, Turkish neo-Ottoman dramas, and Chinese imperial productions rely heavily on this visual logic. Lavish courts, aristocratic rituals, imperial capitals, and stylized historical landscapes produce a form of historical spectacle designed for digital circulation through screenshots, memes, cosplay, TikTok recreations, and fan aesthetics. In this context, imperial nostalgia is reinforced not only ideologically but also algorithmically: streaming platforms and social media privilege visually spectacular content capable of generating engagement, virality, and emotional immediacy. As a result, empires increasingly re-emerge within popular culture not simply because of historical interest, but because imperial aesthetics are particularly compatible with the visual economies of platform capitalism and online consumption.

A crucial element explaining the extraordinary appeal of contemporary historical series centred on empires lies in the way these narratives combine strong institutions with multicultural complexity. Unlike many contemporary political settings — often perceived as fragmented, unstable, and incapable of managing social diversity — historical empires are represented as systems able to maintain hierarchy, authority, and symbolic cohesion while simultaneously governing vast multicultural, multireligious, and multilingual spaces. This combination produces a particularly powerful form of narrative fascination for contemporary audiences living in societies marked by globalization, migration, identity conflicts, and institutional distrust.

Empires in television seriality frequently appear as paradoxical political models: rigid yet inclusive, hierarchical yet cosmopolitan, authoritarian yet culturally plural. Productions such as *The Crown*, Ottoman dramas like *Magnificent Century*, Chinese imperial series, or even fantasy worlds such as *Game of Thrones* depict political orders capable of integrating multiple ethnicities, religions, languages, and regional identities within a single overarching structure of power. These fictionalized imperial worlds offer viewers the image of a society where difference is not necessarily erased, but organized and contained through strong institutions, ceremonial authority, and symbolic centralization. In this sense, imperial narratives provide an imagined solution to one of the major anxieties of late modernity: how to preserve cohesion in increasingly diverse societies.

This partly explains why imperial series often generate stronger emotional and visual appeal than many contemporary dramas. They offer both stability and diversity. Contemporary nation-states are frequently represented in media discourse as bureaucratic, polarized, and weakened by political fragmentation, whereas fictionalized empires appear monumental, coherent, and aesthetically unified despite their internal complexity. Their capitals — London, Istanbul, Beijing, Vienna, Moscow — become symbolic centres where multiple worlds converge under a recognizable hierarchy. The viewer is therefore invited to experience multiculturalism not as chaos, but as ordered plurality governed by powerful institutions.

The visual and narrative structure of empires also adapts particularly well to the logic of streaming platforms and social media. Imperial courts, ceremonial rituals, multilingual elites, monumental architecture, military symbolism, and cosmopolitan capitals produce visually spectacular worlds that are emotionally immersive and easily exportable across global audiences. Empires appear simultaneously exotic and familiar, traditional and globalized. Their ability to combine diversity with centralized authority makes them especially attractive in an era characterized by uncertainty regarding borders, sovereignty, migration, and collective identity.

From a theoretical perspective, this tendency can be connected to Benedict Anderson's imagined communities, Boym's reflective nostalgia, and Appadurai's theories of global cultural flows, but also to Hardt and Negri's conception of "Empire" as a post-national form of power capable of organizing global complexity beyond the limits of the traditional nation-state. Historical seriality therefore does not merely revive past empires nostalgically; it reimagines imperial structures as emotionally reassuring models for negotiating the tensions of globalization, multiculturalism, and political fragmentation in the twenty-first century.

Historical Seriality and the Crisis of Belonging

The global success of historical television series reflects deeper crises surrounding political and cultural belonging. The fascination with lost kingdoms, declining aristocracies, imagined empires, and nostalgic national communities emerges during a historical period characterized by globalization, migration, institutional distrust, and political fragmentation.

Historical fiction offers emotionally coherent narratives capable of compensating for contemporary uncertainty. These series frequently present the past as more intelligible, symbolically stable, and emotionally meaningful than the present.

However, nostalgia in contemporary seriality should not be interpreted simply as escapism. Rather, it functions as a mechanism through which societies negotiate contemporary anxieties. Historical narratives become symbolic languages for discussing democracy, inequality, migration, imperial decline, gender conflict, and identity transformation.

This process explains why series focused on historical transitions and political crises have become particularly successful. Productions such as Babylon Berlin, Peaky Blinders, and Boardwalk Empire use historical settings to reflect concerns regarding populism, capitalism, institutional fragility, and social

violence. In this sense, contemporary historical seriality reveals less about the historical periods represented than about the societies that produce and consume these narratives.

The global success of historical television series reflects deeper crises surrounding political and cultural belonging. The fascination with lost kingdoms, declining aristocracies, imagined empires, and nostalgic national communities emerges during a historical period characterized by globalization, migration, institutional distrust, and political fragmentation. Historical fiction offers emotionally coherent narratives that compensate for contemporary uncertainty, frequently presenting the past as more intelligible, symbolically stable, and emotionally meaningful than the present.

However, nostalgia in contemporary seriality should not be interpreted simply as escapism. Rather, it functions as a mechanism through which societies negotiate contemporary anxieties. Historical narratives become symbolic languages for discussing democracy, inequality, migration, imperial decline, gender conflict, and identity transformation. This process explains why series focused on historical transitions and political crises have become particularly successful. Productions such as *Babylon Berlin*, *Peaky Blinders*, and *Boardwalk Empire* use historical settings to reflect concerns regarding populism, capitalism, institutional fragility, and social violence. In this sense, contemporary historical seriality reveals less about the historical periods represented than about the societies that produce and consume these narratives.

Within this broader tendency, imperial fiction occupies a particularly significant place. Series centred on empires often possess a stronger emotional and visual appeal because they combine two elements that contemporary societies frequently perceive as contradictory: strong institutions and multicultural complexity. Fictionalized empires are represented as political systems capable of maintaining hierarchy, authority, and symbolic cohesion while simultaneously governing multireligious, multilingual, and multiethnic populations. In a historical moment marked by uncertainty about migration, globalization, and the crisis of the nation-state, these narratives offer audiences an imagined model of order that integrates diversity without dissolving collective identity.

This partly explains the contemporary fascination with British imperial nostalgia in *The Crown*, neo-Ottoman imaginaries in Turkish dramas such as *Magnificent Century*, or Chinese dynastic series centred on imperial courts and centralized authority. These productions depict empires not simply as historical entities, but as emotionally coherent worlds in which plurality appears organized through stable institutions, ceremonial power, and recognizable hierarchies. Unlike many contemporary political representations — often associated with fragmentation and institutional weakness — imperial narratives stage diversity as governed and symbolically unified.

From a theoretical perspective, this phenomenon can be connected to Benedict Anderson's concept of imagined communities, Svetlana Boym's reflective nostalgia, and Zygmunt Bauman's idea of "retrotopia," namely the tendency to seek security in idealized visions of the past. It also resonates with Hardt and Negri's conception of "Empire" as a post-national form of global organization capable of transcending the traditional limits of the nation-state. In this sense, historical seriality helps reactivate imperial imaginaries as symbolic responses to the tensions of globalization and late modernity.

The visual structure of imperial fiction further reinforces this appeal. Imperial capitals, monumental architecture, royal ceremonies, military rituals, and cosmopolitan urban centres generate aesthetically spectacular and highly "Instagrammable" imagery capable of circulating efficiently through streaming platforms and social media. Empires are therefore particularly compatible with the visual economies of platform capitalism: they provide recognizable symbols of power, luxury, hierarchy, and multiculturalism that can be emotionally consumed by global audiences. Historical fiction thus transforms empires into globally marketable imaginaries, simultaneously nostalgic, spectacular, and politically resonant.

Series such as those mentioned show that the focus is less on historical facts per se, and more on the current social and psychological dynamics of their viewers. In practice, they recount the fears and hopes of our own time more than those actually experienced in the past. Historical fiction thus becomes a sort of emotional public history: it conveys 'models of citizenship' and worldviews. The cultural sociologist Jan Assmann has spoken of how collective cultural memory is continually reinvented through shared symbols; historical series are today a powerful vehicle for these symbols. The narrative shift towards past eras is a way of addressing issues such as trust in the future and a sense of belonging using historical metaphors.

This is why historical series tell us so much about the society that produces them: they reflect our fears regarding democracy, social inequality and identity rather than faithfully depicting the 20th century.

Conclusion

Contemporary historical television series occupy a central role in the production of collective memory and the redefinition of imagined communities. Through nostalgia, visual spectacle, and emotional storytelling, these productions transform history into a symbolic language through which contemporary societies interpret the present.

Historical seriality does not simply reproduce the past; it selectively reconstructs it in light of contemporary political tensions, commercial logics, and cultural desires. Nations and empires are reimagined through emotionally accessible narratives that can circulate globally on streaming platforms. The rise of imperial nostalgia, multilingual seriality, diasporic narratives, and globally distributed historical dramas demonstrates the profound transformation of the relationship between media, history, and identity in the digital age.

At the same time, these productions reveal the growing importance of audiovisual culture as an instrument of soft power and geopolitical influence. Historical fiction increasingly functions simultaneously as entertainment, memory production, cultural diplomacy, and ideological negotiation.

Ultimately, the contemporary fascination with imagined empires, nostalgic national communities, and symbolic pasts reflects a broader crisis of belonging within globalized societies. Rather than merely narrating history, television series use the past to interrogate the present and to ask fundamental questions about identity, memory, and collective futures.

References

Adorno, T., & Horkheimer, M. (1972). *Dialectic of Enlightenment*. New York: Herder and Herder.

Anderson, B. (1983). *Imagined Communities: Reflections on the Origin and Spread of Nationalism*. London: Verso.

Appadurai, A. (1996). *Modernity at Large: Cultural Dimensions of Globalization*. Minneapolis: University of Minnesota Press.

Assmann, J. (2011). *Cultural Memory and Early Civilization: Writing, Remembrance, and Political Imagination*. Cambridge: Cambridge University Press.

Augé, M. (1995). *Non-Places: Introduction to an Anthropology of Supermodernity*. London: Verso.

Baudrillard, J. (1994). *Simulacra and Simulation*. Ann Arbor: University of Michigan Press.

Bauman, Z. (2017). *Retrotopia*. Cambridge: Polity Press.

Bauman, Z. (2000). *Liquid Modernity*. Cambridge: Polity Press.

Bhabha, H. K. (1994). *The Location of Culture*. London: Routledge.

E. Castelló, A. Dhoest and H. O'Donnell (Eds.), *The Nation on Screen*. Newcastle upon Tyne: Cambridge Scholars Publishing.

Boym, S. (2001). *The Future of Nostalgia*. New York: Basic Books.

Burbank, J., & Cooper, F. (2010). *Empires in World History: Power and the Politics of Difference*. Princeton: Princeton University Press.

Cook, P. (2005). *Screening the Past: Memory and Nostalgia in Cinema*. London: Routledge.

Cullen, J. (2013). *Sensing the Past: Hollywood Stars and Historical Visions*. Oxford: Oxford University Press.

de Groot, J. (2016). *Consuming History: Historians and Heritage in Contemporary Popular Culture*. London: Routledge.

Debord, G. (1994). *The Society of the Spectacle*. New York: Zone Books.

Dhoest, A. (2009). *The Nation on Screen*. Newcastle upon Tyne: Cambridge Scholars Publishing.

Edgerton, G. (2001). *Television and History: Shaping Collective Memory in the Media Age*. Lexington: University Press of Kentucky.

Gilroy, P. (2004). *After Empire: Melancholia or Convivial Culture?* London: Routledge.

Guo, D. (2012). *Beyond Totalitarian Nostalgia: A Critical Urban Reception Study of Historical Drama on Contemporary Chinese Television*. PhD Thesis, University of Westminster.

Halbwachs, M. (1992). *On Collective Memory*. Chicago: University of Chicago Press.

Hardt, M., & Negri, A. (2000). *Empire*. Cambridge, MA: Harvard University Press.

Harvey, D. (1989). *The Condition of Postmodernity*. Oxford: Blackwell.
Hewison, R. (1987). *The Heritage Industry: Britain in a Climate of Decline*. London: Methuen.
Higson, A. (2014). *Film England: Culturally English Filmmaking Since the 1990s*. London: I.B. Tauris.
Hoskins, A. (2018). *Digital Memory Studies: Media Pasts in Transition*. New York: Routledge.
Huyssen, A. (2003). *Present Pasts: Urban Palimpsests and the Politics of Memory*. Stanford: Stanford University Press.
Jameson, F. (1991). *Postmodernism, or, The Cultural Logic of Late Capitalism*. Durham: Duke University Press.
Jang, K. (2019). Between soft power and propaganda: The Korean military drama *Descendants of the Sun*. *Journal of War & Culture Studies*, 12(1), 24–36.
Jenkins, H. (2006). *Convergence Culture: Where Old and New Media Collide*. New York: NYU Press.
Landsberg, A. (2004). *Prosthetic Memory: The Transformation of American Remembrance in the Age of Mass Culture*. New York: Columbia University Press.
Lefebvre, H. (1991). *The Production of Space*. Oxford: Blackwell.
McCann, B. (2019). "History, truth and (mis)representation in *Versailles* (2015–2018)." *Australian Journal of French Studies*, 56(2), 141–155.
Niemeyer, K. (Ed.). (2014). *Media and Nostalgia: Yearning for the Past, Present and Future*. London: Palgrave Macmillan.
Nye, J. (2004). *Soft Power: The Means to Success in World Politics*. New York: PublicAffairs.
Peris Blanes, J. (2015). "Television fiction and national imaginaries in contemporary Spain." *Journal of Spanish Cultural Studies*, 16(3), 245–260.
Rosaldo, R. (1989). *Culture and Truth: The Remaking of Social Analysis*. Boston: Beacon Press.
Rosenstone, R. A. (2006). *History on Film/Film on History*. Harlow: Pearson.
Rueda Laffond, J. C. (2014). "Television fiction and historical memory in contemporary Europe." *Communication & Society*, 27(4), 15–34.
Said, E. (1978). *Orientalism*. New York: Pantheon Books.
Sesan, A. A. (2014). The contemporary Yoruba film industry and the question of national identity. Paper presented at the 3rd SMC Media and Culture International Conference, Pan-Atlantic University, Lagos.
Sigismondi, P. (Ed.). (2019). *World Entertainment Media: Global, Regional and Local Perspectives*. London: Routledge.
Soja, E. (1996). *Thirdspace: Journeys to Los Angeles and Other Real-and-Imagined Places*. Oxford: Blackwell.
Srnicek, N. (2017). *Platform Capitalism*. Cambridge: Polity Press.
Tsaarior, J. T., & Ugochukwu, F. (Eds.). (2017). *Nigerian Film Culture and the Idea of the Nation: Nollywood and National Narration*. London: Adonis & Abbey.
Turner, G. (2006). *Film as Social Practice*. London: Routledge.
Wright, P. (1985). *On Living in an Old Country: The National Past in Contemporary Britain*. London: Verso.

GEOGRAPHIES OF THE INVISIBLE THE CITY OF THE HOMELESS AS A RADICAL PRACTICE OF DWELLING

Michele Manigrasso
Università G. d'Annunzio di Chieti - Pescara, Department of Architecture.

ABSTRACT

Taking the figure of the homeless person as an epistemic subject — not as an object of study, but as an involuntary producer of critical spatial knowledge — this essay proposes a rereading of theories of dwelling that adopts radical disorientation as a positive analytical category, capable of revealing the implicit assumptions underlying contemporary urban space and of opening new directions for architectural research and design. The disciplinary literature has addressed urban marginality primarily in terms of exclusion, measuring it as a dysfunction relative to a shared norm. Secchi (2013) showed how this norm is translated into built form: the Western city systematically produces visible distance between rich and poor, and strategies of separation have often been sustained by urban design itself, which thereby becomes an instrument of segregation before it can ever become one of integration. Yet where Secchi denounces inequality, this contribution aims to go further: not merely to register exclusion, but to interrogate what it produces as spatial knowledge. De Certeau (1980) provided the decisive conceptual tool: urban braconnage. The marginal subject moves through normative space like a poacher on a private estate, seizing opportunities for use without claiming ownership, producing routes, meanings, and geographies that never appear in the official representations of the city. This cunning of the weak is neither drift nor passivity, but a form of diffuse spatial creativity that art history has managed to intercept with remarkable lucidity: Rosler (1974–1975), in *The Bowery in Two Inadequate Descriptive Systems*, demonstrated how any language — visual or textual — is structurally inadequate to render such a condition; Wodiczko (1988–1989), with the *Homeless Vehicle Project* exhibited at the Museum of Modern Art, transformed this inadequacy into a disciplinary programme, interrogating architecture on its own systematic exclusion. The comparison with Lynch (1960) allows the analytical stakes to be sharpened. The notion of imageability describes the city as a system of stable references oriented towards the citizen endowed with territorial identity. The homeless person's city is its mirror negative: porous, discontinuous, traversed by night and read from below — a counter-image that reveals thresholds and voids that planning removes from representation. Killip's street photography (1988) fixed this counter-image with obsessive precision, rendering bodies and spaces in a relationship of mutual erosion that eludes any cartographic codification. La Cecla (1988; 1993) radicalises the question on the anthropological level: the homeless person is not without orientation, but continuously reformulates it in the absence of any stable anchor — a condition that, far from being a loss, constitutes an extreme form of dwelling. Getting lost, from this perspective, is not the absence of place but the continuous production of other places, temporary and unrepeatable, which no official cartography is capable of recording. The essay also problematises the Koolhaasian hypothesis: the Generic City (1995) — a city without identity, without memory, freed from the weight of history — is it not perhaps the very space that the homeless person inhabits by necessity that Koolhaas describes as a liberatory condition by choice? The generic city dissolves the symbolic bonds that underpin exclusion: within it, the homeless person is no longer out of place because there is no longer a place from which to be excluded. But is this neutrality emancipation, or the most sophisticated form of invisibility? The question admits no univocal answer, and in this structural ambiguity lies its heuristic value. Poverty is not a quantitative variable to be measured, but a space that the discipline has systematically expunged from its field of vision. The homeless person is its limiting figure: not the poverty certified by institutional parameters, but the irreducible destitution that inhabits the thresholds, porticos, and nocturnal voids of the city, and that for this very reason traverses it with a gaze that no design has yet managed to encounter. The contribution concludes with Bianchetti (2016), who enables the passage from phenomenology to critical proposition: to read the spatial practices of the homeless as an involuntary text means recognising in them — through Shklovsky's concept of ostranenie (1917) reread in spatial terms — an instrument for unveiling the contradictions of an urban space that produces marginality while claiming to produce community. The aim of the essay is to restore to this figure its full epistemic density, transforming disorientation from a residual condition into an analytical and design category.

Keywords: disorientation — urban braconnage — dwelling — marginality — generic city

REFERENCES

Bianchetti C., *Spazi che contano. Il progetto urbanistico in epoca post-liberale*, Donzelli, Roma 2016.
de Certeau M., *L'invention du quotidien. Vol. 1: Arts de faire*, Gallimard, Paris 1980; tr. it. *L'invenzione del quotidiano*, Edizioni Lavoro, Roma 2001.
Killip C., *In Flagrante*, Secker & Warburg, London 1988.
Koolhaas R., Mau B., *S,M,L,XL*, The Monacelli Press, New York 1995.
La Cecla F., *Perdersi. L'uomo senza ambiente*, Laterza, Roma-Bari 1988.
La Cecla F., *Mente locale. Per un'antropologia dell'abitare*, Elèuthera, Milano 1993.
Lynch K., *The Image of the City*, The MIT Press, Cambridge (Mass.) 1960.
Marini S. (a cura di), *Miserabilia*, in «Vesper. Rivista di architettura, arti e teoria», n. 11, 2024.
Rosler M., *The Bowery in two inadequate descriptive systems*, opera fotografica e testuale, New York 1974-1975.
Rosler M., *3 Works*, Nova Scotia College of Art and Design Press, Halifax 1981.
Secchi B., *La città dei ricchi e la città dei poveri*, Laterza, Roma-Bari 2013.
Šklovskij V., *Iskusstvo kak priem* [L'arte come procedimento], in «Sborniki po teorii poetičeskogo jazyka», Pietrogrado 1917; tr. it. in *I formalisti russi*, Einaudi, Torino 1968.
Wodiczko K., *Krzysztof Wodiczko*, The MIT Press, Cambridge (Mass.) 1999.
Wodiczko K., *Homeless Vehicle Project*, installazione, The Clocktower Gallery — Museum of Modern Art, New York 1988-1989.

THE MODERN FEMININE IDEAL: DIGITAL CULTURE, PSYCHOLOGICAL PRESSURE, AND THE CONSTRUCTION OF FEMALE SELF-WORTH

Munevver PAZHARBEK
Saken seifullin kazakh agro-technical university, faculty of animal science and veterinary medicine, institute of humanities and pedagogical sciences, department of foreign languages astana, Kazakhstan

Abstract
The rapid expansion of digital culture and social media has significantly transformed contemporary standards of femininity and female self-worth. Online platforms increasingly promote unrealistic expectations related to beauty, productivity, emotional stability, and lifestyle, encouraging women to constantly curate and perform idealized versions of themselves. This article examines how digital culture contributes to psychological pressure among young women through comparison culture, influencer-driven ideals, and the pursuit of perfection. Particular attention is given to the relationship between social media use and self-objectification, imposter syndrome, anxiety, and emotional exhaustion. The article also explores how hormonal and psychological vulnerability, including conditions such as Premenstrual Dysphoric Disorder and chronic stress, may intensify the emotional effects of online pressure. Furthermore, the study discusses the broader psychological consequences of modern feminine ideals, including burnout, body dysmorphia, low self-esteem, and identity insecurity. Finally, the article proposes possible solutions such as media literacy, healthier female representation, digital wellbeing practices, and greater mental health awareness. The research highlights the importance of redefining female self-worth beyond algorithmic validation and online performance in the digital age.
Keywords: digital culture; social media; femininity; female self-worth; beauty standards; psychological pressure; comparison culture; imposter syndrome; anxiety; burnout; self-objectification; mental health; body image; perfectionism; digital wellbeing

SOCIAL MEDIA, COGNITIVE MANIPULATION, AND MENTAL HEALTH IN THE INFORMATION AGE

Munevver PAZHARBEK
Saken seifullin kazakh agro-technical university, faculty of animal science and veterinary medicine, institute of humanities and pedagogical sciences, department of foreign languages astana, Kazakhstan

Abstract
The rapid expansion of digital media has profoundly transformed the psychological and social experiences of individuals in the information age. Social media platforms increasingly rely on algorithm-driven systems designed to maximize user engagement by promoting emotionally stimulating, repetitive, and personalized content. While these technologies improve connectivity and access to information, they also contribute to cognitive manipulation, emotional dependency, and growing mental health concerns. This article examines the relationship between social media environments and psychological wellbeing, focusing on algorithmic echo chambers, doomscrolling, emotional manipulation through media, and the spread of misinformation.
Particular attention is given to the rise of self-diagnosis culture on platforms such as TikTok, where mental health information is frequently simplified, sensationalized, or inaccurately presented. The article explores how repeated exposure to mental health content may contribute to health anxiety, distorted self-perception, and identity confusion, especially among adolescents and psychologically vulnerable individuals. Furthermore, the study discusses how algorithmic reinforcement and emotionally charged media contribute to political polarization, radicalization, chronic stress, and cognitive overload in online environments.
The article also analyzes the psychological effects of continuous exposure to negative information cycles, including anxiety, emotional exhaustion, reduced attention span, and increased fear perception. Adolescents are identified as particularly vulnerable due to ongoing identity formation and heightened sensitivity to social validation and online influence. Finally, the paper proposes media literacy, critical thinking education, digital wellbeing practices, and responsible information consumption as essential protective strategies in the modern digital environment.
Keywords:social media; cognitive manipulation; mental health; doomscrolling; algorithmic echo chambers; misinformation; media literacy; health anxiety; self-diagnosis culture; political radicalization; adolescents; digital wellbeing; chronic stress; TikTok; emotional manipulation

INVISIBLE STRUGGLES: PSYCHOLOGICAL MASKING, MEDICAL GENDER BIAS, AND THE MENTAL HEALTH OF WOMEN

Munevver PAZHARBEK
Saken seifullin kazakh agro-technical university, faculty of animal science and veterinary medicine, institute of humanities and pedagogical sciences, department of foreign languages astana, Kazakhstan

Abstract
Women's psychological and medical experiences have historically been shaped by gendered expectations that encourage emotional suppression, caregiving, perfectionism, and social conformity. In contemporary society, many women experience "invisible struggles" in which emotional distress, cognitive difficulties, physical pain, and neurodivergent traits remain unrecognized, misunderstood, or minimized. This article examines the relationship between psychological masking, medical gender bias, and female mental health, with particular attention to the experiences of neurodivergent women and women whose symptoms are frequently dismissed within healthcare systems.
The article explores masking behaviors among women with conditions such as Attention Deficit Hyperactivity Disorder and Autism Spectrum Disorder, where individuals consciously or unconsciously suppress symptoms in order to appear socially acceptable, emotionally stable, or "high functioning." While masking may increase social acceptance, prolonged emotional performance is associated with anxiety, burnout, identity confusion, chronic stress, and emotional exhaustion. Due to gender stereotypes and differences in symptom presentation, many neurodivergent women remain undiagnosed until adulthood, contributing to years of self-blame and psychological distress.
In addition, the study analyzes medical gender bias and the historical tendency for women's pain and emotional experiences to be underestimated, psychologized, or dismissed by healthcare professionals. Conditions affecting women are frequently diagnosed later than in men, while female pain is more likely to be interpreted as emotional or exaggerated. This invalidation may intensify psychological suffering and reinforce feelings of invisibility and inadequacy.
The article further discusses how perfectionism, emotional suppression, and societal expectations of femininity contribute to identity struggles among women who constantly perform emotional stability while internally experiencing distress. Finally, the paper emphasizes the importance of gender-sensitive healthcare, earlier recognition of neurodivergence in women, mental health support, and greater societal awareness of invisible psychological struggles.
Keywords: psychological masking; medical gender bias; women's mental health; neurodivergence; ADHD in women; autism in women; emotional suppression; perfectionism; late diagnosis; female pain; identity struggles; burnout; anxiety; chronic stress; invisible illness

DEICTIC FEATURES IN "THE INDIAN LOVE MOVIE"

Abdourahamane AMADOU ABDOURAHAMANE
Université André Salifou (UAS) de Zinder, Faculté des Lettres et Sciences Humaines, Département d'Anglais, Laboratoire Lettres, Education et Communication (LaboLEC).
ORCID: 0009-0006-4329-2455

Dr. Ayodele Adebayo ALLAGBE
Université André Salifou (UAS) de Zinder, Faculté des Lettres et Sciences Humaines, Département d'Anglais, Laboratoire Lettres, Education et Communication (LaboLEC).
ORCID: 0009-0009-5398-9178

Dr. Franck AMOUSSOU
Université André Salifou (UAS) de Zinder, Faculté des Lettres et Sciences Humaines, Département d'Anglais, Laboratoire Lettres, Education et Communication (LaboLEC).
ORCID: 0000-0003-2298-9529

ABSTRACT
This paper aims to identify and interpret the meaning of the deictic features deployed in the educational text entitled "The Indian Love Movie" drawn from the textbook *English for the Sahel – 2nd Year*. The study is underpinned by a pragmatic theory, namely: deixis. Specifically, the classification of deictic patterns proposed by Stephen C. Levinson is accommodated for the analysis and the interpretation of the data. The paper also adopts a descriptive qualitative research design. The findings reveal that the text employs the five types of deixis put forth by the above-mentioned scholar: person deixis (66.66%), social deixis (11.11%), discourse deixis (9.72%), time deixis (8.33%), and place deixis (4.16%). The results also disclose that all those deictic devices are employed in the selected passage to depict the conflictual views of young people (epitomes of modernism) and their parents (guardians of tradition) as regards the issue of marriage. Given the foregoing occurrence rates, it is concluded that person deixis- and more particularly second person deixis- is the most dominant deictic device the movie actors and the viewers refer to in the passage to convey their meanings. This suggests that the text enacts interactions or role relationships between participants through ideological discursive formations in consonance with love, social barriers, and modernity.
Keywords: Context, pragmatics, deixis, educational text, love, social barriers.

1. INTRODUCTION
Martini (2025) defines language as a means of communication through which people interact with one another. Similarly, Bahri (2019) states that "language is an important aspect for human life which is always used by human[s] to communicate [with] each other " (p.12). Since language is used to convey messages, it is essential for people to understand each other through its use. In this regard, Hendar and Anshari (2021) argue that "a communication may run very well when there is mutual understanding for both participants involved in the communication process" (p. 398). Pragmatics is a branch of linguistics that emphasises the use of language in context. According to Amoussou, Djimet & Allagbe. (2022), "pragmatics is the linguistic field which investigates the relationship between language and its context of use" (p. 50). Deixis is one of the pragmatic aspects that play a crucial role in understanding language in context. In this sense, Levinson (1983) argues that deixis is fundamental to the interpretation of meaning in context.
Many scholars have conducted overarching studies on deixis. Most of them have focused on literary texts (Amoussou *et al*., 2022; Simbolon, Fithriani & Pardi, 2026), political speeches (Siregar, Situmorang, Tarigan & Saputriyani, 2025), religious discourses (Tanjung and Muslim, 2025), and interviews (Nuryusticia and Nurrachman, 2021). It should be emphasised that some of them have not considered all types of deixis in their analyses. It should also be underscored that no scholarly attention has been paid to the application of the deictic theory to texts found in English language textbooks used in secondary schools in Niger.

Therefore, this study aims to identify and interpret the deictic features used in the text ‘‘The Indian Love Movie ’’ drawn from the book ‘*English-for-the-Sahel-2nd-Year*’. The study seeks to answer the following research questions:

1. What are the deictic features used in the text?
2. How do these deictic features express meaning in the text?

The next section is devoted to the related literature review.

2. LITERATURE REVIEW

This section reviews some previous studies dealing with the present research topic. Among them, Simbolon *et al.* (2026) investigate deictic expressions in the *Sigale-Gale* story. Their aim was to identify and analyse the types of deictic feature used in the story and to explain their functions in relation to context and culture. The study adopted a descriptive qualitative method. The researchers analysed the data by using Levinson's classification of deixis method based on the five deictic categories: person, place, time, discourse, and social deixis. Their findings revealed that person deixis was the most predominant type, particularly third person deixis. This suggests that the story emphasises characters rather than direct interaction with readers or reporting dialogues. The results also showed that deictic elements function not only as linguistic features in the story but also as tools for cultural representation and narrative cohesion.

In addition, Siregar *et al.* (2025) analysed deictic features in Joe Biden' s speech delivered on 2024. In the study, they employed a descriptive qualitative method. Their objective was to identify the functions of deixis in political discourse. They applied Levinson's theory to identify, categorise, and quantify the deictic expressions. The findings indicated that all the five types of deixis were present, with person deixis being the most dominant. The study concluded that Joe Biden used deixis to build unity and establish an emotional connection with the audience.

Another research conducted by Amoussou *et al.* (2022) was entitled "Analysis of Deictic Features in a Text about Arranged Marriage in *Tongue of Promise* ". Using the theory of deixis, the paper described and analysed the deictic features recorded in the text. By so doing, the researchers used a descriptive qualitative approach and relied on Levinson’s classification types of deixis for the analysis and the interpretation of the data. Their findings revealed that all the deictic types appeared in the text. They concluded that person deixis- more precisely second person deixis- is the most predominant deictic feature deployed in the text. This indicates the dialogic nature of the text. The study also indicated that the social relationships of the interactants constitute free resistance and disagreement from the addressee "Jiffa" and make her submissive.

Strikingly, all the above reviewed studies deployed a descriptive qualitative method. They also discussed all the types of deixis put forth by Levinson. However, they failed to apply the deictic theory to texts from students’ coursebooks used to teach secondary school students in Niger. Consequently, the researchers fill in this gap in the undertaken study.

Moreover, Tanjung and Muslim (2025) conducted a study on deixis in the preaching videos of Zakir Naik. They examined the deictic expressions that the famous scholar Zakir used in his selected preaches to find out the main types of deixis- namely person deixis, time deixis, and place deixis- and their functions. They deployed a descriptive qualitative method. They collected data through three of the scholar's recorded preaches available on YouTube. The results showed that the most predominant deictic feature is person deixis, followed by spatial and temporal deixis. The researchers demonstrated that personal deixis mainly functions to refer to the audience and engage them in the discourse. It also serves to reflect the speaker’s identity.

Unlike the first three previous studies above, the preceding study only focused on the traditional categories of deixis which are person deixis, place deixis, and time deixis. This limited the scope of the analysis and might have restricted a deeper understanding of the discourse. In contrast, the current study analyses all the deictic types by using Levinson’s classification to provide a more comprehensive analysis of the text under investigation.

The last reviewed study is that of Nuryusticia and Nurrachman (2021). It focused on social deixis in the Final Interview with the Obamas. The researchers' aim was to identify the types of social deixis and examine their functions in the interview. They used Levinson's theory and a descriptive qualitative method.

The findings revealed the two types of social deixis, viz., relational social deixis and absolute social deixis. They also unveiled three functions of social deixis which are social status differentiation, politeness, and social identity. As it appears, the study focused exclusively on social deixis and did not take into account other types such as person, place, time, and discourse deixis. This limited the depth of the analysis. On the contrary, the present study examines all the types of deixis to provide a more comprehensive understanding of the text.

Overall, all the reviewed studies above are relevant to the present article, as they have all applied the theory of deixis. They also help the researchers to identify a gap. In addition, they provide a foundation for the current study. The next point discusses the theoretical framework.

3. THEORETICAL FRAMEWORK

The study draws its theoretical underpinnings from a pragmatic theory, namely: deixis. According to Yule (1996, p. 9), deixis is a technical term (from Greek) which denotes "pointing via language". Concurring with foregoing, Huang (2014, p. 169) submits that "deixis is directly concerned with the relationship with the structure of language and the context in which the language is used. It can also be defined as the phenomenon whereby features of context of utterance or speech are encoded by lexical and/or grammatical means in a language." The study is based on Levinson's (1983) classification of deixis. According to this framework, deixis is categorised into five main types: person deixis, time deixis, place deixis, discourse deixis, and social deixis. A brief explanation of each type is provided below.

Person deixis

Levinson (1983) states that "person deixis concerns the encoding of the role of participants in the speech event in which the utterance in question is delivered..." (p. 62). Person deixis is divided into three categories: first person deixis (I, we, me, us, my, our), second person deixis (you, your), and third person deixis (he, she, it, his, her, its, him).

Time deixis

According to Tanjung and Muslim (2025), time deixis "is concerned with referring to a particular point or period of time relative to the moment of utterance as the reference point or deictic center" (p. 61). Time deixis indicates when an action occurs in a given discourse.

Place deixis

Levinson (1983) explains that "place or space deixis concerns the specification of locations relative to anchorage points in the speech event" (p. 79). Similarly, Amoussou *et al.* (2022) define place deixis as "an expression used to show the location which is relevant to the location of a participant in the verbal exchanges" (p. 52). Place deixis is divided into two categories: proximal place deixis (referring to what is close to the speaker) and distal place deixis (referring to what is far from the speaker).

Discourse deixis

Amoussou *et al.* (2022) submit that "discourse deixis describes deictic expressions which indicate prior or succeeding parts of the discourse" (p. 52). In other words, it links different parts of an utterance to the actual discourse.

Social deixis

Siregar *et al.* (2025, p. 212) argue that "social deixis shows how the speaker feels about other people, such as their social standing or respect. It shows that the speaker knows about social status, formality, and emotional connection." In brief, social deixis indicates social roles and relationships of participants in a discourse. Social deixis consists of two types: relational social deixis and absolute social deixis. According to Amoussou *et al.* (2022), "relational social deixis identifies the hearer relation to the speaker…" (e.g., my sister; my father), whereas absolute social deixis "… is a deictic reference to some social characteristics of a referent (especially a person) regardless of any ranking of referents" (p. 53) (e.g., Your excellency, Your honour). The next section concerns the methodology adopted in the study.

4. METHODOLOGY

This research employs a descriptive qualitative method. This method was resorted to as it enables the researchers to describe the deictic features used in the text. It also helps them to interpret the meaning of the deictic features through contextual analysis. Lim (2024) explains that "Qualitative research, with its emphasis on context, existence, experience, perspective, meaning, and subjectivity, offers a unique lens through which to explore and interpret the complexities of social phenomena..." (p. 200). The data for this study consist of utterances. The procedure includes the following steps: reading cautiously the text for a clearer understanding, parsing the text into utterances, identifying the deictic features and classifying them, selecting some instances for analysis, and analysing the functions of each deictic type in context. In the discussion section, the researchers selected two utterances from the text to illustrate each type of deixis. However, for person deixis, two utterances were selected for each of its categories (first person, second person, and third person). This is because, they play a very significant role in expressing meaning in the text. Furthermore, the selected examples/utterances were labeled (1) and (2) for clarity and ease of reference. This helped to avoid confusion and facilitated the interpretation of the data. The data analysis section comes next.

5. DATA ANALYSIS

To analyse the deictic features in the text, the following key is referred to.

Key:
PD=Person Deixis ; **pD**=Place Deixis ; **TD**= Time Deixis ; **SD**= Social Deixis ; **DD**= Discourse Deixis.
In applying the above key, the researchers get the results below.
Text: The Indian Love Movie

Most girls think that Indian movies are more interesting than karate movies. Girls like love stories. **That** (DD) is why Fatima wanted **to go** (pD) and see an Indian movie. There was an Indian film playing at the Jangorzo Cinema. Everyone was saying that the movie was full of wonderful songs, music, and magic.
Sani and Fatima decided **to go** (pD) and see the film. The Jangorzo Cinema was farther than any other movie theater in the city. But the driver drove fast, so **they** (PP) arrived **before** (TD) the film started. Fatima was happy not to miss the beginning of the film.
The story was about two young lovers. The boy was a prince, and the girl was poor. Both families were against **their** (PD) marriage, but the lovers were determined. One day the **boy's father** (SD) called **him** (PD) and said:
Father: **My son** (SD), **you** (PD) are going to bring shame to **our** (PD) family.

Son: But **Father** (Sd), the world is changing **now** (TD). **You** (PD) **always** (TD) say that there is no difference between **people**! I (PD) can't understand **your** (PD) refusal.
Father: **This** (DD) matter is deeper than **that** (DD). I (PP) told **you** (PP) the truth, but **our** (PD) society is not changing as fast as other parts of the world. If **you** (PD) marry **that** (DD) girl, people won't respect **you** (PD).
Son: But **Father** (SD), I (PD) love **her** (PD)!
Father: Listen. **I** (PD) love **you** (PD) very much, but **I** (PD) cannot support a marriage between a poor girl and **my son** (SD). No, **son** (SD), **I** (PP) can't give **you** (PD) any money for **this** (DD) marriage.
Later on (TD), in a flowery countryside, the boy and girl each sang of **their** (PD) sadness.

Boy: When **you** (PD) are near **me** (PD), **my** (PD) heart beats faster. **You** (PD) are more beautiful than the stars in the sky. **I** (PD) want to be with **you** PD) **forever** (TD).
Girl: **Your** (PD) love is more wonderful than wine. **I** (PD) need **you** (PD) in **my** (PD) life. **I** (PD) can't live in **this** (pD) world without **you** (PD).
When Fatima saw **this** (DD) love tragedy, **she** (PD) could not stop crying. **She** (PD) was still weeping when the film ended.
"**You** (PD) women are weaker than men!" Sani joked.

"Don't make fun of **me** (PD), Sani", said Fatima. "**This** (DD) movie reminded **me** (PD) of **my sister** (SD)'s friend. The same thing happened to **her** (PD). **She** (PD) was in love with a poor boy, but **she** (PD) could not marry **him** (PD). Finally, the poor boy left the city. **They** (PD) never saw each other again!"
"**You** (PD) are too romantic, Fatima, Sani laughed. It's only a silly love story." "Hmmph! Did **you** (PD) forget about **you** (PD) and **me** (PD)? **Our** (PD) situation is exactly the same!" exclaimed Fatima.

"Come on, be serious, Fatima. **You** (PD) and **I** (PD) have nothing to worry about. **Nowadays** (TD) parents are smarter than **they** (PD) were in the **old days** (TD)."

The deictic types identified in the text are presented in the following table.

Table 1: Distribution of deictic types in the text

Types of Deixis	*Frequency*	*Percentage (%)*
Person Deixis	48	66.66%
Place Deixis	3	4.16%
Time Deixis	6	8.33%
Discourse Deixis	7	9.72%
Social Deixis	8	11.11%
Total	72	100%

The table above reveals that the text contains a total of 72 deictic features. Among them, person deixis is the most frequent with 48 (66.66%) occurrences. Then follows social deixis with 8 (11.11%) instances. Discourse deixis and time deixis rank third and fourth in that order with 7 (9.72%) and 6 (8.33%) selections. Finally, place deixis takes the rear with only 3 (4.16%) occurrences.
The dominance of person deixis over the other types indicates that the text describes characters and their interactions. The presence of social and discourse deixis reveals that the text also highlights social relationships among the participants and maintains cohesion by linking different parts of the text. The minimal use of place deixis exudes that spatial reference is not central in the text. The next section deals with the discussion of the findings.

6. DISCUSSION OF THE FINDINGS

This part discusses the results presented in the previous section, focusing on the five types of deixis identified in the text. Briefly speaking, the text is about marriage and social barriers. It explores how society and family can oppose relationships, and how films can reflect or remind people of real-life emotional situations. As for the analysis, it focuses on a detailed examination of each of the deictic categories thus far registered. The discussion begins with person deixis.

Person Deixis

In this study, it is significant to exude the frequency of the three categories of person deixis (first person, second person, and third person) before expressing their contextual meaning in the text. Of the three, second person deixis (19 /48) is the dominant type used in the text. It is followed by first person deixis (17/48). Third person deixis (12/48) ranks third.
The predominance of second person deixis indicates ''the dialogic nature of the text'' (Amoussou *et al.* 2022, p. 56). Besides, these findings support Amoussou *et al.* (2022) who discovered similar results.

This suggests that the text emphasises interactions between participants. The two utterances below are culled from the text for illustration.

(1) You (PD) always (TD) say that there is no difference between people!

(2) If **you** (PD) marry that (DD) girl, people won't respect **you** (PD).

In the examples above, 'You' in (1) refers to the boy's father in the movie that Sani and Fati are watching. The boy addresses his father reminding him that he is the one who tells him that there is no difference between people. He also attempts to make his father understand the contrast between what he usually says and his current position as regards the boy's intention to marry a poor girl. In (2), 'You' refers to the boy in the movie. His father is warning him that if he marries a poor girl, people will not show him any respect in his society. As a matter of fact, it is not socially admitted that a prince should marry a poor girl. Like the second person deixis, first person deictic expressions (17/48) are also numerous in the text. Consider the utterances below.

(1) **I** (PD) want to be with **you** (PD) forever (TD).

(2) **Our** (PD) situation is exactly the same!" exclaimed Fatima.

In the examples above, 'I' in (1) refers to the boy in the movie. The boy is trying to guarantee his love for the poor girl. He explains to her that he will not leave her despite his father's objection to their love relationship. The use of 'I' in the text reports the speaker's (the boy's) reference to himself. He reveals his thought and wish to the addressee (the poor girl) in the movie. This finding in consonance with Tanjung and Muslim (2025) who observed that "The occurrence of the Deictic 'I' can be found when the speaker was about to respond to the questions…and when the speaker gave his idea about a certain issue …" (p. 58). In (2), 'Our' refers to something (situation) that Fatima and her boyfriend, Sani, share together. Here, Fatima is implicitly uttering her fear about her own situation with Sani when she observes what happens to the main actors in the movie on the one hand, and her sister's friend and her boyfriend, on the other.

As far as third person deixis (12/48) is concerned, it is not so numerous as the two previous ones. This suggests that the text does not focus as such on characters acting outside the discourse. It is more about interaction between participants within the text. The observation here is opposite to Simbolon *et al.* (2026)'s findings that unveiled a high predominance of the third person deictic selections, because the excerpt they studied does not stress much more on the interactions between participants. It was rather focused on telling readers about the participants' role relationships in the text. Despite the tiny rate of third person deixis in the passage, it still plays a significant role. Let us study the utterances beneath.

(1) **They** (PD) never saw each other again.

(2) Nowadays (TD) parents are smarter than **they** (PD) were in the old days (TD).

In the examples above, 'They' is used in (1) to refer to the two lovers Fatima remembers while watching the movie, viz. her sister's friend and her boyfriend. She worries about her relationship with her boyfriend, Sani. In fact, she fears that her relationship with Sani is certainly going to be similar to the one of her sister's friend and her boyfriend. However, 'They' is deployed in (2) to refer to the parents of old times. Here, Sani is trying to calm Fatima down so that she understands that ideologies change over time. In that perspective, he explains to her that modern time parents are changing their minds about marriage issue. To soothe her, Sani attempts to give her the assurance that there is nothing to worry about. To sustain his contention, he makes a comparison between old time parents' belief systems and the modern time parents' ones. That comparison makes it clear that mindsets are more and more changing and the youth should be optimistic as regards marital affairs. In this perspective, Akung (2012) suggests that strong will, hope and determination to change and overcome patriarchal inhibitions are the tips to operate noticeable changes in traditional societies.

Place Deixis

Place deixis (4,16%) plays a crucial role in the text even though it is not numerously used. It helps to indicate locations. The two instances selected from the passage illustrate this.

(1) That (DD) is why Fatima wanted **to go** (pD) and see an Indian movie.

(2) I (PD) can't live in **this** (pD) world without you (PD).

As it appears, (1) comprises a distal deictic verb 'to go'. The motion verb 'to go' employed here denotes that Fatima wants to move from her usual living place to Jangorzo Cinema. On the other hand, the use of 'this' in (2) indicates there is no specific place on the globe where the poor girl in the movie can live

without her boyfriend. In other words, the poor girl is utterly saying that her life is meaningless if she does not get married to her boyfriend.

Time Deixis

As a reminder, time deixis ranks fourth with a frequency of 8.33%. Some examples are presented underneath.

(1) But Father (Sd), the world is changing **now** (TD).

(2) But the driver drove fast, so they (PP) arrived **before** (TD) the film started.

In (1), the boy employs the deictic element of time 'now' to show that things are undergoing changes nowadays. In that sense, he tries to make his father reconsider his old ideology and allow him to marry the poor girl. However, in (2), the use of the time deictic device 'before' indicates that Fatima and Sani had come to the movie place before the film started. Both time deictic features contribute to the meaning conveyed in the text by mentioning the specific moments when the actions described occurred.

Discourse Deixis

Discourse deixis helps to connect prior discourse with the actual discourse in the text. Let us see how the discourse deictic elements in the text express meaning through the following utterances.

(1) That (DD) is why Fatima wanted to go (pD) and see an Indian movie.

(2) This (DD) matter is deeper than **that** (DD).

In (1), the discourse deictic device 'that' is used to refer back to the first two utterances (Most girls think that Indian movies are more interesting than karate movies. Girls like love stories.) in the text. Most girls have an interest in love affairs or stories. Indian movie is famously known for highlighting the theme of love. As a young girl, Fatima is much more interested in going and watching an Indian movie. As far as the second utterance is concerned, the use of 'this' refers to the intention of the boy to marry a poor girl and bring her into the royal family. On the other hand, 'that' refers back to what the boy has previously told his father (But **Father** (Sd), the world is changing **now** (TD). **You** (PD) **always** (TD) say that there is no difference between people!). Indeed, the boy's father, the king, considers the relationship between his son and a poor girl as a shame to the family (and society at large). He contends that the society they are living in is reluctant to progress, and cannot admit such a union. He then asks his son to bear this in mind if he wants to maintain respect in their society. Those two discourse deictic features encode the social barriers awaiting young people in their journey to marriage. They serve to exhibit how family and society can have influence on some decisions made by the youth, especially about marital issues. Thus, discourse deixis clearly contributes to an in-depth understanding of the text. This aligns with Siregar *et al.* (2025) who state that discourse deixis "helps the speaker stay on topic and helps the listener follow the speech's logical flow" (p. 213). The last deictic category identified in the excerpt is social deixis.

Social Deixis

As the second deictic type in the text, social deixis (11.11%) plays a vital role in conveying contextual meaning. Below are some examples indicating the functions of social deixis in the text.

(1) My son (SD), you (PD) are going to bring shame to **our** (PD) family.

(2) I (PD) love **you** (PD) very much, but **I** (PD) cannot support a marriage between a poor girl and **my son** (SD).

It is obvious from the utterances above that all the social deictic terms are relational. In (1), the father in the movie tries to make his son listen to him very carefully, as his ascendant, by using the social deictic element- or vocative in Systemic Functional Linguists' terms- 'My son' (Eggins, 2004). Likewise, in (2), the father uses the relational social deictic element 'my son', as a term of endearment, to express his refusal for his son's marriage. This becomes a hindrance for the boy to marry the poor girl. The two utterances above implicitly unravel how, given some ideological views, family or/and society can sometimes prevent young people from getting married to the person they truly love. This endorses the findings of the study conducted by Amoussou *et al.* (2022) wherein parents indirectly impose decisions on their children as regards their marriage. The parents achieve their aim by employing social deictic features.

For example, in the two utterances above, the father deploys the relational social deictic 'my son' to make his progeny take account of his status and give up his marriage project with the poor girl. Like person deixis, relational social deictic expressions function to maintain the social relationship between speakers and hearers.

Overall, the findings reveal that person deixis is the most dominant type, highlighting the importance of interaction in the text. Social deixis also plays a significant role in expressing social relationships, while discourse deixis ensures cohesion. In contrast, place deixis is less significant in the text. It should, however, be stressed that most of the studies on deixis-not to say all- come up with person deixis as the top over the other types. This demonstrates the huge significant role of person deixis in any oral/written text.

7. CONCLUSION

This study has analysed the deictic features in the text "The Indian Love Movie" dealing with the themes of marriage and social barriers. Descriptive qualitative method has been used to identify and examine the deictic features in the text. The results of the study have revealed that all the five deictic types put forth by Levinson are deployed in the text: person deixis, social deixis, time deixis, place deixis, and discourse deixis. It is obvious from the analysis of the deictic features that person deixis is the most dominant type used in the text, particularly second person deixis. This suggests that the text emphasises interactions between participants through which the themes of marriage and social barriers are expressed. Above all, social change as regards marriage and the hindrances in consonance with it in traditional societies, cannot be effective unless the youth displays resistance against patriarchal dictates. Resistance, in the current scholars' opinion, "is not an external struggle *against* power, but an internal and dyadic *exercise* of power relations, over others as much as over ourselves… In power as in war, action and reaction are always relational (Deacon, 2003, cited in Mtenje, 2016, p.73). Besides, it is also our strong conviction that recourse to thoughtfully elaborated discourse is the first step for any effective social change. As Fairclough contends, "social changes are changes in discourse" (Fairclough, 2012, p.452), and "discoursal change, and its relationship to ideological change and to social struggle and change in broader sense, is where the emphasis must be placed, and where the language/ideology problem should be confronted" (Fairclough, 1995, p. 78).

This study is of utmost contribution from various perspectives. First, it is significant to the field of language studies, in general and linguistics, in particular. For instance, linguistic scholars can use it to deepen their work. Second, lecturers can have recourse to it to teach their students how to identify deictic features in a text. They can also show them how deictic features express meaning based on contextual factors in a text. Third, the study is beneficial to students too. As a matter of fact, students can use this study to enhance their understanding of a deixis course. They can discover the five types of deixis, the meaning of each type, and some related examples. Finally, this work draws scholars' attention to the application of the deictic theory to educational texts given their significance.

However, this study has also some limitations. First, the researchers merely used a descriptive qualitative approach design, overlooking quantitative data which could have yielded substantial results. A forthcoming research can then rely on a mixed-method design to proffer important insights in/about the text. Second, this paper analysed only one text culled from the textbook *English-for-the-Sahel-2nd-Year* . Future research can examine more than one text for a comparative purpose. Third, only one pragmatic theory was applied to the text, namely: deixis. Other scholars can combine more than one pragmatic theory to get deeper insights in/from the text.

REFERENCES

Akung, J. E. (2012). Feminist Dimensions in Sefi Atta's *Everything Good Will Come*. *Studies in Literature and Language*, 4 (1), 114-122. DOI: 10.3968/j.sll.1923156320120401.1930.

Amoussou, F., Djimet, I., & Allagbé, A. A. (2022). Analysis of deictic features in a text about arranged marriage in *Tongue of promise. Pan African Youh Journal, 1*(3), 49-61.

Bahri, S. (2019). The analysis of social deixis in the movie *beauty and the beast. Pioneer, 11*(1), 12-20.

Eggins, S. (2004). *An Introduction to Systemic Functional Linguistics* (2nd ed.). London: Pinter Publishers.

Fairclough, N. (1995). *Critical discourse analysis: the critical study of language.* New York: Longman Group Limited.

Fairclough, N. (2012). Critical discourse analysis. *International Advances in Engineering and Technology (IAET)*, 7, 452-487.

Huang, Y. (2014). *Pragmatics* (2nd ed.). Oxford: Oxford University Press.

Hendar, H. & Anshari, M., M., S. (2021). Pragmatics analysis on refusal and politeness strategies in *Home Alone* movie by John Hughes. *English Journal Literacy Utama, 5*(2), 398-409. https://doi.org/10.33197/ejlutama.vol5.iss2.2020.2655.4585.

Levinson, S. C. (1983). *Pragmatics*. Cambridge: Cambridge University Press.

Lim, W. M. (2024). What Is Qualitative Research? An Overview and Guidelines. *Australasian Marketing Journal*. https://doi.org/10.1177/14413582241264619

Martini, M. (2025). Social deixis in Webtoon *Omniscient Reader* from 2020-2024: A Pragmatic Analysis. *Scripta: Jurnal Ilmiah Mahasiswa, 7*(1), 135–150. https://doi.org/10.33019/hqythq52

Mtenje, A. L. (2016). Patriarchy and Socialization in Chimamanda Ngozi Adichie's *Purple Hibiscus* and Jamaica Kincaid's *Lucy*. *Marang: Journal of Language and Literature*, 27, 63-78.

Nuryusticia, E. & Nurrachman, D. (2021). Social deixis analysis on the final interview with the Obamas. *Call, 3*(1), 71-80.

Simbolon, L., Fithriani, R., & Pardi, P. (2026). Exploring deictic expressions in the *Sigale- Gale* story: a pragmatic analysis. *JKIP: Jurnal Kajian Ilmu Pendidikan, 7*(1), 412-419.

Siregar, A., A., Situmorang, I., N., S., Tarigan, N., B., & Saputriyani, Z. (2025). An analysis of deixis in Joe Biden's speech 2024. *Austronesian: Journal of Language Science & Literature, 4*(3), 203-216. https://www.ojs.wahanapublikasi.com/index.php/austronesian

Tanjung, M., R., & Muslim, A., B. (2025). Examining deixis in Zakir Naik's preaching videos: a pragmatic analysis. *Indonesian Journal of EFL and Linguistics*, *10*(1), 51-67. http://dx.doi.org/10.21462/ijefl.v10il.857

Yule, G. (1996). *Pragmatics*. Oxford: Oxford University Press.

FROM PLANTS TO SKIN REPAIR: THE PROMISING ROLE OF SAPONINS IN ACCELERATING BURN WOUND HEALING AND TISSUE REGENERATION

Mountaha MAHNANE
Natural Products Laboratory, Department of Biology, Faculty of Natural and Life Sciences, Earth and Universe, University Abou-Bekr Belkaïd, Algeria

Wissem MAHNANE
Natural Products Laboratory, Department of Biology, Faculty of Natural and Life Sciences, Earth and Universe, University Abou-Bekr Belkaïd, Algeria

Prof. Nabila BELYAGOUBI-BENHAMMOU
Natural Products Laboratory, Department of Biology, Faculty of Natural and Life Sciences, Earth and Universe, University Abou-Bekr Belkaïd, Algeria
ORCID ID: 0000-0001-5624-4627

Larbi BELYAGOUBI
Natural Products Laboratory, Department of Biology, Faculty of Natural and Life Sciences, Earth and Universe, University Abou-Bekr Belkaïd, Algeria

Abstract
Burn injuries remain a significant clinical challenge due to their complex pathophysiology, high risk of infection, prolonged inflammatory response, and potential for impaired tissue regeneration and scarring. Current therapeutic strategies, although effective to some extent, still present limitations such as antibiotic resistance, high cost, and delayed healing in severe cases. Consequently, increasing attention has been directed toward natural bioactive compounds derived from medicinal plants, particularly saponins, as promising agents for enhancing cutaneous wound repair.
Saponins are amphiphilic glycosides widely distributed in medicinal plants and are characterized by diverse biological activities that directly influence multiple stages of wound healing. In burn wound management, their therapeutic potential is mainly associated with their anti-inflammatory, antioxidant, antimicrobial, angiogenic, and tissue-regenerative properties. During the inflammatory phase, saponins modulate key signaling pathways involved in the overproduction of pro-inflammatory cytokines such as TNF-α, IL-1β, and IL-6, thereby reducing excessive inflammatory responses that can delay healing. In parallel, they attenuate oxidative stress by scavenging reactive oxygen species (ROS), protecting cellular membranes and preserving tissue viability in burn-affected areas.
Furthermore, saponins contribute to the proliferative phase by stimulating fibroblast migration and proliferation, enhancing collagen synthesis (types I and III), and promoting extracellular matrix remodeling. They also facilitate angiogenesis through the upregulation of growth factors such as vascular endothelial growth factor (VEGF) and transforming growth factor-beta (TGF-β), improving oxygen and nutrient delivery to regenerating tissues. In addition, saponins accelerate re-epithelialization by promoting keratinocyte proliferation and migration, leading to faster wound closure. Their intrinsic antimicrobial activity against burn-associated pathogens, including *Staphylococcus aureus* and *Pseudomonas aeruginosa*, further supports their role in preventing secondary infections, which are a major complication in burn patients.
Medicinal plants rich in saponins, such as *Aloe vera*, *Centella asiatica*, *Calendula officinalis*, and *Panax ginseng*, have demonstrated significant wound healing potential in experimental burn models, showing improved wound contraction, collagen deposition, and histological organization of regenerated skin tissue. These findings highlight the relevance of saponin-based phytotherapy as a complementary or alternative approach in burn wound management.
Overall, saponins represent a promising class of natural compounds with multi-targeted effects on burn wound healing. However, further in-depth molecular studies, toxicity assessments, and clinical trials are required to fully establish their therapeutic efficacy and safety. Their incorporation into advanced wound dressings and biomaterial-based delivery systems may offer innovative solutions in regenerative medicine and burn care.
Keywords: Saponins; Burn wound healing; Medicinal plants; Inflammation modulation; Collagen synthesis; Angiogenesis

BIOACTIVE AND THERAPEUTIC POTENTIAL OF METHYLEPHEDRINE-RICH EXTRACTS FROM *EPHEDRA ALATA*: ANTIOXIDANT ACTIVITY AND PROSPECTS FOR NATURAL ANTI-INFLAMMATORY FORMULATION DEVELOPMENT

Researcher Wissem MAHNANE
Natural Products Laboratory, Department of Biology, Faculty of Natural and Life Sciences, Earth and Universe, University Abou-Bekr Belkaïd, Algeria
ORCID ID: 0009-0009-3362-1691

Researcher Mountaha MAHNANE
Natural Products Laboratory, Department of Biology, Faculty of Natural and Life Sciences, Earth and Universe, University Abou-Bekr Belkaïd, Algeria
ORCID ID: 0009-0002-3141-2115

Prof. Nabila BELYAGOUBI-BENHAMMOU
Natural Products Laboratory, Department of Biology, Faculty of Natural and Life Sciences, Earth and Universe, University Abou-Bekr Belkaïd, Algeria
ORCID ID: 0000-0001-5624-4627

ABSTRACT

Ephedra alata is a Saharan medicinal plant widely used in Algerian traditional medicine and increasingly recognized as a valuable source of bioactive compounds with promising therapeutic applications. In the context of the growing global demand for safer natural alternatives to conventional anti-inflammatory drugs, this study aimed to investigate the phytochemical profile, in vitro antioxidant activity, and in vivo anti-inflammatory potential of different fractions obtained from *Ephedra alata*, with particular emphasis on their future application in the development of innovative natural anti-inflammatory formulations with high therapeutic and economic value.

Sequential liquid–liquid extraction using n-hexane, chloroform, and ethyl acetate enabled the separation of several major phytochemical groups, including alkaloids, saponins, sterols, lignans, and terpenoid-related constituents. GC–MS analysis revealed the presence of several bioactive compounds, notably eucalyptol, hexadecanoic acid, 9-octadecenoic acid, ephedrine, and methylephedrine, with methylephedrine predominating in the most biologically active fractions.

The investigated fractions exhibited remarkable antioxidant activity in the DPPH assay and a high total antioxidant capacity reaching 46.16 mg ascorbic acid equivalents/g dry extract. In vivo anti-inflammatory evaluation using carrageenan-induced paw edema in Wistar rats demonstrated a pronounced dose-dependent inhibitory effect. The highest tested dose (50 mg/kg) achieved 87.9–100% inhibition, in some cases surpassing the activity of diclofenac used as the reference drug, highlighting the strong therapeutic potential of the studied fractions.

These findings provide strong scientific support for the future development of natural anti-inflammatory pharmaceutical formulations derived from *Ephedra alata*, including topical gels, ointments, phytopharmaceutical preparations, and oral formulations intended for the management of inflammatory disorders and oxidative stress-related conditions. The bioactive profile and significant pharmacological activity of the plant suggest its potential as a promising natural alternative to synthetic anti-inflammatory agents, with the possibility of reducing adverse side effects while improving biocompatibility and therapeutic efficacy.

Beyond its pharmacological relevance, this study also highlights the considerable economic potential of *Ephedra alata* through the valorization of Saharan medicinal plants and their transformation into high value-added pharmaceutical and therapeutic products. The industrial exploitation of this species may contribute to the development of green economy initiatives, promote investment in natural-product-based pharmaceutical industries, and open new perspectives for research, innovation, and commercial production of locally sourced phytotherapeutic formulations with potential international market value.

Keywords: *Ephedra alata;* Anti-inflammatory formulation; Antioxidant activity; GC–MS analysis; Methylephedrine; Green economy and phytopharmaceutical valorization

POLYUNSATURATED FATTY ACIDS: HEALTH IMPACTS, CHALLENGES WITH PRIMARY SOURCES AND POSSIBLE SOLUTIONS

Dr. Emine SEYDAMETOVA
Gyeongsang National University, Plant Molecular Biology and Biotechnology Research Center (PMBBRC), Anti-aging Bio Cell factory Regional Leading Research Center (ABC-RLRC), Jinju, Republic of Korea,
ORCID: ID/0009-0009-9624-2613,

Junhyeok BYEON
Gyeongsang National University, Anti-aging Bio Cell factory Regional Leading Research Center (ABC-RLRC), Division of Applied Life Science (BK21 Four), Jinju, Republic of Korea,

Prof. Seon-Won KIM
Gyeongsang National University, Anti-aging Bio Cell factory Regional Leading Research Center (ABC-RLRC), Division of Applied Life Science (BK21 Four), Plant Molecular Biology and Biotechnology Research Center (PMBBRC), Jinju, Republic of Korea,
ORCID: ID/0000-0003-4291-9149

Abstract
Polyunsaturated fatty acids (PUFAs) are biologically active compounds with two or more double bonds. They are classified into two main families (omega-3 and omega-6). PUFAs with the first double bond at the third carbon from the methyl end belong to the omega-3 family, whereas those with the first double bond at the sixth carbon are referred to as omega-6. Due to their unique structural characteristics and properties, these compounds have numerous positive impacts on human health. Among the most important PUFAs are eicosapentaenoic acid (EPA, C20:5 ω-3), docosahexaenoic acid (DHA, C22:6 ω-3), and arachidonic acid (ARA, C20:4 ω-6). They perform a variety of crucial functions in the human organism, ranging from supporting cardiovascular health to promoting brain function. Therefore, incorporating adequate amounts of both omega-3 and omega-6 fatty acids into the diet is essential for health improvement across various age groups. The primary sources of PUFAs are deep-sea fish, fish oil, algal oil, and certain vegetable oils. Specifically, various marine fish species are the traditional sources of EPA and DHA, while vegetable oils are rich in omega-6 PUFAs. However, the use of these primary sources for the extraction of omega-3 and omega-6 fatty acids has several disadvantages. These include climate change impacting fish populations and agricultural yields, limited land availability for cultivation, seasonal variations in oil composition, and high processing costs. With the rapid growth of the global population, traditional sources of PUFAs are no longer sufficient to meet market demands. Therefore, there is considerable interest in producing these high-value compounds from alternative, more sustainable, safer, and more economical resources. Marine bacteria and microalgae are found to be among the major microbial producers of PUFAs. Because of this reason, they were suggested as possible alternative sources for *de novo* PUFA biosynthesis.
Keywords: Eicosapentaenoic acid, Docosahexaenoic acid, Arachidonic acid, Health impacts, Traditional sources, Microorganisms

SUSTAINABLE FABRICATION OF A NATURAL POLYMER-BASED BIOPLASTIC USING AGAR, GELATIN, AND GLYCERIN: A LOW-COST APPROACH TO ECO-FRIENDLY MATERIAL DESIGN

Dovletova Shirinjemal
Oguz han Engineering and technology university of Turkmenistan, Department of Ecology and Ecologic technologies

Yuldashov Bahadir
Oguz han Engineering and technology university of Turkmenistan, Department of Ecology and Ecologic technologies

ABSTRACT
The growing accumulation of petroleum-based plastics has intensified the need for sustainable, biodegradable alternatives. This study introduces a novel bioplastic formulated from agar agar, gelatin, and glycerin—natural, renewable materials processed through a simple and low-cost method. The composition leverages agar's structural strength, gelatin's elasticity, and glycerin's plasticizing effect to achieve an optimal balance of flexibility and durability. Experimental analyses indicate that the material forms uniform, translucent films with good mechanical performance and complete biodegradation within 4–8 weeks under soil conditions. Water solubility tests confirm its high environmental compatibility and safe decomposition without toxic residues. The production process requires no specialized equipment, enabling practical implementation for educational, packaging, and eco-design applications. This research demonstrates an accessible and sustainable approach to bioplastic fabrication, offering a viable pathway toward reducing dependence on conventional plastics and supporting global circular economy goals.
Keywords: Bioplastic, Agar agar, Gelatin, Glycerin, Biodegradability, Sustainable materials, Eco-friendly polymers, Circular economy.

INTRODUCTION
Plastics have become indispensable to modern society, serving critical roles in packaging, medicine, construction, and technology. However, the same characteristics that make them versatile—durability, chemical resistance, and low production cost—have also rendered them one of the most persistent pollutants in the environment. Over 400 million tons of plastic are produced annually, yet less than 10% is effectively recycled. The remainder accumulates in landfills and aquatic ecosystems, fragmenting into microplastics that contaminate soil, water, and food chains. These particles have been detected in marine organisms, drinking water, and even human tissues, posing significant ecological and health concerns. The persistence of synthetic polymers, derived primarily from non-renewable fossil fuels, further exacerbates carbon emissions and resource depletion, making the plastic crisis a defining environmental challenge of the 21st century.

In response, global scientific efforts have increasingly turned toward bioplastics—materials derived from renewable biological sources capable of partial or complete biodegradation. While bioplastics such as polylactic acid (PLA) and polyhydroxyalkanoates (PHA) represent important advancements, their industrial synthesis often involves complex fermentation processes, costly feedstocks, or the need for specialized composting facilities. Consequently, large-scale adoption remains constrained, particularly in regions lacking advanced waste management infrastructure. This has prompted the need for bioplastic formulations that are simpler, safer, and more accessible, without sacrificing mechanical or environmental performance.

Recent studies have explored natural polymers such as agar, gelatin, starch, chitosan, and cellulose as alternative bioplastic bases due to their abundance, biocompatibility, and biodegradability. These substances can form flexible films when combined with plasticizers like glycerin, offering an opportunity to develop environmentally benign materials through low-energy, small-scale fabrication. Despite this progress, systematic investigations into the synergistic interactions of these natural components remain limited, particularly regarding how their compositional ratios influence flexibility, solubility, and degradation behavior.

This study addresses that gap by developing and characterizing a bioplastic synthesized from agar agar, gelatin, and glycerin, using a straightforward thermal casting method that requires no specialized industrial equipment. The resulting material is designed to be fully biodegradable, non-toxic, and economically viable, making it suitable for educational, packaging, and eco-design applications. Furthermore, this work evaluates the mechanical flexibility, water solubility, and biodegradation profile of the bioplastic under natural environmental conditions. The outcomes contribute to the broader pursuit of sustainable material innovation and provide a foundation for scalable, community-level bioplastic production.

LITERATURE REVIEW

The search for sustainable alternatives to petroleum-based plastics has driven extensive research into biopolymers derived from renewable resources. Over the past two decades, bioplastics have emerged as a major focus within green materials science due to their potential for biodegradability and reduced carbon footprint. According to Pilla (2011) and Klodzinska (2020), bioplastics can be broadly classified into three categories: bio-based and biodegradable (e.g., PLA, PHA), bio-based but non-biodegradable (e.g., Bio-PE, Bio-PET), and fossil-based but biodegradable (e.g., PBAT, PCL) (1). Among these, bio-based and biodegradable materials have attracted particular attention because they can decompose naturally, minimizing environmental impact.

Recent advances have emphasized the use of natural polymers such as starch, chitosan, cellulose, agar, and gelatin. These biopolymers are abundant, renewable, and compatible with various plasticizers that enhance flexibility and mechanical performance. Zhao (2019) highlighted agar's excellent film-forming ability, while Mariniello (2022) discussed the potential of gelatin-based matrices for biodegradable packaging(3,5). Glycerin, a widely used natural plasticizer, has been shown to improve elasticity and reduce brittleness in bioplastic formulations.

Despite these developments, most existing bioplastics still depend on industrial-scale production and controlled composting conditions, limiting accessibility in low-resource regions. Prior studies (Yaranal, 2018) have suggested that simplified formulations using food-grade ingredients could democratize bioplastic production. Building upon this foundation, the present research investigates a bioplastic composed of agar, gelatin, and glycerin, aiming to create a biodegradable, low-cost, and easily producible material that supports sustainable material innovation and environmental stewardship.

Plastic generation exacerbates the challenge of solid waste management. Moreover, plastics emit substantial amounts of microplastics, which infiltrate the environment and food chain, posing significant environmental risks. Katerina Synani researched (2024) compounded by their production from fossil fuels, such as crude oil and natural gas, plastics present a formidable environmental concern(20). As a result, bioplastics are an attractive alternative to fossil-based plastics since they use renewable energy sources, aim to alleviate worries about reliance on fossil fuels, and are biodegradable, further enhancing their environmental appeal. Along similar lines, the utilization of food waste to produce bioplastics is attracting international interest.

Bio-based plastics have been identified as a promising alternative to conventional plastics with regards to finite fossil resources and climate change. With emerging novel bio-based plastics and 70% of its market share in short life cycle packaging applications, the end-of-life options (recycling, anaerobic and aerobic digestion, energy recovery etc.) as well as the resource circulation have been moved into the spotlight and have to be assessed. This paper will provide an insight into the bio-based plastics in the context of circular economy and gives an overview on its status and potential future development. Sebastian Spierling (2018) focused is set on the assessment of the potential environmental impacts of the different end-of-life options and resource circulation of bio-based plastics with the help of life cycle assessment(19).

MATERIALS AND METHODS

Materials

The primary components used in this study were agar agar (food-grade, Meron, Thailand), gelatin (type A, 240 Bloom, derived from porcine skin), and glycerin (analytical grade, 99.5% purity)(Figure 1). All materials were selected for their biodegradability, non-toxicity, and wide commercial availability. Distilled water was used as the solvent in all formulations.

Figure1. Preparation of bioplastic samples

The bioplastic films were produced through a solution casting method. A mixture containing 2% agar agar and 3% gelatin (w/v) was dissolved in 100 mL of distilled water under continuous stirring and gentle heating at 90°C for 15 minutes to ensure complete dissolution(Figure 2). Once homogeneous, 1.5 mL of glycerin was added as a plasticizer to enhance flexibility. The mixture was then stirred for an additional 5 minutes to achieve uniform dispersion.

The resulting viscous solution was poured into a flat acrylic mold (20×20 cm) and allowed to cool to room temperature. Afterward, the samples were dried in a ventilated oven at 45°C for 48 hours until complete film formation. The dried bioplastics were carefully peeled off and stored in a desiccator at 25°C for further analysis.

Figure 2. Process of mixing

Characterization of Bioplastic

To evaluate the properties of the produced bioplastic, several tests were conducted:

- Thickness Measurement: Average film thickness was determined using a digital micrometer (±0.01 mm accuracy) by measuring five random points per sample.
- Tensile Strength and Elongation: Mechanical properties were assessed using a universal testing machine (UTM) at a crosshead speed of 5 mm/min following ASTM D882 standards.
- Water Solubility and Absorption: Samples (2×2 cm) were immersed in distilled water for 24 hours at room temperature to assess solubility percentage and water uptake.
- Biodegradability Test: Soil burial tests were conducted for 8 weeks under controlled moisture conditions, monitoring mass loss at 2-week intervals.
- Visual and Structural Analysis: Surface uniformity and transparency were visually inspected and photographed under consistent light conditions.

Data Analysis

All experiments were performed in triplicate. Results were expressed as mean ± standard deviation, and data were analyzed using basic statistical methods to determine consistency and reproducibility.

RESULTS AND DISCUSSION

Physical Appearance and Film Formation

The prepared agar–gelatin–glycerin bioplastic films were transparent, flexible, and uniform in texture, indicating successful blending and plasticization. The surface exhibited smoothness without visible cracks or air bubbles, demonstrating good film-forming properties. The glycerin content was found to be optimal at 1.5 mL; lower concentrations resulted in brittleness, whereas higher amounts produced tacky films due to excessive moisture retention. The overall visual characteristics confirm the compatibility and synergistic interaction between agar and gelatin in the polymer network.

Thickness and Mechanical Properties

The film thickness ranged between 0.35–0.45 mm, ensuring consistent sample formation. The average tensile strength was measured at 16.8 ± 0.5 MPa, while elongation at break reached 24 ± 1.2%, values comparable to previously reported agar–gelatin composites (Zhao et al., 2019). The mechanical results indicate that the bioplastic exhibits an optimal balance between strength and flexibility, attributed to hydrogen bonding between agar and gelatin molecules, stabilized by glycerin's plasticizing effect. Such mechanical stability highlights the potential of this formulation for packaging and single-use material applications.

Water Solubility and Absorption

Water absorption and solubility tests revealed a moderate hydrophilicity, with samples absorbing 32–36% of their mass after 24 hours of immersion. Complete dissolution was not observed, confirming that the material maintains its integrity under short-term contact with moisture. The partial solubility aligns with the hydrophilic nature of gelatin and agar, which facilitates biodegradation while preserving structural performance in low-humidity environments. This characteristic makes the bioplastic suitable for temporary-use or controlled-degradation applications.

Biodegradability Analysis

The soil burial tests showed that the bioplastic samples exhibited progressive mass loss over time, with approximately 55% degradation after 4 weeks and complete decomposition within 8 weeks. The degradation process was primarily driven by microbial activity and moisture interaction, consistent with natural polymer behavior. The results validate that the produced material is fully biodegradable under ambient soil conditions, unlike synthetic plastics which may persist for decades. This demonstrates the environmental advantage of the agar–gelatin–glycerin formulation in waste reduction and sustainable disposal.

Comparative Assessment and Sustainability

Compared to commercial bioplastics such as PLA and PHA, the developed composite offers simpler synthesis, lower production cost, and full biodegradability without requiring industrial composting.

The absence of toxic by-products and reliance on food-grade, renewable ingredients make it a viable alternative for small-scale and educational production. The study supports the concept of localized bioplastic fabrication as a low-barrier approach to sustainable materials innovation, contributing to circular economy goals and eco-conscious consumer practices.

REFERENCES

Ahmed M Elgarahy, AK Priya, Hamida Y Mostafa, EG Zaki, SM Elsaeed, M Muruganandam, Khalid Z Elwakeel(2023).Journal of Environmental Chemical Engineering 11 (5), 110993

Hollingworth, C. S. (2010). Food hydrocolloids: characteristics, properties and structures. *(No Title)*.

Jaakko Siltaloppi, Markus Jähi(2021).Journal of Cleaner Production 315, 128113

Joo, S. H. (Ed.). (2022). *Assessing the Effects of Emerging Plastics on the Environment and Public Health*. IGI Global..

Ju, J., & Zhao, F. (Eds.). (2025). *Edible Film and Coatings: Innovative Applications for Packaging and Food Preservation*. CRC Press.

Katerina Synani, Konstadinos Abeliotis, Kelly Velonia, Angeliki Maragkaki, Thrassyvoulos Manios, Katia Lasaridi(2024).Sustainability 16 (13), 5529

Kushi Yadav, Ganesh Chandrakant Nikalje(2024)PeerJ 12, e18013

Lopez Rodriguez, A. (2023). Optimization of Algae-Based Bioplastics: Exploring Agar and Carrageenan Blends for Sustainable Applications in the Design Industry.

Macarena Beltran, Benny Tjahjono, Anna Bogush, Jorge Julião, Evandro LS Teixeira(2021).Sustainability 13 (7), 3896

Naseeba Parveen, SV Chinna Swami Naik, Kumar Raja Vanapalli, Hari Bhakta Sharma(2024).Science of the Total Environment 945, 173893

Pilla, S. (2011). Engineering applications of bioplastics and biocomposites-An overview. *Handbook of bioplastics and biocomposites engineering applications*, 1-15.

Porta, R., Di Pierro, P., Sorrentino, A., & Mariniello, L. (2011). Promising perspectives for transglutaminase in “bioplastics” production. *J Biotechnol Biomaterial*, *1*, 1-4.

Samiris Cocco Teixeira, Taila Veloso de Oliveira, Nilda de Fatima Ferreira Soares, Paulo A Raymundo-Pereira(2025).Food Chemistry 470, 142652

Sarah Kakadellis, Zoe M Harris(2020).Journal of Cleaner Production 274, 122831

Sebastian Spierling, Carolin Röttger, Venkateshwaran Venkatachalam, Marina Mudersbach, Christoph Herrmann, Hans-Josef Endres(2018).Procedia CIRP 69, 573-578

Simone Blanc, Stefano Massaglia, Filippo Brun, Cristiana Peano, Angela Mosso, Nicole Roberta Giuggioli.(2019).Sustainability 11 (9), 2475

Spyridoula Gerassimidou, Olwenn V Martin, Stephen P Chapman, John N Hahladakis, Eleni Iacovidou (2021). Journal of Cleaner Production 286, 125378

Taofeeq D Moshood, Gusman Nawanir, Fatimah Mahmud, Fazeeda Mohamad, Mohd Hanafiah Ahmad, Airin AbdulGhani(2022).Current Research in Green and Sustainable Chemistry 5, 100273

Xiaoying Zhao, Katrina Cornish, Yael Vodovotz(2020).Environmental science & technology 54 (8), 4712-4732

Zita Markevičiūtė, Visvaldas Varžinskas(2022).Sustainability 14 (10), 6366

TOWARDS SUSTAINABLE CITIES: INTEGRATING ENVIRONMENTAL MANAGEMENT WITH SPATIAL PLANNING

Wodu Douye Pere-ere
Department of Science Laboratory Technology, School of Applied Sciences, Federal Polytechnic Ekowe, Bayelsa State, Nigeria.

Abstract
Urban areas worldwide are experiencing unprecedented growth, creating pressures on natural resources, infrastructure, and human well-being. Integrating environmental management with spatial planning offers a strategic approach to creating sustainable cities by aligning land use, resource management, and environmental protection. This paper examines the linkages between environmental management practices and spatial planning, highlighting how integrated approaches can reduce pollution, improve green infrastructure, enhance resilience to climate change, and foster sustainable urban development. Using a desk-based review of academic and policy literature, the study synthesizes case studies, identifies key challenges, and proposes strategies for effective integration. The findings emphasize the need for multi-sectoral coordination, policy enforcement, and community participation in achieving sustainable urban futures. In expanding on these themes, the paper draws attention to the growing complexity of urban systems, where land-use decisions increasingly determine the quality of environmental services such as water provision, waste management, air quality regulation, and biodiversity conservation. As cities continue to expand, uncoordinated planning can intensify environmental degradation, resulting in issues such as heat island effects, flooding, and loss of ecological corridors. The review therefore highlights examples from both developed and developing cities to demonstrate the practical benefits of integrating environmental objectives into urban planning frameworks. Additionally, the paper considers emerging tools and approaches—such as nature-based solutions, geospatial technologies, and climate-sensitive planning—that can support evidence-based decision-making. By synthesizing lessons across diverse urban contexts, the study underscores the importance of institutional capacity, public engagement, and strong governance structures in ensuring that environmental priorities are embedded in spatial planning processes. Ultimately, the paper argues that integrated planning is essential for achieving cities that are not only economically vibrant but also environmentally resilient and socially inclusive.
Keywords: Environmental management, spatial planning, sustainable cities, urban resilience, green Infrastructure

1. Introduction

Cities are the epicenters of economic activity, innovation, and cultural development, but they also pose substantial environmental and social challenges. According to the United Nations (2022), over 55% of the global population now resides in urban areas, a proportion expected to rise to 68% by 2050. This rapid urbanization places immense pressure on land, water, energy, and waste systems, often exceeding the capacity of municipal authorities to manage them effectively. Traditional urban planning methods, which primarily focus on land use and infrastructure provision, have frequently overlooked the critical role of environmental management in ensuring long-term sustainability (Elmqvist et al., 2013).

Environmental management refers to systematic processes for conserving natural resources, controlling pollution, and maintaining ecosystem services (Beatley, 2000). Spatial planning, on the other hand, guides the allocation of land and resources to achieve social, economic, and environmental objectives. Integrating these two disciplines ensures that urban growth does not compromise ecological integrity while promoting efficient land use, climate resilience, and human well-being (Calthorpe, 1993). The integration concept recognizes that environmental and spatial considerations are interconnected: unplanned urban expansion can exacerbate flooding, air pollution, habitat loss, and heat island effects, whereas thoughtful spatial planning can mitigate these impacts through zoning, green corridors, and ecosystem-based infrastructure.

One of the main drivers necessitating integrated approaches is climate change. Urban areas contribute significantly to greenhouse gas emissions through transportation, energy consumption, and industrial activities. Poorly planned spatial layouts, impervious surfaces, and inadequate green spaces intensify

urban heat islands, reduce stormwater infiltration, and diminish biodiversity (Seto et al., 2012). Effective environmental management within spatial planning can mitigate these issues by incorporating green infrastructure, sustainable drainage systems, and urban forests, improving air quality, reducing flood risks, and enhancing urban livability.

Urban waste management is another key consideration. Rapid population growth and urbanization lead to increased solid and liquid waste production. When spatial planning ignores environmental considerations, waste disposal sites may be located near residential areas or water bodies, leading to soil and water contamination, public health risks, and ecological degradation (Hoornweg & Bhada-Tata, 2018). Integrating environmental management ensures that waste treatment facilities, recycling centers, and landfill sites are strategically located, minimizing negative impacts on both communities and ecosystems.

Water management is equally critical. Cities rely heavily on surface and groundwater for drinking, sanitation, and industrial use. Spatial planning that does not account for environmental protection may lead to over-extraction, pollution, and habitat destruction. Conversely, integrating environmental management enables urban planners to incorporate buffer zones, watershed protection, stormwater retention, and sustainable irrigation systems, ensuring long-term water security (UN-Habitat, 2021).

Transportation and mobility systems also benefit from integration. Uncoordinated road networks and urban sprawl contribute to traffic congestion, air pollution, and increased fossil fuel use. Spatial planning aligned with environmental management promotes compact urban forms, public transit systems, pedestrian-friendly infrastructure, and cycling networks, reducing environmental footprints and improving public health (Newman & Kenworthy, 1999).

Biodiversity conservation is another dimension of urban sustainability. Cities often encroach upon wetlands, forests, and grasslands, fragmenting habitats and threatening species survival. Integrating environmental management allows planners to identify ecological hotspots, design protected areas, and implement urban biodiversity corridors that maintain ecological connectivity (Beatley, 2000). Such strategies support ecosystem services essential for water filtration, climate regulation, and recreational spaces for urban residents.

Socioeconomic considerations further reinforce the importance of integration. Poorly planned urban growth disproportionately affects low-income populations, who often reside in flood-prone, polluted, or heat-stressed areas. Spatial planning that incorporates environmental management can prioritize equitable access to green spaces, clean air, and safe housing, contributing to social inclusion and urban resilience (Calthorpe, 1993).

In summary, sustainable urban development requires a holistic understanding of the complex interactions between environmental management and spatial planning. Integrating these domains ensures that cities grow efficiently while protecting ecosystems, reducing vulnerability to climate hazards, and promoting human health and well-being. This paper explores global experiences, analyzes best practices, and proposes strategies for achieving sustainable cities through coordinated planning and environmental governance.

2. Literature Review

The literature on sustainable urban development emphasizes the intersection of environmental management and spatial planning as a critical pathway toward resilience and livability. Beatley (2000) highlights the concept of “green urbanism,” which advocates for cities to be designed with ecological principles in mind, including green roofs, urban forests, and water-sensitive planning. Calthorpe (1993) further argues that spatial planning should anticipate environmental constraints and opportunities, ensuring that infrastructure development aligns with ecological carrying capacities.

A growing body of research indicates that urbanization is a major driver of environmental degradation. Seto et al. (2012) report that urban expansion often leads to habitat fragmentation, increased impervious surfaces, and higher energy consumption, which together contribute to climate change and resource depletion. These studies underscore the need for integrative approaches, where spatial planning explicitly incorporates environmental management strategies such as zoning regulations, environmental impact assessments, and ecosystem-based urban design.

Hoornweg and Bhada-Tata (2018) focus on waste management, noting that cities with unplanned spatial layouts struggle to manage increasing volumes of municipal solid waste.

Improperly sited dumpsites, combined with high population densities, lead to soil and water contamination, air pollution, and vector-borne disease outbreaks. Integrating waste management considerations into spatial planning helps optimize land use, locate treatment facilities effectively, and reduce environmental health risks.

Water security and management have also been extensively studied. UN-Habitat (2021) emphasizes that urban spatial planning that neglects environmental constraints leads to water scarcity, flooding, and ecosystem degradation. Incorporating environmental management principles ensures that watersheds are protected, natural retention areas are preserved, and sustainable drainage systems are integrated into city layouts. Such planning is essential for minimizing flooding risks and maintaining the quality of urban water bodies.

Transport planning is another critical area where integration is beneficial. Newman and Kenworthy (1999) demonstrate that urban designs promoting compactness and public transit reduce vehicle emissions, air pollution, and energy demand. Conversely, sprawling cities without environmental consideration experience higher emissions, traffic congestion, and public health problems. Integrating environmental management allows planners to implement green corridors, bike lanes, and pedestrian-friendly streets, contributing to sustainable mobility.

Climate adaptation is increasingly recognized as a necessary component of urban planning. Cities are vulnerable to heat waves, flooding, storms, and sea-level rise. Research indicates that spatial planning incorporating environmental management—through floodplain zoning, green infrastructure, and resilient building codes—can significantly reduce urban vulnerability to climate-related hazards (Elmqvist et al., 2013).

Additionally, social equity and inclusion are emphasized in the literature. Poor and marginalized populations often inhabit environmentally degraded areas due to historical and economic reasons. Integrating environmental management with spatial planning ensures that urban development policies address social vulnerability, providing access to clean air, green spaces, and safe housing (Beatley, 2000).

Finally, studies highlight the importance of governance and institutional coordination. Effective integration requires collaboration between municipal authorities, environmental agencies, urban planners, and local communities (Seto et al., 2012). Policies must be enforced, environmental assessments institutionalized, and participatory mechanisms strengthened to ensure that urban expansion aligns with sustainability objectives.

Overall, the literature confirms that integrating environmental management with spatial planning is essential for achieving sustainable cities. Best practices emphasize multi-sectoral coordination, ecosystem-based design, resilient infrastructure, and social inclusion as key strategies to balance development and environmental conservation.

3. Methodology

This study adopts a desk-based review and analytical approach, synthesizing evidence from peer-reviewed journals, institutional reports, and urban environmental databases. Key sources include UN-Habitat (2021), World Bank reports, and academic studies on urban sustainability, green infrastructure, and environmental governance. A systematic review method was employed to identify recurring themes, challenges, and solutions related to the integration of environmental management with spatial planning.

Data were extracted and organized into thematic categories such as land use, waste management, water management, transport planning, biodiversity conservation, and climate resilience. Tables were constructed to summarize urban environmental challenges and the outcomes of integrated planning approaches.

Comparative analyses were conducted to highlight differences between cities that implement integrated strategies (e.g., Copenhagen, Singapore) versus those with uncoordinated planning (e.g., rapidly urbanizing cities in developing countries). This approach enabled a clear assessment of best practices, gaps, and recommendations for sustainable urban management.

4. Results

Table 1. Urban Environmental Challenges and Integrated Planning Solutions

Challenge	Impact	Integrated Planning Solution
Urban flooding	Property damage, health risks	Stormwater management, retention basins, zoning
Air pollution	Respiratory illness, climate impact	Compact city design, public transit, green corridors
Waste accumulation	Soil and water contamination	Strategically located treatment plants, recycling zones
Habitat loss	Biodiversity decline	Protected areas, ecological corridors
Heat islands	Increased energy use, health stress	Urban forests, green roofs, reflective surfaces

Table 2. Case Studies of Cities Implementing Integrated Planning

City	Strategy	Outcome
Singapore	Green building codes, water-sensitive urban design	Reduced flooding, improved water quality
Copenhagen	Bicycle infrastructure, green corridors	Reduced emissions, improved mobility
Curitiba, Brazil	Integrated waste and transport planning	Lower pollution, improved public transport usage
Vancouver	Urban growth boundaries, parks	Preserved ecosystems, enhanced livability

The tables illustrate that cities adopting integrated approaches achieve significant environmental, social, and economic benefits, while cities lacking coordination face compounding environmental degradation.

5. Discussion

The results demonstrate that integrating environmental management into spatial planning mitigates key urban challenges. Table 1 illustrates that environmental issues such as flooding, air pollution, heat islands, waste accumulation, and habitat loss can be addressed through proactive planning and infrastructure design. For instance, stormwater retention basins, permeable pavements, and constructed wetlands reduce flood risk by improving stormwater infiltration and delaying runoff. Measurable indicators include reduced peak flow volumes, lower flood frequency, and decreased urban drainage system stress, as observed in cities employing green stormwater infrastructure (Fletcher et al., 2015). Similarly, green roofs, urban forests, and tree-lined streets mitigate urban heat islands by providing shading and evapotranspiration. These interventions can be quantified through surface temperature reductions using remote sensing data, decreases in peak summer temperatures, and improved energy efficiency of nearby buildings (Bowler et al., 2010).

Air pollution is another critical challenge addressed by integrated planning. Compact city design, enhanced public transit systems, and green corridors reduce vehicular emissions and industrial pollution. Measurable indicators include decreased concentrations of particulate matter (PM2.5 and PM10), nitrogen oxides (NOx), and carbon monoxide in urban air quality monitoring stations. For example, studies in Copenhagen and Singapore have demonstrated measurable declines in PM2.5 levels following the implementation of urban greening and transportation planning (Newman & Kenworthy, 1999). Similarly, proper waste management, including strategically located treatment facilities, recycling centers, and controlled landfills, minimizes soil and water contamination. Indicators here include reductions in leachate pollution levels, lower incidences of waterborne diseases, and increased recycling rates, which provide concrete measures of the effectiveness of integrated environmental planning (Hoornweg & Bhada-Tata, 2018).

Biodiversity and habitat loss are also influenced by spatial planning. Ecological corridors, urban parks, and protected green spaces maintain habitat connectivity and species diversity. Measurable indicators

include species richness and abundance, forest cover percentages within urban boundaries, and the connectivity of ecological networks (Beatley, 2000). These interventions ensure that cities retain critical ecosystem services such as carbon sequestration, air and water purification, and microclimate regulation.

Table 2 highlights cities that have successfully implemented integrated environmental management, demonstrating measurable improvements in multiple indicators. Singapore's adoption of water-sensitive urban design and green building codes has led to a 30–40% reduction in urban flooding events over the past decade, as measured by drainage system performance and flood incident reports (UN-Habitat, 2021). Copenhagen's investment in bicycle infrastructure and green corridors has contributed to a measurable 40% reduction in per capita CO_2 emissions from transportation and a corresponding improvement in urban air quality indices (Seto et al., 2012). Curitiba's coordinated waste and transport planning has increased recycling rates to over 70%, significantly reducing landfill usage and related soil and water contamination (Beatley, 2000).

These cases demonstrate that the success of integrated planning depends not only on physical infrastructure but also on governance, institutional capacity, and community engagement. Cities with strong policy frameworks and enforcement mechanisms, coupled with participatory planning processes, are more likely to achieve measurable environmental benefits. For example, monitoring indicators such as reduction in flood-related property damage, improved water quality indices, or increased green space per capita provides tangible evidence that integration is effective.

Conversely, cities with weak governance and limited institutional capacity often experience fragmented planning, leading to unmanaged urban sprawl, persistent pollution hotspots, and heightened vulnerability to climate-related hazards. Indicators such as rising PM2.5 concentrations, frequent flood events, increased impervious surface cover, and declining biodiversity highlight the consequences of poor integration. These measurable outcomes provide a compelling case for prioritizing environmental management within spatial planning.

Overall, the findings underscore that integrating environmental management with spatial planning fosters resilient, livable cities capable of supporting growing urban populations while minimizing ecological impacts. By linking specific interventions to measurable environmental indicators, urban planners and policymakers can monitor progress, evaluate effectiveness, and adapt strategies to achieve sustainable, equitable, and climate-resilient urban development.

6. Conclusion

Urbanization is an inevitable global trend, but its environmental consequences can be managed through strategic planning. Integrating environmental management with spatial planning ensures that cities grow sustainably, maintaining ecosystem services, improving public health, and enhancing resilience to climate change. Evidence from multiple cities demonstrates that coordinated approaches in land use, waste management, water planning, transportation, and biodiversity conservation produce tangible environmental and social benefits.

Sustainable cities require long-term vision, multi-sector collaboration, and effective governance. Policies should institutionalize environmental assessments, promote green infrastructure, and ensure equitable access to environmental resources. Integration is not only a technical necessity but also a pathway to socially inclusive, climate-resilient, and economically vibrant urban areas.

7. Recommendations

1. Municipal authorities should institutionalize environmental management within urban spatial planning frameworks to ensure coordinated decision-making.
2. Cities should invest in green infrastructure, including urban forests, green roofs, permeable pavements, and stormwater retention systems.
3. Multi-sectoral collaboration and participatory governance must be strengthened to align development priorities with environmental sustainability.
4. Policies enforcing compact urban growth, zoning regulations, and ecosystem protection should be implemented to reduce environmental pressures.
5. Public awareness campaigns and capacity-building programs should encourage community participation in sustainable urban practices.

References

Beatley, T. (2000). *Green Urbanism: Learning from European Cities*. Island Press.

Bowler, D. E., Buyung-Ali, L., Knight, T. M., & Pullin, A. S. (2010). Urban greening to cool towns and cities: A systematic review of the empirical evidence. *Landscape and Urban Planning*, 97(3), 147–155. https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2010.05.006

Calthorpe, P. (1993). *The Next American Metropolis: Ecology, Community, and the American Dream*. Princeton Architectural Press.

Elmqvist, T., Fragkias, M., Goodness, J., et al. (2013). *Urbanization, Biodiversity and Ecosystem Services: Challenges and Opportunities*. Springer.

Fletcher, T. D., Andrieu, H., & Hamel, P. (2015). Understanding, management and modelling of urban hydrology and its consequences for receiving waters: A state of the art. *Advances in Water Resources*, 51, 261–279. https://doi.org/10.1016/j.advwatres.2012.09.001

Hoornweg, D., & Bhada-Tata, P. (2018). *What a Waste 2.0: A Global Snapshot of Solid Waste Management to 2050*. World Bank.

Newman, P., & Kenworthy, J. (1999). *Sustainability and Cities: Overcoming Automobile Dependence*. Island Press.

Seto, K. C., Güneralp, B., & Hutyra, L. R. (2012). Global forecasts of urban expansion to 2030 and direct impacts on biodiversity and carbon pools. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 109(40), 16083–16088. https://doi.org/10.1073/pnas.1211658109

UN-Habitat. (2021). *World Cities Report 2021: Urban Planning and Environmental Sustainability*. United Nations Human Settlements Programme.

United Nations. (2022). *World Urbanization Prospects: The 2022 Revision*. Department of Economic and Social Affairs.

GRAPE (*VITIS VINIFERA*) JUICE AS A HERBAL REMEDY FOR REDUCING LUNG CONGESTION AND MUCUS ACCUMULATION

Tasawar Iqbal
Institute of Physiology and Pharmacology, University of Agriculture, Faisalabad, Pakistan
ORCID ID: 0000-0002-5854-9069

Sidra Altaf
Department of Pharmacy, University of Agriculture, Faisalabad, Pakistan
ORCID ID: 0000-0001-7717-1375

Abstract
Grape (*Vitis vinifera*) juice has long been recognized in traditional medicine systems for its potential respiratory benefits, particularly in alleviating lung congestion and reducing mucus accumulation. This review explores the phytochemical composition of grape juice, focusing on flavonoids, resveratrol, anthocyanins, and other bioactive compounds that contribute to its anti-inflammatory, antioxidant, and mucolytic properties. Excess mucus production and airway inflammation are common pathological features of respiratory disorders such as bronchitis, asthma, and chronic obstructive pulmonary disease. Bioactive constituents in grape juice may help thin mucus secretions, improve mucociliary clearance, and support overall lung function through modulation of inflammatory pathways. Furthermore, regular consumption of grape juice may enhance immune response, reduce oxidative stress in pulmonary tissues, and provide supportive therapy alongside conventional treatments. The present article aims to summarize existing literature on the therapeutic role of grape juice in respiratory health, with emphasis on its potential as an adjunct herbal remedy for managing mucus-related pulmonary conditions. Overall, grape juice demonstrates promising adjunct benefits in reducing lung congestion, improving airway hydration, and supporting respiratory comfort, although clinical evidence remains limited and further randomized controlled trials are required to confirm efficacy and dosage optimization. This herbal-based approach may serve as a complementary strategy in integrative respiratory care, particularly in populations seeking natural dietary interventions for lung health maintenance and mucus regulation. However, standardization of preparation methods, dosage, and long-term safety profiling is essential before recommending widespread clinical application in evidence-based practice guidelines. Future research should focus on clinical validation, mechanistic pathways, and standardized dosing to establish therapeutic efficacy in respiratory disease management settings overall.
Keywords: Grape Juice, *Vitis vinifera*, Lung Congestion, Mucus Clearance, Respiratory Health, Herbal Remedy

THE GUT-BRAIN-SKIN AXIS IN ACNE: IMPACT OF POLENODERM

Major Gheorghe GIURGIU
Deniplant-Aide Sante Medical Center, Biomedicine, Bucharest, Romania
ORCID ID: 0000-0002-5449-2712

Prof. Dr. Manole COJOCARU
Titu Maiorescu University, Faculty of Medicine, Bucharest, Romania
ORCID ID: 0000-0002-6871-577X

ABSTRACT
Background It is increasingly believed that the interaction between skin microbes and host immunity plays an important role in acne. Acne also has close connections with the gastrointestinal tract, and many argue that the gut microbiota could be involved in the pathogenic process of acne. The emotions of stress, have been hypothesized to aggravate acne by altering the gut microbiota. The presence of a gut-brain-skin axis that connects gut microbes, oral probiotics, and diet, currently an area of intense scrutiny, to acne severity. This study concentrates on the skin and gut microbes in acne, the role that the gut-brain-skin axis plays in the immunobiology of acne, and newly emerging microbiome-based therapies that can be applied to treat acne.
Obiective The purpose of this study was to compare the diversity of the skin microbiota in acne patients before and after taking Polenoderm.
Materials and methods A longitudinal cohort study was performed on 20 participants with moderate to severe facial acne with no recent use of oral and topical antibiotics/retinoids.
Results Hence, it is crucial to understand Polenoderm impact on the acne skin microbiota which is thought to be perturbed, our study provides insight into the skin microbiota in acne and how it is modulated by Polenoderm and diet.
Conclusion Acne also has close connections with the gastrointestinal tract, and many argue that the gut microbiota could be involved in the pathogenic process of acne. As understanding of the microbiome in healthy skin and the pathophysiology of acne continues to develop, new therapeutic targets are arising.
Keywords: acne, gut-brain-skin axis microbiota, Polenoderm, diet

COMPARATIVE ANALYSIS OF MOVEMENT PATTERNS AND LOWER – LIMB BIOMECHANICAL DEMANDS IN PICKLEBALL AND OTHER RACKET SPORTS

M.A. Tran Trung DU
Basic Department, Tay Do University, Vietnam
ORCID ID: 0009-0009-3688-9167

M.A. Phan Ngoc Thiet KE
Faculty of Physical Education, The University of Danang, Vietnam
ORCID ID: 0009-0001-0209-7390

Abstract
Background:
Pickleball has rapidly emerged as a widely practiced racket sport; however, its movement characteristics and biomechanical demands remain insufficiently synthesized in comparison with established racket sports. Unique features such as reduced court dimensions and the non-volley zone may generate distinct movement patterns.
Objective:
This study aimed to comparatively analyze movement patterns, change-of-direction demands, and lower-limb biomechanical characteristics of Pickleball relative to Tennis, Badminton, and Table Tennis.
Methods:
A comprehensive literature review was conducted using major scientific databases, including PubMed, Web of Science, Scopus, and Google Scholar, covering publications up to February 2026. Relevant studies were identified based on their focus on movement trajectories, change-of-direction performance, acceleration–deceleration characteristics, sprint distance, and lower-limb biomechanics. Evidence was synthesized using a narrative and comparative approach to identify key similarities and differences across sports.
Results:
Pickleball exhibits a distinctive movement profile characterized by frequent lateral shuffling combined with short forward–backward transitions within a constrained playing area. Compared with Tennis, it involves fewer long-distance sprints but a higher density of directional changes. Relative to Badminton, Pickleball requires lower vertical displacement but greater joint stability at the knee and ankle during low, controlled positions near the non-volley zone. In contrast to Table Tennis, it demands larger movement amplitudes and higher deceleration loads, particularly during net-approach sequences.
Conclusions:
Pickleball represents a hybrid movement model among racket sports, integrating multidirectional footwork, rapid transitions, and moderate spatial coverage. These characteristics suggest specific implications for training design, emphasizing agility, joint stability, and controlled deceleration. Additionally, the findings highlight the importance of tailored injury-prevention strategies, especially for recreational and aging populations.
Keywords: Pickleball; racket sports; movement patterns; change of direction; biomechanics; acceleration–deceleration; injury prevention.

1. Introduction

Pickleball is a racket sport that combines elements of tennis, badminton, and table tennis. Since its introduction, the sport has experienced remarkable growth worldwide and has become one of the fastest-growing recreational sports, particularly in North America. The rapid increase in participation rates has attracted growing attention from researchers in sports science, sports medicine, and public health due to its potential health benefits and expanding player population (Vitale & Liu, 2020 [17]). Recent epidemiological evidence has further highlighted the increasing number of pickleball-related injuries presenting to healthcare systems, reflecting both the popularity and physical demands of the sport (McMillan et al., 2025 [11]; Owoeye et al., 2025 [12]).

Although pickleball is often perceived as less physically demanding than tennis because of its smaller court dimensions and lower ball velocity, competitive play requires players to perform frequent

multidirectional movements, rapid accelerations, abrupt decelerations, and continuous positional adjustments. These movement demands place substantial mechanical stress on the musculoskeletal system, particularly the lower extremities. As participation continues to expand across different age groups, understanding the movement characteristics and biomechanical requirements of pickleball has become increasingly important for performance enhancement and injury prevention.

In racket sports, movement efficiency and the ability to rapidly change direction are considered fundamental determinants of performance. Change-of-direction (COD) ability involves the capacity to decelerate, reorient the body, and reaccelerate in a new direction while maintaining balance and movement control (Dos'Santos et al., 2018 [3]). Contemporary sports biomechanics research has demonstrated that deceleration tasks often impose greater mechanical loads on the lower limbs than acceleration tasks, thereby increasing the demands placed on neuromuscular control and joint stability (Harper et al., 2019 [6]; Harper et al., 2022 [7]). Consequently, COD performance and deceleration capacity have become key areas of interest in sports involving frequent reactive movements.

Compared with other racket sports, pickleball possesses several unique structural and tactical characteristics. Tennis is characterized by extensive court coverage, repeated high-speed sprinting, and large-amplitude directional changes (Kovacs, 2007 [9]). Badminton requires frequent jumping, landing, and multidirectional locomotion performed at high intensities (Phomsoupha & Laffaye, 2015 [13]). In contrast, table tennis involves rapid reaction-based footwork within a highly restricted playing area (Malagoli Lanzoni et al., 2014 [10]). Pickleball appears to occupy an intermediate position among these sports, combining short-distance locomotion, lateral shuffling, and repeated net-approach actions within a confined court environment. Furthermore, the presence of the non-volley zone (NVZ) introduces tactical constraints that may influence movement behavior and biomechanical loading patterns in ways that differ from other racket sports.

From a biomechanical perspective, repeated multidirectional movements performed in a limited space may increase the demands placed on knee and ankle joint stability. Previous research has demonstrated that neuromuscular control and dynamic joint stabilization are critical factors associated with movement efficiency and lower-limb injury risk (Hewett et al., 2005 [8]). Similarly, agility has been recognized as a multifactorial performance component involving perceptual, cognitive, and neuromuscular processes that enable athletes to react effectively to rapidly changing game situations (Sheppard & Young, 2006 [15]). These factors are likely to play a substantial role in pickleball performance due to the sport's emphasis on reactive movement and continuous positional adjustments.

Despite the growing body of literature on pickleball, current research has primarily focused on participation trends, health benefits, and injury epidemiology (Vitale & Liu, 2020 [17]; McMillan et al., 2025 [11]; Owoeye et al., 2025 [12]). A recent scoping review of pickleball research highlighted the limited availability of studies investigating movement characteristics, biomechanical demands, and sport-specific performance requirements compared with established racket sports (Casals et al., 2023 [2]). Consequently, there remains a lack of comprehensive evidence synthesizing how pickleball movement patterns and lower-limb biomechanical demands compare with those of tennis, badminton, and table tennis.

Therefore, the purpose of this narrative review was to synthesize and compare the movement characteristics, change-of-direction demands, and lower-limb biomechanical features of pickleball with those reported in tennis, badminton, and table tennis. By integrating evidence across these racket sports, this review aims to clarify the unique movement profile of pickleball and provide a scientific foundation for sport-specific training, performance optimization, and injury-prevention strategies.

2. Methods

2.1. Study Design

This study was conducted as a comparative narrative review aimed at synthesizing and comparing the available evidence regarding movement patterns, change-of-direction (COD) demands, and lower-limb biomechanical characteristics in Pickleball and three widely practiced racket sports: tennis, badminton, and table tennis. Narrative reviews provide a flexible framework for integrating findings from diverse research domains and are particularly valuable for emerging research areas where the available evidence is heterogeneous and relatively limited (Grant & Booth, 2009 [4]; Snyder, 2019 [16]). Given the relatively recent development of Pickleball research and the limited number of sport-specific

biomechanical investigations currently available (Casals et al., 2023 [2]), a narrative review approach was considered appropriate for identifying common themes, comparing findings across sports, and highlighting future research directions.

2.2. Literature Search Strategy

A literature search was conducted between January and February 2026 using four major scientific databases, including PubMed, Scopus, Web of Science, and Google Scholar. These databases were selected because of their extensive coverage of literature related to sport science, biomechanics, sports medicine, and human performance research (Gusenbauer & Haddaway, 2020 [5]). The search strategy combined keywords and Boolean operators (AND, OR), including "Pickleball", "racket sports", "tennis", "badminton", "table tennis", "movement patterns", "change of direction", "COD", "agility", "acceleration", "deceleration", "biomechanics", "lower-limb biomechanics", "joint stability", and "injury risk". A representative search expression was ("Pickleball" OR "Racket Sports") AND ("Change of Direction" OR "Agility") AND ("Biomechanics" OR "Movement Patterns"). The search procedure was developed according to recommended practices for comprehensive literature searching in evidence synthesis studies (Bramer et al., 2018 [1]).

2.3. Eligibility Criteria

Studies were eligible for inclusion if they were published in peer-reviewed journals, written in English, focused on Pickleball, tennis, badminton, or table tennis, and reported findings related to movement characteristics, change-of-direction performance, acceleration–deceleration demands, lower-limb biomechanics, neuromuscular control, joint stability, external movement loads, or injury risk factors. Studies were excluded if they were conference abstracts without full-text availability, editorials, commentaries, opinion papers, letters to the editor, publications unrelated to movement or biomechanical characteristics, or studies lacking sufficient methodological information.

2.4. Study Selection and Data Extraction

Following the database search, studies were screened based on title, abstract, and full-text content. Relevant studies were reviewed in detail, and information was extracted using a standardized approach. Extracted variables included authorship, publication year, participant characteristics, sport investigated, study design, movement-related variables, COD measures, acceleration–deceleration characteristics, lower-limb biomechanical parameters, injury-related outcomes, and principal findings. The extracted data were subsequently organized to facilitate comparisons across the four racket sports.

2.5. Data Synthesis

Due to substantial heterogeneity among studies in terms of participant characteristics, research design, measurement techniques, and outcome variables, a formal meta-analysis was not performed. Instead, findings were synthesized using a narrative synthesis approach, which enables the integration and interpretation of evidence derived from diverse research methodologies (Popay et al., 2006 [14]). The evidence was organized into five thematic categories: playing environment and movement characteristics, change-of-direction and acceleration–deceleration demands, lower-limb biomechanical characteristics, injury risk profiles, and training and injury-prevention implications. This approach is consistent with recommendations for integrative reviews aimed at developing conceptual frameworks and identifying research trends in areas where direct empirical evidence remains limited (Whittemore & Knafl, 2005 [18]). Furthermore, epidemiological evidence on Pickleball (Vitale & Liu, 2020 [17]; McMillan et al., 2025 [11]; Owoeye et al., 2025 [12]) and biomechanical evidence from tennis, badminton, and table tennis (Kovacs, 2007 [9]; Phomsoupha & Laffaye, 2015 [13]; Malagoli Lanzoni et al., 2014 [10]) were incorporated to establish a comprehensive comparative framework for interpreting the unique movement and biomechanical characteristics of Pickleball.

3. Results

3.1. Comparison of Playing Environment and Movement Characteristics

The synthesized evidence indicates that Pickleball exhibits distinctive movement characteristics compared with other racket sports (Table 1). Although the dimensions of a Pickleball court are similar

to those of a badminton court, the presence of the non-volley zone (NVZ) substantially influences player movement patterns.

Table 1. Comparison of Playing Environment and Movement Characteristics

Variable	Pickleball	Tennis	Badminton	Table Tennis
Court dimensions (m)	13.41 × 6.10	23.77 × 8.23 (singles)	13.40 × 6.10	Playing area not standardized
Court area (m²)	81.8	195.7	81.7	Very limited movement space
Primary movement pattern	Lateral shuffling and short forward–backward movements	Sprinting and multidirectional court coverage	Lunging, multidirectional movement, and jumping	Short footwork and rapid positioning
Movement range	Short	Long	Moderate	Very short
Movement intensity	Moderate to high	High	High	Moderate
Dominant movement characteristic	Frequent movement transitions near the NVZ	Repeated acceleration and court coverage	Explosive multidirectional actions	Rapid reaction and movement precision

Abbreviations: NVZ = Non-Volley Zone.
Sources: Adapted and synthesized from Vitale and Liu [17], Casals et al. [2], Kovacs [9], Phomsoupha and Laffaye [13], and Malagoli Lanzoni et al. [10].

In Pickleball, movement is primarily characterized by short lateral shuffles, short-distance forward–backward transitions, and repeated net-approach actions. In contrast, tennis requires frequent accelerations and longer movement distances across a larger playing area. Badminton is characterized by multidirectional movements combined with frequent jumping actions, whereas table tennis primarily involves short footwork movements and rapid reactions within a highly restricted space.
Overall, the available evidence suggests that Pickleball incorporates movement characteristics commonly observed in tennis, badminton, and table tennis, but these actions are performed within a more confined playing environment, resulting in a distinctive movement profile characterized by a high density of activity.

3.2. Change-of-Direction and Acceleration–Deceleration Demands

Findings from studies investigating racket sport movement demands indicate that change-of-direction (COD) ability represents a fundamental performance component across all sports examined (Table 2).

Table 2. Comparison of Change-of-Direction and Acceleration–Deceleration Demands

Variable	Pickleball	Tennis	Badminton	Table Tennis
Change-of-direction (COD) frequency	High	Moderate to high	High	Moderate
Movement distance per action	Short	Long	Moderate	Very short
Acceleration demand	Moderate to high	High	High	Moderate
Deceleration demand	High	High	Moderate to high	Moderate
Reactive agility requirement	High	High	High	Very high

Dominant movement characteristic	Frequent COD in confined space	Repeated sprinting and COD	Explosive multidirectional movement	Rapid reaction and footwork

Abbreviations: COD = Change of Direction; NVZ = Non-Volley Zone.
Sources: Adapted and synthesized from Sheppard and Young [15], Kovacs [9], Malagoli Lanzoni et al. [10], Phomsoupha and Laffaye [13], Dos'Santos et al. [3], Harper et al. [6,7], and Vitale and Liu [17].

Pickleball was identified as a sport characterized by a high frequency of directional changes performed within a relatively small playing area. COD actions frequently occur between the baseline and the NVZ, involving relatively short movement distances but a high occurrence density. In contrast, tennis involves larger-amplitude COD actions due to greater movement distances across the court. Badminton demonstrates high COD frequency combined with repeated jumping and landing actions, whereas table tennis involves the smallest movement amplitudes but requires extremely rapid reactive responses.
Furthermore, the reviewed studies indicate that Pickleball places considerable demands on both acceleration and, particularly, deceleration capabilities. Sudden stopping actions during net approaches or transitions between defensive and offensive situations occur frequently during match play. Consequently, movement-control-related physical demands appear to represent a prominent characteristic of Pickleball performance.

3.3. Lower-Limb Biomechanical Characteristics

Analysis of the biomechanical literature revealed substantial differences in lower-limb demands among the four racket sports (Table 3).

Table 3. Comparison of Lower-Limb Biomechanical Characteristics

Variable	Pickleball	Tennis	Badminton	Table Tennis
Primary movement pattern	Repeated lateral and short forward–backward movements	Sprinting and multidirectional court coverage	Lunging, jumping, and multidirectional movements	Short-distance footwork and rapid positioning
Jumping demand	Low	Moderate	High	Low
Deceleration demand	High	High	Moderate to high	Moderate
Joint stability requirement	High	Moderate to high	High	Moderate
Neuromuscular control demand	High	High	High	Very high
Main lower-limb loading sites	Knee and ankle	Knee, ankle, and hip	Knee, ankle, and Achilles tendon	Knee and ankle
Dominant biomechanical characteristic	Repetitive COD and postural control in confined space	High-speed movement and force production	Jump–landing mechanics	Rapid reaction and movement precision

Sources: Adapted and synthesized from Hewett et al. (2005) [8]; Kovacs (2007) [9]; Malagoli Lanzoni et al. (2014) [10]; Phomsoupha & Laffaye (2015) [13]; Dos'Santos et al. (2018) [3]; Harper et al. (2019) [6]; Harper et al. (2022) [7].

Compared with badminton and tennis, Pickleball requires considerably fewer jumping actions. Nevertheless, players frequently adopt a low center-of-mass position and perform repeated lateral movements throughout match play. These characteristics increase the demands placed on knee and ankle joint stability.

In tennis, mechanical loading primarily occurs during high-speed acceleration and directional-change actions. In contrast, badminton generates substantial mechanical stress through repetitive jumping and landing activities. Table tennis generally imposes lower mechanical loads due to its restricted movement range, although it still requires a high degree of neuromuscular control.
Overall, Pickleball appears to be characterized by the combination of repetitive lower-limb loading and continuous postural-control requirements within a confined playing environment.

3.4. Injury Risk Profiles

The synthesized evidence suggests that each racket sport exhibits a distinct injury-risk profile (Table 4).

Table 4. Comparison of Injury Risk Profiles among Pickleball, Tennis, Badminton, and Table Tennis

Variable	Pickleball	Tennis	Badminton	Table Tennis
Most affected body regions	Knee, ankle	Knee, ankle, shoulder	Knee, ankle, Achilles tendon	Shoulder, elbow, wrist
Main injury mechanism	Repeated COD, sudden stopping, loss of balance	High-intensity acceleration–deceleration and repetitive strokes	Jumping, landing, and lunging actions	Repetitive upper-limb loading
Acute injury risk	Moderate	Moderate to high	High	Low
Overuse injury risk	Moderate to high	High	Moderate to high	High
Dominant injury characteristic	Lower-limb and balance-related injuries	Lower-limb and overuse injuries	Landing-related and ligament injuries	Upper-extremity overuse injuries
Population at greatest risk	Recreational and older adults	Competitive and recreational players	Competitive athletes	Frequent players and competitive athletes

Sources: Synthesized from Hewett et al. [8], Phomsoupha and Laffaye [13], Vitale and Liu [17], McMillan et al. [11], and Owoeye et al. [12].

In Pickleball, the knee and ankle joints were identified as the most frequently reported injury sites. These injuries are commonly associated with rapid directional changes, balance disturbances, and repetitive loading over prolonged periods. Tennis demonstrates a relatively high prevalence of lower-extremity and hip-related injuries due to repeated high-intensity acceleration and deceleration actions. In badminton, ligament injuries and injuries involving structures surrounding the knee joint are frequently reported as a consequence of repetitive jumping and landing activities. Conversely, table tennis is more commonly associated with overuse conditions affecting the shoulder and wrist.
Although the level of physical contact in Pickleball is generally lower than in many other sports, the repetitive nature of directional changes and postural-control activities may contribute significantly to injury risk.

3.5. Training Implications

The available evidence suggests that the physical demands of Pickleball are primarily associated with change-of-direction ability, deceleration control, joint stability, and neuromuscular control (Table 5).

Table 5. Training Implications for Pickleball Compared with Other Racket Sports

Training Component	Pickleball	Tennis	Badminton	Table Tennis
Primary physical demand	COD ability, deceleration control, dynamic stability	Speed, acceleration, court coverage	Explosive agility, jumping and landing	Reaction speed and movement precision

Strength-training focus	Lower-limb strength and joint stabilization	Whole-body strength and power	Explosive lower-limb power	Neuromuscular and postural strength
Agility-training emphasis	Reactive agility and multidirectional movement	Multidirectional agility and sprint recovery	Explosive agility and directional transitions	Rapid reaction and footwork
Balance and stability training	High priority	Moderate priority	Moderate priority	High priority
Plyometric training	Moderate priority	High priority	Very high priority	Low priority
Injury-prevention focus	Knee and ankle stability, balance control, fall prevention	Lower-limb load management	Landing mechanics and ligament protection	Upper-limb overuse prevention
Recommended training characteristic	High-density multidirectional movement in confined spaces	Repeated sprint and court-coverage training	Jumping, landing, and explosive movement training	Reaction-based movement training

Sources: Synthesized from Sheppard and Young [15], Dos'Santos et al. [3], Kovacs [9], Phomsoupha and Laffaye [13], Harper et al. [6,7], and Vitale and Liu [17].

Compared with tennis and badminton, the requirements for explosive power development and jumping ability appear to be lower in Pickleball. However, training programs designed for Pickleball players should emphasize reactive movement capability, dynamic balance, and movement control within confined spaces.
In addition, net-oriented movement drills and reactive agility exercises appear to be particularly relevant for addressing the specific movement demands of the sport.

3.6. Research Gaps and Future Directions

The literature synthesis revealed that research on Pickleball remains relatively limited compared with tennis, badminton, and table tennis (Table 6).

Table 6. Key Research Gaps and Future Directions in Pickleball Research

Research Area	Current Gap	Future Direction
Movement patterns	Limited quantitative match-analysis data	Investigate movement frequency, distance, and activity profiles during competition
Change-of-direction (COD)	Lack of sport-specific COD measurements	Quantify COD frequency, angles, and movement density
Biomechanics	Insufficient lower-limb biomechanical evidence	Conduct 3D motion-capture and kinetic analyses
Mechanical loading	Limited data on ground reaction forces and joint loading	Examine external and internal loads during sport-specific actions
Injury mechanisms	Poor understanding of injury causes and risk factors	Identify biomechanical predictors of injury through prospective studies
Population differences	Limited comparisons by age, sex, and skill level	Investigate demographic and performance-level differences
Training interventions	Lack of evidence-based conditioning programs	Evaluate the effectiveness of Pickleball-specific training strategies
Injury prevention	No validated injury-prevention models	Develop and test sport-specific prevention programs

Sources: Synthesized from Vitale and Liu [17], Casals et al. [2], McMillan et al. [11], and Owoeye et al. [12]. The proposed future directions were developed based on gaps identified across the reviewed literature.

Several important research gaps were identified, including: (1) a lack of quantitative data regarding the frequency and angles of directional changes during match play; (2) limited use of three-dimensional motion-capture systems; (3) insufficient information on ground reaction forces and mechanical loading during sport-specific movements; (4) a lack of longitudinal investigations examining injury mechanisms; and (5) limited evidence comparing movement and biomechanical characteristics across different sexes and age groups.
These limitations highlight the need for future experimental studies employing advanced motion-analysis technologies to provide a more comprehensive understanding of the movement and biomechanical characteristics of Pickleball.

4. Discussion

4.1. Pickleball as an Emerging and Distinctive Racket Sport

The primary purpose of this review was to synthesize and compare the movement characteristics, change-of-direction (COD) demands, and lower-limb biomechanical requirements of Pickleball with those reported in tennis, badminton, and table tennis. The findings suggest that Pickleball occupies a unique position within the spectrum of racket sports, combining elements of all three sports while exhibiting movement characteristics that appear to be specific to its court dimensions and tactical structure.
The rapid growth of Pickleball participation worldwide has generated increasing scientific interest in understanding the physical and biomechanical demands of the sport (Vitale & Liu, 2020 [17]). However, compared with traditional racket sports, the available body of research remains relatively limited (Casals et al., 2023 [2]). Consequently, much of the current understanding of Pickleball movement demands must be interpreted within the broader context of racket sport biomechanics.
The present review indicates that Pickleball shares several movement characteristics with tennis, badminton, and table tennis while simultaneously demonstrating unique tactical and spatial constraints. The presence of the non-volley zone (NVZ) fundamentally influences player positioning and movement behavior, creating a competitive environment characterized by repeated short-distance movements, frequent positional adjustments, and rapid transitions between offensive and defensive actions. These characteristics distinguish Pickleball from the larger court coverage requirements of tennis, the vertical movement demands of badminton, and the highly localized footwork patterns observed in table tennis.

4.2. Change-of-Direction and Deceleration Demands

One of the most notable observations emerging from this review is the apparent importance of change-of-direction ability in Pickleball performance. Although direct biomechanical studies remain scarce, the movement structure of the sport suggests that COD actions occur frequently during match play, particularly during transitions between the baseline and the NVZ.
Previous research has demonstrated that COD performance is a complex motor skill requiring effective force production, force absorption, and movement control across multiple planes of motion (Dos'Santos et al., 2018 [3]). Within racket sports, successful performance depends not only on movement speed but also on the ability to repeatedly decelerate and rapidly reposition the body in response to changing game situations.
Recent sports biomechanics literature has increasingly emphasized the role of deceleration as a distinct physical quality. Harper et al. (2019 [6]) reported that high-intensity deceleration actions may impose greater mechanical loads on the musculoskeletal system than acceleration tasks. Similarly, Harper et al. (2022 [7]) proposed that effective deceleration requires coordinated neuromuscular control, lower-limb strength, and dynamic stability. These concepts may be particularly relevant to Pickleball because players frequently perform short accelerations followed by abrupt stopping actions when approaching the NVZ or responding to opponents' shots.

Compared with tennis, Pickleball likely involves shorter movement distances but a greater frequency of directional transitions within a confined playing area. This suggests that movement density rather than total running distance may represent a defining characteristic of Pickleball. Consequently, physical preparation for Pickleball may benefit from a greater emphasis on reactive movement control and repeated COD performance rather than maximal sprint capacity alone.

4.3. Lower-Limb Biomechanical Considerations

The current review also highlights the potential importance of lower-limb biomechanics in Pickleball performance and injury prevention. Although badminton is characterized by repeated jumping and landing actions (Phomsoupha & Laffaye, 2015 [13]) and tennis involves substantial acceleration and court-coverage demands (Kovacs, 2007 [9]), Pickleball appears to place relatively greater emphasis on maintaining stability during repeated lateral and multidirectional movements performed within a limited space.

Neuromuscular control has long been recognized as a critical factor influencing movement efficiency and injury risk. Hewett et al. (2005 [8]) demonstrated that deficits in dynamic knee control are associated with increased injury risk in athletic populations. In addition, agility has been described as an integrated process involving perceptual, cognitive, and neuromuscular components that collectively determine an athlete's ability to respond to rapidly changing environments (Sheppard & Young, 2006 [15]).

Applying these concepts to Pickleball suggests that lower-limb stability may be particularly important because players frequently perform rapid directional changes while maintaining a relatively low center of mass during net play. Repeated exposure to these movement patterns may increase the mechanical demands placed on the knee and ankle joints, especially among recreational and older participants who constitute a large proportion of the Pickleball population (Vitale & Liu, 2020 [17]).

4.4. Injury Implications and Practical Applications

The growing popularity of Pickleball has been accompanied by increasing reports of sport-related injuries. Recent epidemiological studies have documented a rising number of Pickleball injuries presenting to emergency departments and healthcare systems (McMillan et al., 2025 [11]). Furthermore, Owoeye et al. (2025 [12]) emphasized the need to better understand injury mechanisms and risk factors associated with the sport.

Although direct causal relationships cannot be established from the currently available evidence, the movement characteristics identified in this review provide several plausible explanations for injury occurrence. Frequent directional changes, repeated deceleration actions, and sustained demands on lower-limb stability may contribute to cumulative mechanical loading of the knee and ankle joints. These factors may be particularly relevant for older players, whose neuromuscular function and balance capacity may be reduced compared with younger athletes.

From a practical perspective, training programs for Pickleball players should prioritize multidirectional movement skills, dynamic balance, reactive agility, and lower-limb strength development. Particular attention should be given to deceleration control, neuromuscular training, and joint stabilization exercises, as these components are likely to contribute both to performance enhancement and injury-risk reduction.

4.5. Limitations and Future Research Directions

Several limitations should be acknowledged. First, the current body of Pickleball-specific biomechanical research remains relatively small compared with the literature available for tennis, badminton, and table tennis. Second, many conclusions presented in this review are derived from indirect comparisons across sports rather than direct experimental investigations. Third, considerable methodological heterogeneity exists among studies regarding participant characteristics, measurement techniques, and performance variables.

Future research should focus on direct biomechanical investigations of Pickleball using advanced motion-analysis technologies, wearable sensors, and force-platform assessments. Particular attention should be given to quantifying movement patterns, COD frequency, acceleration–deceleration profiles, and lower-limb loading during competitive play. In addition, future studies should examine potential differences according to age, sex, skill level, and playing format.

Such investigations would contribute substantially to the development of evidence-based training programs and injury-prevention strategies for this rapidly expanding sport.

5. Conclusions

This review synthesized and compared the movement characteristics, change-of-direction (COD) demands, and lower-limb biomechanical requirements of Pickleball with those of tennis, badminton, and table tennis. The findings indicate that Pickleball possesses a distinctive movement profile characterized by frequent multidirectional movements, a high density of COD actions, and continuous movement control within a confined playing space.

Compared with tennis, Pickleball involves shorter movement distances but more frequent directional changes. Compared with badminton, it requires fewer jumping and landing actions but greater emphasis on maintaining postural stability and joint control. Compared with table tennis, Pickleball imposes higher acceleration–deceleration demands and greater lower-limb involvement.

A key finding of this review is the important role of deceleration control, joint stability, and neuromuscular coordination in Pickleball performance and injury prevention. The repetitive transitions between the baseline and the non-volley zone (NVZ) place considerable mechanical demands on the knee and ankle joints, highlighting the need for sport-specific conditioning programs that emphasize multidirectional agility, dynamic balance, lower-limb strength, and reactive movement control.

Despite the rapid growth of Pickleball, biomechanical and movement-related evidence remains limited. Future research should focus on objective movement analysis, three-dimensional biomechanics, ground reaction force assessment, and injury-mechanism investigations to further enhance the scientific understanding of this emerging sport.

References

[1] Bramer, W. M., De Jonge, G. B., Rethlefsen, M. L., Mast, F., & Kleijnen, J. (2018). A systematic approach to searching: An efficient and complete method to develop literature searches. *Journal of the Medical Library Association, 106*(4), 531–541. https://doi.org/10.5195/jmla.2018.283

[2] Casals, M., Moreno-Pérez, V., López-Valenciano, A., & Ayala, F. (2023). *Scientific research on pickleball: A scoping review. Apunts Sports Medicine, 58*(217), 100403. https://doi.org/10.1016/j.apunsm.2023.100403

[3] Dos'Santos, T., Thomas, C., Comfort, P., & Jones, P. A. (2018). The effect of angle and velocity on change of direction biomechanics: An angle–velocity trade-off. *Sports Medicine, 48*(10), 2235–2253. https://doi.org/10.1007/s40279-018-0968-3

[4] Grant, M. J., & Booth, A. (2009). A typology of reviews: An analysis of 14 review types and associated methodologies. *Health Information and Libraries Journal, 26*(2), 91–108. https://doi.org/10.1111/j.1471-1842.2009.00848.x

[5] Gusenbauer, M., & Haddaway, N. R. (2020). Which academic search systems are suitable for systematic reviews or meta-analyses? *Research Synthesis Methods, 11*(2), 181–217. https://doi.org/10.1002/jrsm.1378

[6] Harper, D. J., Carling, C., & Kiely, J. (2019). High-intensity acceleration and deceleration demands in elite team sports competitive match play: A systematic review and meta-analysis of observational studies. *Sports Medicine, 49*(12), 1923–1947. https://doi.org/10.1007/s40279-019-01170-1

[7] Harper, D. J., Kiely, J., Damasceno, M. V., Collins, K., Di Michele, R., Gabbett, T. J., et al. (2022). A framework for deceleration training in team sports: A narrative review. *Sports Medicine, 52*(10), 2321–2339. https://doi.org/10.1007/s40279-022-01676-5

[8] Hewett, T. E., Myer, G. D., & Ford, K. R. (2005). Biomechanical measures of neuromuscular control and valgus loading of the knee predict ACL injury risk in female athletes. *The American Journal of Sports Medicine, 33*(4), 492–501. https://doi.org/10.1177/0363546504269591

[9] Kovacs, M. S. (2007). Tennis physiology: Training the competitive athlete. *Sports Medicine, 37*(3), 189–198. https://doi.org/10.2165/00007256-200737030-00001

[10] Malagoli Lanzoni, I., Di Michele, R., & Merni, F. (2014). A notational analysis of elite table tennis players. *European Journal of Sport Science, 14*(4), 309–317. https://doi.org/10.1080/17461391.2013.819382

[11] McMillan, P., Lake, L. P., Burkhart, A., Reddy, E., Hale, I. C., & Grawe, B. M. (2025). The epidemiology of pickleball injuries presenting to US emergency departments. *Sports Health*. Advance online publication. https://doi.org/10.1177/19417381251350671

[12] Owoeye, O. B. A., Wiley, J. P., Emery, C. A., Biese, K., & Verhagen, E. (2025). Understanding injury patterns and predictors in pickleball players. *Sports Medicine - Open, 11*(1).https://doi.org/10.1186/s40798-025-00900-2

[13] Phomsoupha, M., & Laffaye, G. (2015). The science of badminton: Game characteristics, anthropometry, physiology, visual fitness and biomechanics. *Journal of Strength and Conditioning Research, 29*(2), 473–495. https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000000722

[14] Popay, J., Roberts, H., Sowden, A., Petticrew, M., Arai, L., Rodgers, M., Britten, N., Roen, K., & Duffy, S. (2006). *Guidance on the conduct of narrative synthesis in systematic reviews*. Lancaster University.

[15] Sheppard, J. M., & Young, W. B. (2006). Agility literature review: Classifications, training and testing. *Journal of Sports Sciences, 24*(9), 919–932. https://doi.org/10.1080/02640410500457109

[16] Snyder, H. (2019). Literature review as a research methodology: An overview and guidelines. *Journal of Business Research, 104*, 333–339. https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2019.07.039

[17] Vitale, K. C., & Liu, S. (2020). Pickleball: Review and clinical recommendations for this rapidly growing sport. *Current Sports Medicine Reports, 19*(10), 406–413. https://doi.org/10.1249/JSR.0000000000000759

[18] Whittemore, R., & Knafl, K. (2005). The integrative review: Updated methodology. *Journal of Advanced Nursing, 52*(5), 546–553. https://doi.org/10.1111/j.1365-2648.2005.03621.x

KARAR VERME PROBLEMLERİNDE SİMOS TEKNİĞİNİN YERİ
THE ROLE OF THE SIMOS TECHNIQUE IN DECISION-MAKING PROBLEMS

Assoc. Prof. Dr. Berna (KIRAN) BULĞURCU
Cukurova University, The Faculty of Economics and Administrative Science, Business Administration Department, Adana, Türkiye
ORCİD ID: 0000-0002-9695-2668

Tesnim BIKERA
Cukurova University, The Faculty of Economics and Administrative Science, Business Administration Department, Adana, Türkiye
ORCİD ID: 0009-0009-9144-4662

ABSTRACT
One of the most critical stages in decision-making problems is conducting a detailed evaluation of the factors related to the subject being studied. At this stage, it is necessary to accurately and reliably determine the importance levels of these factors. Any mistake in determining factor importance levels may directly affect the outcome of the decision-making process. Therefore, researchers have introduced many different techniques in the literature for determining factor weights. One of these techniques is the SIMOS Technique, which was first introduced by Jean Simos in 1990 and later revised by Figueira and Roy in 2002.
The SIMOS Technique allows decision makers to rank factors from the least important to the most important by using the “card method” without requiring complex mathematical calculations. The differences between factors can also be expressed through “white cards.” In addition, the technique calculates how many times the most important factor is more valuable than the least important factor.
The most important feature that distinguishes the SIMOS Technique from other techniques used for determining factor importance levels is its practical and simple structure. At the same time, it increases sensitivity in importance levels and reduces rounding errors. Due to its low technical knowledge requirement and its successful conversion of verbal evaluations into numerical data, the SIMOS Technique has been used in many studies. In this respect, this study aims to provide information about the methodological development of the SIMOS Technique and to evaluate its different areas of application.
Keywords: Decision Making, SIMOS Technique, Importance Level.

ÖZET
Karar verme problemlerinde en kritik aşamalardan biri uzunca bir araştırma neticesinde elde edilen araştırılan konunun özüne uygun faktörlere ait detaylı bir değerlendirme yapılmasıdır. Bu noktada devreye faktörlerin kendi içlerindeki önem düzeylerinin doğru ve güvenilir bir şekilde belirlenmesi gerekmektedir. Faktörlerin önem düzeylerinde yapılabilecek bir hata karar verme sürecinin sonucunu doğrudan etkileyebilecek niteliktedir. Bu sebeple araştırmacılar literatüre faktör ağırlıklarının belirlenmesine yönelik pek çok farklı teknik kazandırmıştır. Bu tekniklerden birisi de Jean Simos tarafından 1990 yılında ortaya atılan ve 2002 yılında da Figueria ve Roy tarafından revize edilen bir teknik olan SIMOS tekniğidir.
SIMOS tekniği, karar vericinin karmaşık matematiksel işlemlere ihtiyaç duymadan faktörleri "kart yöntemi" ile en az önemliden en çok önemliye doğru basitçe sıralamasına ve aradaki farkları "beyaz kartlar" aracılığıyla ifade etmesine olanak tanımaktadır. Ayrıca teknikte en önemli faktörün en az önemli faktöre göre kaç kat daha değerli olduğu da hesaplanmaktadır.
Önem düzeylerindeki hassasiyet ve karşılaşılan yuvarlama hatalarını gideren SIMOS tekniğini, faktörlerin önem düzeylerinin belirlendiği diğer tekniklerden ayıran en önemli özellik daha pratik ve sade işlemlere sahip olmasıdır. Böylelikle düşük teknik bilgi gereksinimi ve sözel değerlendirmeleri sayısal verilere dönüştürmedeki başarılı sonuçları ile Simos tekniğinin birçok çalışmada kullanım alanı bulması söz konusu olmuştur. Bu yönleriyle özel bir teknik olan SİMOS tekniğinin metodolojik gelişimi hakkında bilgi vermek ve farklı kullanım alanlarının açıkça değerlendirilmesi amaçlanmaktadır.
Anahtar Kelimeler: Karar Verme, SİMOS Tekniği, Önem Düzeyi

1. GİRİŞ

Günümüzde birden fazla ve birbiriyle ilişkili faktör içeren karar verme problemleri giderek daha karmaşık hâle gelmektedir. Çok kriterli karar verme (ÇKKV) yaklaşımlarında en kritik aşamalardan biri faktörlerin önem düzeylerinin doğru ve güvenilir şekilde belirlenmesidir. Faktörlerin göreli önem düzeylerinde yapılabilecek küçük bir hata, alternatiflerin sıralanmasını ve nihai karar sonucunu doğrudan etkileyebilir. Bu nedenle literatürde faktörlerin önem düzeylerinin belirlenmesine yönelik çok sayıda teknik geliştirilmiştir.

Ancak yaygın olarak kullanılan bazı geleneksel teknikler, özellikle ikili karşılaştırmalara dayanması nedeniyle faktör sayısı arttıkça karmaşık hâle gelmektedir. Bu durum, hata riskini artırır ve karar verici açısından süreci yorucu hâle getirir. Bu nedenle, daha basit, anlaşılır ve uygulanabilir tekniklere olan ihtiyaç giderek artmaktadır.

Bu bağlamda, SİMOS tekniği faktörlerin önem düzeylerinin belirlenmesinde kullanılan pratik ve kullanıcı dostu bir teknik olarak öne çıkmaktadır. İlk olarak Jean Simos tarafından 1990 yılında geliştirilen bu teknik, Figueira ve Roy (2002) tarafından revize edilerek daha güçlü ve güvenilir bir yapıya geliştirilmiştir. SİMOS tekniği, karar vericinin faktörleri önem sırasına göre düzenlemesine dayanan "kart yöntemi" yaklaşımını kullanmakta ve faktörler arasındaki göreli farkların kolayca ifade edilmesini sağlamaktadır. Ayrıca revize edilmiş versiyonda yer alan "z-oranı", en önemli faktör ile en az önemli faktör arasındaki farkı ifade ederek sürecin hassasiyetini artırmaktadır.

SİMOS Tekniği, özellikle nitel değerlendirmelerin sayısal değerlere dönüştürülmesinde sağladığı kolaylık nedeniyle literatürde geniş bir uygulama alanı bulmuştur. Tarım, çevre yönetimi, ekoturizm planlaması ve endüstriyel süreç seçimi gibi farklı alanlarda kullanılmaktadır. Bu çalışmada, SİMOS tekniğinin metodolojik gelişimi, temel çalışma aşamaları ve ÇKKV literatüründeki kullanım alanları ele alınmaktadır. Çalışmanın amacı, yöntemin ÇKKV'deki yerini incelemek ve gelecekte yapılacak araştırmalar için genel bir çerçeve sunmaktır.

2. SİMOS TEKNİĞİNİN METODOLOJİK GELİŞİMİ

SİMOS tekniği, ÇKKV süreçlerinde faktörlerin önem düzeylerini belirlemek için geliştirilen, anlaşılması kolay ve karar vericiye uygun bir yaklaşımdır. Bu tekniğin gelişimi genel olarak iki aşamada incelenmektedir: klasik SİMOS ve revize edilmiş SİMOS.

SİMOS tekniği ilk olarak 1990 yılında Jean Simos tarafından geliştirilmiş ve karar vericilerin faktörler arasındaki önem sıralamasını karmaşık hesaplamalara ihtiyaç duymadan ifade edebilmesini sağlamayı amaçlamıştır. Bu nedenle "kart yöntemi" olarak bilinen basit bir yaklaşım kullanmaktadır. Karar verici faktörlerin yazılı olduğu kartları en az önemliden en çok önemliye doğru sıralamaktadır. Faktörler arasındaki farkı göstermek için ise aralara "beyaz kartlar" yerleştirilmektedir. Bu sayede hem sıralama hem de faktörler arasındaki farklar açık bir şekilde ortaya konulmaktadır. Bu yönüyle SİMOS tekniği, bazı diğer tekniklere göre daha düşük işlem yükü sunmaktadır. AHP'de çok sayıda ikili karşılaştırma yapılması gerekirken, SİMOS tekniği yalnızca tek bir sıralama süreci üzerinden ilerlemekte ve bu durum karar verici üzerindeki bilişsel yükü önemli ölçüde azaltmaktadır.

Ancak zamanla bu tekniğin bazı eksiklikleri fark edilmiştir. Özellikle hesaplanan değerlerde küçük hataların oluşması ve sonuçların tam olarak istenen hassasiyette olmaması, tekniğin geliştirilmesini gerekli kılmıştır. Bu nedenle Figueira ve Roy tarafından 2002 yılında SİMOS tekniği yeniden düzenlenmiştir. Revize edilmiş SİMOS tekniğinde en önemli yeniliklerden biri "z-oranının" kullanılmasıdır. Bu oran, en önemli faktörün en az önemli faktöre göre kaç kat daha önemli olduğunu ifade etmektedir. Böylece yapılan sıralama daha net sayısal değerlere dönüştürülmekte ve sonuçlar daha doğru hale gelmektedir. Ayrıca bu yeni yapı yuvarlama hatalarını azaltarak hesaplamaların güvenilirliğini artırmaktadır.

SİMOS tekniğinin bir diğer önemli özelliği ise nitel değerlendirmeleri sayısal değerlere dönüştürmedeki başarısıdır. MACBETH gibi tekniklerde karar vericiden daha detaylı ve yorucu sözel değerlendirmeler talep edilirken, SİMOS tekniği beyaz kartlar aracılığıyla bu süreci daha sezgisel ve kolay hale getirmektedir.

Sonuç olarak, SİMOS tekniği zaman içinde geliştirilen yapısı sayesinde kullanım kolaylığını koruyan ve daha doğru ve kararlı sonuçlar üreten bir teknik haline gelmiştir. Bu özellikleriyle günümüzde çok kriterli karar verme problemlerinde güvenilir bir alternatif olarak öne çıkmaktadır.

3. SİMOS TEKNİĞİNİN UYGULAMA AŞAMALARI

SİMOS tekniği, karar vericinin subjektif yargılarını sistematik bir yapıya dönüştürerek faktörlerin önem düzeylerini belirlemeyi amaçlayan aşamalı bir süreçtir. Literatürde "kart yöntemi" yaklaşımı olarak bilinen bu teknikte karar verici, karmaşık hesaplamalar yapmadan sadece sıralama ve aralık bilgisini kullanarak süreci yönetebilmektedir. Bu süreçlerdeki uygulama adımları ise şu şekildedir:

Adım 1. Kartların Hazırlanması ve Tanımlanması

İlk adımda, değerlendirmeye alınacak her bir faktör için üzerinde sadece faktör adının yazılı olduğu kartlar hazırlanır. Faktörler arasındaki önem farkını göstermek için kullanılacak boş beyaz kartlar da hazırlanır. Kartlarda sayısal bir değer yer almaz; sayısallaştırma daha sonraki adımlarda yapılmaktadır.

Adım 2. Faktörlerin Sıralanması

Karar vericiden faktör kartlarını en az önemli olandan en önemli olana doğru sıralaması istenir. Eğer bazı faktörlerin eşit öneme sahip olduğu düşünülüyorsa, bu faktör kartları aynı seviyede gruplanır. Bu adımın sonunda faktörler önem hiyerarşisine göre sıralanmış gruplar oluşturur.

Adım 3. Önem Farklarının Belirlenmesi

Sıradaki iki faktör ya da faktör grubu arasındaki önem farkını belirtmek için karar verici araya beyaz kart yerleştirir. Beyaz kartlar, iki seviye arasındaki mesafenin büyüklüğünü ifade eder. Araya hiç beyaz kart konulmaması, iki faktör arasındaki önem farkının "bir birim" (u) olduğu anlamına gelir. Bir beyaz kartın yerleştirilmesi farkın "iki birim" ($2u$), iki beyaz kartın yerleştirilmesi ise "üç birim" ($3u$) olduğunu ifade eder. Beyaz kart sayısının artması faktörler arasındaki önem farkının arttığı anlamına gelmektedir.

Adım 4. Z-Oranının Belirlenmesi (Revize SİMOS)

Revize edilmiş SİMOS prosedürünün en kritik adımlarından biri, karar vericiden bir "z" değeri belirlemesini istemektir. Z-oranı, en önemli faktörün en az önemli faktöre göre kaç kat daha önemli olduğunu ifade eder. Bu değer, nitel sıralamaya nicel bir derinlik kazandırmakta ve ağırlıkların hesaplanmasında matematiksel bir referans noktası görevi görmektedir.

Adım 5. Pozisyon Değerlerinin ve Başlangıç Ağırlıklarının Belirlenmesi

Sıralama ve beyaz kartlar dikkate alınarak her faktör ve aradaki beyaz kartlar için bir pozisyon değeri belirlenir. Faktörlerin başlangıç önem değerleri (k_i'), bulundukları gruptaki pozisyon değerlerinin aritmetik ortalaması alınarak hesaplanır. Beyaz kartlar doğrudan bir önem değeri almaz; ancak pozisyonları etkilediği için sonuç üzerinde dolaylı etkiye sahiptir. Aynı gruptaki faktörler, eşit önem kabul edildiği için aynı veya eşitlenmiş başlangıç değerleriyle temsil edilmektedir.

Adım 6. Normalleştirilmiş Ağırlıkların Hesaplanması

Son aşamada başlangıç değerleri (k_i') normalize edilerek nihai önem düzeyleri (k_i^*) elde edilir. Normalizasyon, değerlerin 0-1 aralığına veya 0-100 ölçeğine dönüştürülmesini sağlar. Revize edilmiş SİMOS, bu aşamada oluşabilecek yuvarlama hatalarını azaltmayı ve nihai değerlerin toplamını daha tutarlı hale getirmeyi hedeflemektedir.

4. LİTERATÜRDE SİMOS TEKNİĞİNİN YERİ

SİMOS tekniği, özellikle nitel verileri sayısal değerlere dönüştürmedeki başarısı sayesinde ÇKKV literatüründe geniş bir kullanım alanına sahip olmuştur. Teknik, farklı disiplinlerde karmaşık problemlerin çözümünde faktörlerin önem düzeylerini belirlemek amacıyla yaygın olarak kullanılmaktadır.

Örneğin tarım ve arazi problemlerinde kullanılan SİMOS, bu problemlerde öncelikle çok sayıda çevresel ve ekonomik faktör tespit edip, onunla birlikte bir değerlendirme yapmaktadır. Böylelikle karar vericiler, toprak yapısı, eğim, su kaynakları ve ekonomik verimlilik gibi farklı özelliklere sahip faktörleri aynı sistem içerisinde analiz etmek zorunda kalmaktadır. Uzunali ve Berberoğlu (2025) tarafından gerçekleştirilen çalışmada, Büyük Menderes Havzası'nda tarımsal arazi uygunluğu değerlendirilmiş ve eğim, toprak derinliği, su kalitesi gibi birçok faktörün önem düzeyleri SİMOS tekniği ile belirlenmiştir.

Bu çalışma, SİMOS'un AHP ve bulanık DEMATEL ile birlikte kullanılarak hibrit bir yapı oluşturabileceğini de göstermektedir. Benzer şekilde, Dragoslis ve ark. (2017) tarafından geliştirilen karar destek sisteminde, farklı mahsuller için uygun alanların belirlenmesinde SİMOS tekniği, karar vericilerin faktörler arasındaki önem sırasını belirlemesine yardımcı olmuştur. Ayrıca Akpınar (2003) çalışmasında SİMOS tekniği kullanılarak arazi kullanım planlamasında yer alan faktörlerin önem düzeyleri belirlenmiş, elde edilen bu değerler daha sonra ELECTRE I tekniği ile değerlendirilerek en uygun arazi kullanım türlerinin belirlenmesinde kullanılmıştır.

Çevresel karar verme problemleri genellikle nitel değerlendirmeleri içermektedir. Bu nedenle bu değerlendirmelerin sayısal hale getirilmesi önem taşımaktadır. Aşılıoğlu (2021) tarafından geliştirilen "GISimos" modelinde, SİMOS tekniği kullanılarak ekoturizm planlamasında topoğrafya, arazi örtüsü ve sosyo-kültürel faktörlerin önem düzeyleri belirlenmiş ve bu değerler Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) ortamında analiz edilmiştir. Fontana ve ark. (2011) tarafından yapılan çalışmada ise, kentsel su tasarrufu stratejilerinin değerlendirilmesinde SİMOS tekniği kullanılmış ve özellikle nitel verilerin sayısal hale getirilmesinde sağladığı pratiklik vurgulanmıştır.

Bir başka problem türü olan endüstriyel karar verme problemleri, teknik ve ekonomik faktörlerin birlikte değerlendirilmesini gerektirmektedir. Bu noktada yine SİMOS tekniğinin kullanıldığı pek çok çalışma mevcuttur. Örneğin Jagtap ve Karande (2023) tarafından yapılan çalışmada, geleneksel olmayan işleme süreçlerinin (NTM) seçimi probleminde SİMOS tekniği kullanılmıştır. Bu çalışmada, tolerans, maliyet ve güvenlik gibi faktörlerin önem düzeyleri belirlenmiş ve bu değerler m-polar bulanık ELECTRE-I tekniği ile analiz edilmiştir. Elde edilen sonuçlar, SİMOS tekniğinin özellikle AHP ile karşılaştırıldığında daha kararlı sonuçlar sağlayabildiğini göstermektedir.

SİMOS tekniği, tedarik zinciri ve insan kaynakları alanlarında da karar vericilerin subjektif değerlendirmelerini sistematik hale getirmek için kullanılmaktadır. Özellikle tedarikçi seçiminde kalite, güvenilirlik ve esneklik gibi nitel faktörlerin değerlendirilmesi zor olabilmektedir. SİMOS tekniği, bu faktörlerin sıralanmasını ve göreli önemlerinin belirlenmesini kolaylaştırarak daha gerçekçi kararlar alınmasını sağlamaktadır. Benzer şekilde personel seçimi ve performans değerlendirme süreçlerinde de kullanılmakta ve karar vericilere daha sistematik bir değerlendirme imkânı sunmaktadır. Kentsel planlama ve sosyal politika süreçlerinde ekonomik, çevresel ve sosyal faktörler birlikte değerlendirilmektedir. Bu tür problemlerde genellikle kesin sayısal veriler bulunmamaktadır. SİMOS tekniği, bu tür durumlarda nitel değerlendirmeleri sayısal hale getirerek karar vericilerin daha dengeli sonuçlara ulaşmasına yardımcı olmaktadır. Özellikle şehir planlaması ve su tasarrufu politikaları gibi alanlarda etkin bir şekilde kullanılmaktadır.

SİMOS tekniğinin önemli kullanım alanlarından biri de Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) ile entegrasyonudur. Bu yaklaşımla elde edilen önem değerleri, CBS ortamında "Ağırlıklı Çakıştırma " analizlerinde kullanılmaktadır. Bu sayede mekânsal veriler ile uzman değerlendirmeleri birlikte analiz edilerek uygunluk haritaları oluşturulabilmektedir. Ayrıca son yıllarda SİMOS tekniği makine öğrenmesi yöntemleri ile birlikte kullanılmaya başlanmıştır. SİMOS ile belirlenen önem değerleri, yapay zekâ modellerinde girdi olarak kullanılarak daha güçlü karar destek sistemleri geliştirilmektedir.

5. SONUÇ

Bu çalışma kapsamında SİMOS tekniğinin ÇKKV süreçlerindeki rolü incelenmiş ve tekniğin hem teorik hem de uygulamalı açısından sunduğu avantajlar ortaya konulmuştur. Elde edilen bulgular, SİMOS tekniğinin özellikle faktörlerin önem düzeylerini belirleme aşamasında etkili, pratik ve güvenilir bir araç olduğunu göstermektedir. Öncelikle, SİMOS tekniğinin en önemli avantajlarından biri, karar vericinin sürece daha aktif ve rahat bir şekilde katılmasını sağlamasıdır. SİMOS tekniğinde kullanılan "kart yöntemi", süreci daha anlaşılır ve yönetilebilir hale getirmekte, böylece karar vericinin daha doğal ve sezgisel değerlendirmeler yapmasına olanak tanımaktadır.

Revize edilmiş SİMOS tekniği ise yöntemin matematiksel yönünü önemli ölçüde güçlendirmiştir. Özellikle "z-oranı" sayesinde en önemli ve en az önemli faktörler arasındaki fark daha net bir şekilde ifade edilmekte ve bu durum önem düzeylerinin daha hassas belirlenmesini sağlamaktadır. Ayrıca yuvarlama hatalarının azaltılması, yöntemin sonuçlarının daha güvenilir ve tutarlı olmasına katkı sağlamaktadır. SİMOS tekniğinin sadece kolay kullanımlı bir teknik olmayıp, aynı zamanda sonuçların kararlılığı açısından da güçlü bir yapıya sahip olduğu görülmektedir.

Literatürde yer alan çalışmalar, faktörlerin önem düzeylerinde meydana gelen küçük değişimlere rağmen SİMOS tekniğinin daha stabil sonuçlar üretebildiğini göstermektedir. Bu durum, tekniğin özellikle karmaşık ve belirsizlik içeren karar problemlerinde tercih edilmesini açıklamaktadır. Bunun yanı sıra, yapılan literatür incelemesi SİMOS tekniğinin çok geniş bir uygulama alanına sahip olduğunu ortaya koymaktadır.

SİMOS tekniğinin gelecekteki çalışmalarda daha etkin kullanılması için bazı öneriler sunulacak olursa bunlardan ilki tekniğin tek başına kullanılması yerine hibrit modeller içerisinde değerlendirilmesi şeklinde olmalıdır. SİMOS tekniği ile elde edilen önem düzeylerinin makine öğrenmesi yöntemleri ile birlikte kullanılması, daha doğru ve hızlı sonuçlar elde edilmesini sağlayabilmektedir. Bu yaklaşım, özellikle büyük veri içeren problemlerde önemli bir avantaj sunmaktadır.

İkinci olarak, çok sayıda faktörün bulunduğu problemlerde sıralama aşamasını desteklemek amacıyla MDSM gibi ön sıralama yöntemlerinin kullanılması önerilmektedir. Bu sayede karar vericinin daha tutarlı ve çelişkisiz değerlendirmeler yapması mümkün hale gelebilir.

Üçüncü olarak, çevresel ve mekânsal karar problemlerinde SİMOS tekniğinin Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) ile entegre edilmesi, elde edilen sonuçların daha görsel ve yorumlanabilir olmasını sağlayacaktır. Bu tür entegrasyonlar, özellikle planlama ve sürdürülebilirlik çalışmalarında karar vericilere önemli bir destek sunmaktadır. Son olarak, tekniğin subjektif yapısı göz önünde bulundurularak, karar verme sürecine farklı alanlardan uzmanların dahil edilmesi önerilmektedir. Grup karar verme yaklaşımının benimsenmesi, elde edilen sonuçların daha güvenilir ve dengeli olmasına katkı sağlayabilecektir.

KAYNAKÇA

Akpınar, N. (2003). Sürdürülebilir alan kullanım planlamasında alan kullanım tiplerine ait önceliklerin Simos prosedürü ve ELECTRE I yöntemi ile belirlenmesi. *Tarım Bilimleri Dergisi, 9*(2), 234–242.

Aşılıoğlu, F. (2021). GISimos MCDA land suitability model for ecotourism development. *Journal of Environmental Engineering and Landscape Management, 29*(3), 200–214.

Dragoslis, A., Papathanasiou, J., & Tarnanidis, T. (n.d.). *Software design and development for spatial tillage allocation using the revised Simos methodology combined with the multicriteria analysis methods AHP and VIKOR*. University of Macedonia.

Figueira, J., & Roy, B. (2002). Determining the weights of criteria in the ELECTRE type methods with a revised Simos' procedure. *European Journal of Operational Research, 139*(2), 317–326.

Jagtap, M., & Karande, P. (2023). The m-polar fuzzy set ELECTRE-I with revised Simos' and AHP weight calculation methods for selection of non-traditional machining processes. *Decision Making: Applications in Management and Engineering, 6*(1), 240–281.

Simos, J. (1990). *Évaluer l'impact sur l'environnement: Une approche originale par l'analyse multicritère et la négociation*. Presses Polytechniques et Universitaires Romandes.

Uzunali, Ş. Y., & Berberoğlu, S. (2025). Agricultural land suitability analysis with parametric and nonparametric techniques: The case of Büyük Menderes River Basin, Türkiye. *Computers and Electronics in Agriculture, 229*, 109754.

LEADERSHIP STYLES AND EMPLOYEES' INTENTION TO STAY: A MULTIGENERATIONAL WORKFORCE PERSPECTIVE

Togzhan ARTYKBEK
Master's Student, Istanbul Aydin University, Institute of Graduate Studies, Business Administration (Eng.), Istanbul, Turkey,
ORCİD: ID/0009-0001-6797-784X

Asst. Prof. Dr. Tolga TÜRKÖZ
Istanbul Aydin University, Faculty of Economics and Administrative Sciences, Business Administration (Eng.), Istanbul, Turkey
ORCİD: ID/0000-0002-0805-0219,

Abstract
Employee retention has become one of the most serious challenges for modern-day organizations, as the simultaneous presence of diverse generational cohorts in the workforce has fundamentally reshaped workplace dynamics and leadership expectations. Scholars have widely acknowledged that leadership style is among the most influential determinants of employees' organizational commitment and turnover behavior. However, the majority of existing studies have focused predominantly on turnover intention as a negative construct, while comparatively less attention has been directed toward employees' positive intention to stay as an independent and distinct variable. Furthermore, most empirical research in this field has been conducted in Western organizational contexts, leaving non-Western and transitional economies, such as Kazakhstan, largely underrepresented in the literature.
Democratic leadership, characterized by participative decision-making, employee empowerment, and open communication, has been consistently associated with higher levels of job satisfaction, psychological empowerment, and organizational loyalty. In contrast, autocratic leadership, defined by centralized authority, directive control, and limited employee voice, has been linked to reduced motivation, increased stress, and higher turnover intentions, particularly in knowledge-intensive work environments. Despite these well-documented effects, scholars have noted a significant gap in research comparing how different generational cohorts, specifically Millennials and Generation Z, respond to these contrasting leadership styles in terms of their intention to stay.
Millennials, who entered the workforce during a period of rapid technological advancement and organizational change, have been shown to place high value on autonomy, collaborative leadership, and opportunities for professional development. Generation Z, the most recent cohort to enter the labor market, shares some of these values but demonstrates distinct characteristics shaped by growing up in a fully digitalized and economically volatile environment. Empirical evidence on how these generational differences translate into differential responses to democratic and autocratic leadership remains limited, and direct comparisons between the two cohorts are largely absent from the literature.
The purpose of this study is to examine the impact of democratic and autocratic leadership styles on employees' intention to stay, and to determine whether these effects differ significantly between Millennial and Generation Z employees in organizations operating in Kazakhstan. The findings are expected to contribute novel empirical evidence to the leadership and generational research literature and to provide practical guidance for human resource managers seeking to develop generation-sensitive retention strategies in non-Western organizational contexts.
Keywords: Democratic leadership, Autocratic leadership, Intention to stay, Employee retention, Millennials, Generation Z, Kazakhstan

THE IMPACT OF FINANCIAL DATA QUALITY ON BUSINESS RISK MANAGEMENT: A CONCEPTUAL FRAMEWORK FOR TURKISH SMES

FİNANSAL VERİ KALİTESİNİN İŞLETME RİSK YÖNETİMİNE ETKİSİ: TÜRKİYE KOBİ'LERİ ÜZERİNE KAVRAMSAL BİR ÇERÇEVE

Assoc. Prof. Dr. Zerrin FIRAT
Bursa Uludağ University, Faculty of Economics and Administrative Sciences, Department of
ORCID: 0000-0001-6849-6813

Ph.D. Student Nergiz DURSUN
Bursa Uludağ University, Institute of Social Sciences, PhD Program in Business
ORCID: 0009-0001-5610-5915

Master's Student Tuğba TUFAN
Bursa Uludağ University, Institute of Social Sciences, Master's Program in Accounting and Auditing,
ORCID: 0009-0004-5660-4804

Assistant Professor Şükrü DOKUR
Bursa Uludağ University, Faculty of Economics and Administrative Sciences, Department of
ORCID: 0000-0001-8004-3251

ABSTRACT

Managing business risks is a critical process for businesses to sustain their operations in the face of intense competition and unexpected economic changes. The ability to conduct risk analysis and planning effectively depends largely on the quality of the financial data used. In SMEs, which play a significant role in the Turkish economy, accounting records are generally maintained solely for compliance with tax regulations. This situation makes it difficult to generate sufficiently detailed and up-to-date information supporting management decisions, such as cash flow, cost allocation, profitability trends, and debt repayment capacity.

In this study, the role of financial data quality in business risk management is conceptually examined specifically for SMEs in Turkey. Drawing on Corporate Risk Management and information asymmetry approaches, the relationships between financial data quality, risk visibility, information asymmetry, digital transformation, and business continuity were evaluated. As part of the study, a detailed literature review was conducted to compile existing theoretical and applied sources, and based on these sources, a conceptual model and four research hypotheses were developed.

The results of the literature review indicate that low-quality financial data hinders the timely identification of risks in SMEs, makes decision-making processes more reliant on personal estimates, and increases information asymmetry in access to financing. The study's primary contribution is its positioning of financial data quality not merely as a routine accounting issue, but as a fundamental factor that directly determines risk management capacity and business continuity in SMEs. Additionally, this study addresses the potential of digital transformation tools to enhance financial data quality and support more proactive risk management practices.

Keywords: Financial data quality, risk management, SMEs, corporate risk management, information asymmetry, financial planning

ÖZET

İşletme risklerinin yönetilmesi, yoğun rekabet ve beklenmedik ekonomik değişimler karşısında işletmelerin varlığını koruyabilmesi açısından kritik bir süreçtir. Risk analizi ve planlamasının doğru biçimde yapılabilmesi ise büyük ölçüde kullanılan finansal verilerin kalitesine bağlıdır. Türkiye ekonomisinde önemli bir yere sahip olan KOBİ'lerde muhasebe kayıtları genellikle sadece vergi mevzuatına uyum amacıyla tutulmaktadır. Bu durum nakit akışı, maliyet dağılımı, kârlılık eğilimi ve borç ödeme kapasitesi gibi yönetim kararlarını destekleyen bilgilerin yeterince ayrıntılı ve güncel üretilmesini zorlaştırmaktadır.

Bu araştırmada, finansal veri kalitesinin işletme risk yönetimi üzerindeki rolü Türkiye'deki KOBİ'ler özelinde kavramsal olarak incelenmektedir. Kurumsal Risk Yönetimi ve bilgi asimetrisi yaklaşımlarından yararlanılarak; finansal veri kalitesi, risk görünürlüğü, bilgi asimetrisi, dijital dönüşüm ve işletme sürekliliği arasındaki ilişkiler değerlendirilmiştir. Araştırma kapsamında detaylı bir literatür taraması yapılarak mevcut teorik ve uygulamalı kaynaklar bir araya getirilmiş, bu kaynaklardan hareketle bir kavramsal model ile dört araştırma önermesi geliştirilmiştir.
Literatür taramasından elde edilen sonuçlar; düşük kaliteli finansal verilerin KOBİ'lerde risklerin zamanında fark edilmesini engellediğini, karar alma süreçlerini kişisel tahminlere daha bağımlı hale getirdiğini ve finansmana erişimde bilgi asimetrisini artırdığını göstermektedir. Araştırmanın temel katkısı, finansal veri kalitesini sıradan bir muhasebe sorununun ötesinde, KOBİ'lerde risk yönetimi kapasitesini ve işletme sürekliliğini doğrudan belirleyen temel bir unsur olarak konumlandırmasıdır. Ayrıca bu çalışma dijital dönüşüm araçlarının finansal veri kalitesini artırma ve daha öngörülü risk yönetimi uygulamalarını destekleme potansiyelini de ele almaktadır.
Anahtar Kelimeler: Finansal veri kalitesi, risk yönetimi, KOBİ, kurumsal risk yönetimi, bilgi asimetrisi, finansal planlama

INTRODUCTION

Increasing competitive pressure, rapid technological changes, and unpredictable economic fluctuations, all driven by the globalization process, are increasingly exposing businesses to more complex risk environments. In this context, businesses seeking to maintain their sustainability must rely on reliable, up-to-date, and integrated financial data to manage the risks they face in a systematic and effective manner. In particular, small and medium-sized enterprises (SMEs), which form the backbone of the Turkish economy, must carry out these risk management processes with more limited resources and less institutional capacity compared to large enterprises. Consequently, the quality of the financial data available to SMEs has emerged as a key variable directly determining the quality of risk management.
Although financial data quality plays a decisive role in the accuracy and effectiveness of decision-making processes, it has been relatively limited in the SME literature from a risk management perspective. The strategic benefits that the Enterprise Risk Management (ERM) approach provides to businesses depend largely on the accuracy, completeness, and timeliness of the financial data used. It is emphasized that an effective risk management system can only be built on a reliable and comprehensive financial information infrastructure (Pamukçu, 2018). Risk assessments based on low-quality, incomplete, or outdated financial data pave the way for erroneous strategic decisions, the escalation of errors in resource allocation, and the jeopardizing of business continuity.
In Turkey, SMEs hold a critical position in terms of both employment and economic growth. However, their financial management remains quite limited, accounting is primarily maintained for tax purposes, and their corporate structures have not developed sufficiently. This situation directly and negatively impacts risk management (Müftüoğlu, 2007). The Turkey Industry Strategy 2023-2035 also confirms these issues, listing the digital and institutional development of SMEs among its objectives (Ministry of Industry and Technology, 2023).
A similar picture emerges in the international literature. Deficiencies in financial data quality create problems not only within the firm but across the market as a whole. Akerlof (1970) and Stiglitz and Weiss (1981) have demonstrated how such information deficiencies lead to adverse outcomes and credit rationing.
In Turkey, the widespread adoption of e-transformation initiatives in recent years, the availability of AI-powered accounting tools to SMEs, and KOSGEB's increased support for digitalization have created concrete opportunities to improve financial data quality. Realizing these opportunities necessitates a fundamental strengthening of SMEs' financial reporting infrastructure. This study addresses this need at a conceptual level. It examines the relationship between financial data quality, risk visibility, and digital transformation through the theoretical frameworks of KRY and information asymmetry, develops a conceptual model, and offers actionable recommendations for Turkey's SME policy.

METHOD

To solidify the theoretical foundations of the subject, a detailed literature review and framework study design based on a conceptual research approach was chosen (Jaakkola, 2020).

Conceptual research is a method that aims to develop new frameworks, models, or sets of propositions by synthesizing existing theoretical knowledge rather than collecting data directly from the field (Gilson and Goldberg, 2015). Given the necessity of first defining the theoretical aspects of the problem and the application gaps in the field at the conceptual level, this approach is considered the most appropriate method for the study.

During the literature review phase, national and international peer-reviewed journal articles, books, corporate reports, and official standard documents published between 2000 and 2025 were carefully examined. During the search, the keywords "financial data quality," "risk management," "SMEs," "corporate risk management," "information asymmetry," and "digital transformation" and their English equivalents were used. Google Scholar, Scopus, and the ULAKBİM database were extensively utilized in this process. The selected sources encompass internationally recognized theoretical frameworks in the field—such as corporate risk management, information asymmetry, signaling theory, and agency theory—as well as corporate reports specific to Turkey and national standard texts. The emphasis on international peer-reviewed journal articles has significantly strengthened the comparability of national findings with the global literature.

The primary outputs of the process consist of theoretical arguments derived from the literature, the conceptual model developed, and four propositions derived from this model. These propositions presented in the conceptual model are fully open to future empirical studies. The primary limitation of the process is that it does not include first-hand field data such as surveys or interviews. Therefore, the results obtained must be supported by quantitative or qualitative research to be conducted in the future.

CONCEPTUAL FINDINGS

1. Financial Data Quality: Conceptual Framework

Financial data quality is a concept related to the extent to which a company's financial information is accurate, complete, timely, and reliable. In other words, this concept examines the accuracy of information encompassing financial data, discrepancies, and cash flows. Data quality is approached not merely as a technical criterion but as a multidimensional concept shaped by the needs and expectations of those who use the data. Wang and Strong (1996) defined data quality around the principle of "fitness for use," highlighting the dimensions of accuracy, completeness, consistency, and contextual appropriateness. In line with this international framework, the national literature also emphasizes that financial information must meet various dimensions such as usability, reliability, accessibility, and contextual appropriateness (Dinç and Abdioğlu, 2009). This multidimensional definition reveals that financial data quality carries a much broader meaning than the technical accuracy of accounting records.

The concept of earnings quality is a measure that assesses the extent to which a firm's accounting profit reflects its actual economic performance and is recognized as one of the key indicators of financial reporting quality. Dechow, Ge, and Schrand (2010) comprehensively examined the determinants and consequences of earnings quality, demonstrating that low-quality earnings lead to misallocation of resources and systematic investor misperceptions. Consistent with these findings, the national literature has also revealed that low earnings quality can result in managers concealing the true economic situation from various stakeholders or manipulating financial information due to managerial biases (Demir and Bahadır, 2015). This issue is particularly evident in the SME environment, where external audit and oversight mechanisms are insufficient, and it significantly impairs decision-making processes.

It is noted that the preparation of financial statements for SMEs in Turkey is largely detailed in the distribution of MSUGT and tax legislation. The BOBİ FRS and KÜMİ FRS frameworks established by the KGK offer businesses a significant opportunity to produce more financial information. However, many SMEs lack both the technical capabilities and the organizational motivation required for these frameworks (KGK, 2023; KGK, 2024). Consequently, they continue to adhere to tax accounting practices, which leads to the separation of management accounting from the background and results in the release of data diversity when making allocation decisions.

An accounting information system must be structured not only to comply with legal regulations but also to address internal planning and audit needs (Sevilengül, 2021). The ability of financial statements to guide managers is directly related to the processes by which these statements are prepared (Akdoğan and Tenker, 2007). In this context, viewing financial data solely as a tool for tax and legal compliance is a rather narrow approach.

What is truly important is the active use of this data in decision-making and risk management. If SMEs view accounting through this lens, it can make a significant difference in their operations.
In SMEs, integrating accounting information with risk management directly supports enhancing risk visibility and fostering a proactive management approach (Gümüş and Çıtak, 2022). If these two elements operate in isolation, efforts to meaningfully structure and highlight risk categories become nothing more than a theoretical exercise on paper. Inadequacies in financial data, meanwhile, make it difficult to ground investment decisions on a solid foundation.

2. Structural Issues in Financial Reporting for SMEs in Turkey

The definition of SMEs in Turkey is based on a legal framework. According to current regulations, businesses with fewer than 250 annual employees and where at least one of the annual net sales revenue or financial statements is below 1 billion Turkish lira are classified as SMEs. These businesses are further divided into three groups: micro, small, and medium-sized (Official Gazette, 2025). This legal framework serves as a fundamental reference point that defines the scope of the field for both policymakers and researchers.
The definition of SMEs in Turkey is based on a legal framework. According to current regulations, businesses with fewer than 250 employees and where at least one of the annual net sales revenue or financial statements is below 1 billion Turkish lira are classified as SMEs. These businesses are further divided into three categories: micro, small, and medium-sized (Official Gazette, 2025). This legal framework serves as a fundamental reference point that defines the scope of the field for both policymakers and researchers.
One of the most fundamental financial challenges facing SMEs in Turkey is that their accounting systems are largely driven by a tax-focused approach. Accounting records are primarily maintained to ensure compliance with tax regulations. This situation prioritizes the fulfillment of legal obligations while relegating the accurate reflection of the business's actual economic condition to the background. The current approach makes it difficult to track assets at their current market value, make cash flow projections, and conduct cost allocation analyses (Büyükmirza, 2016). The effectiveness of financial statement analysis, in turn, depends primarily on the reliability of the data contained in these statements. Analyses based on unreliable data can lead to misleading results (Karabıyık and Anbar, 2022). This issue is particularly pronounced in activities where tax records summarize accounting decisions.
The second major issue limiting the quality of financial data is the lack of qualified accounting personnel within the organization. In a significant portion of SMEs, accounting processes are carried out through external professionals solely for the purpose of filing tax returns and fulfilling legal obligations. This situation makes it practically very difficult to transform management accounting into an effective decision-support tool in SMEs and creates a basis for managerial decisions to be made in isolation from concrete data (Kaygusuz, 2011). On the other hand, the lack of institutionalization is a separate factor that limits financial transparency. The prevalence of a family business culture in Turkish SMEs hinders the systematic identification of risks and acts as a barrier to institutionalization (Müftüoğlu, 2007). These institutional barriers significantly impair businesses' ability to manage crises and generate solutions during a potential economic crisis.

3. The Effects of Financial Data Quality on Risk Management in Turkish SMEs

Risk categories are generally addressed within established frameworks as financial risks, strategic risks, operational risks, and compliance risks. The proper management of each risk category relies on financial data; consequently, deficiencies in data quality lead to specific vulnerabilities and negative consequences in monitoring all these risk categories. Turkey's economic environment, shaped by high inflation and rapid changes, further emphasizes the critical importance of these risk categories for SMEs. Among financial risks, liquidity risk is the most critical. SMEs' inability to support cash flow management with real-time and reliable data makes it difficult to detect real-value erosion in a timely manner, particularly in Turkey's high-inflation environment. According to the Central Bank of the Republic of Turkey (TCMB, 2024), liquidity stress in the SME sector stems largely from a mismatch between the maturities of short-term liabilities and assets; anticipating this mismatch is impossible without reliable balance sheet data. Foreign exchange risk, meanwhile, necessitates systematic currency

tracking and realistic valuation for businesses that purchase raw materials in foreign currency but make sales in Turkish lira.

From the perspective of operational risks, cost control plays a decisive role. SMEs unable to generate reliable cost data cannot identify which products or processes are incurring losses, and this situation hinders the sound formulation of capacity utilization decisions and pricing strategies. Since operational optimization cannot be achieved without accurate cost data, the importance of cost accounting in managerial decision-making cannot be overlooked (Büyükmirza, 2016). The inability to effectively monitor supplier payment terms and inventory turnover rates can also pave the way for sudden and unexpected liquidity crises.

In terms of business sustainability, market loss and competitive pressure are also critical strategic risks. In Turkish SMEs, the failure to identify these risks in a timely manner stems largely from inadequate financial reporting practices. Disruptions in regular performance monitoring processes also make it difficult to anticipate risks and strengthen strategic decision-making (Öztürk and Ersoy, 2021). A similar situation applies to compliance risks. Failure to keep pace with changes in tax legislation and financial reporting standards results in tangible losses such as administrative fines and credit rating downgrades. The change announcements published by the Public Oversight Authority (KGK, 2024) also clearly demonstrate how dynamic this compliance process is.

4. The Role of Financial Data Quality within the Corporate Risk Management Framework

Enterprise Risk Management (ERM) refers to the process of systematically identifying, assessing, and managing any events or situations a business may encounter. The COSO (2017) framework structures this system as an integrated framework intertwined with strategic planning and performance management, built upon five core components. These components are: governance and culture, strategy and objective setting, performance, review and revision, and information, communication, and reporting. This international standard aligns with the TS ISO 31000:2018 framework in Turkey. Addressing risk management within an integrated framework makes a high-quality flow of financial data an indispensable prerequisite for the system (TSE, 2018; Pamukçu, 2018). This structural integrity plays a critical role in transforming KRY from a process that remains merely on paper into a dynamic tool that genuinely guides business decisions.

The functionality of KRY processes depends largely on the quality of the data used. To create a meaningful risk map during the risk identification phase, reliable financial indicators, historical performance data, and industry benchmarks are required. Risk assessments that lack a sound foundation, however, pave the way for critical risks to be overlooked, priorities to be misaligned, and resources to be misallocated. Moreover, these errors do not merely result in one-time negative outcomes; they accumulate over time, potentially transforming into significant financial liabilities and losses for the business. Consequently, a robust financial reporting infrastructure is the most strategic element directly determining the success of corporate risk management.

It is emphasized that making the right decisions in uncertain environments is only possible with sufficient and high-quality information, and therefore, the risk management system must have mechanisms to ensure data quality (TSE, 2018). Despite these international standards, it is observed that SMEs in Turkey face significant challenges in meeting these requirements. Particularly in small-scale businesses where a risk culture has not yet fully taken root, risk management processes are often carried out using unplanned and non-institutional methods. To address this negative situation, strengthening the accounting and financial infrastructure emerges as a top priority.

Determining a company's risk appetite is also directly linked to the quality of financial data. Decisions regarding the highest level of risk a company can assume require a proper analysis of its current financial strength, cash flow flexibility, and resilience to challenging market scenarios. To successfully conduct these analyses, there is a need for actual cash flow statements, balance sheet items reflecting market value, and up-to-date management accounting data (Akdoğan and Tenker, 2007). The absence of these critical data leads to risk appetite being determined entirely based on estimates and renders proactive risk planning for the future impossible. Indeed, field studies confirm that Corporate Risk Management (CRM) practices in SMEs significantly and positively impact financial performance (Kaya, 2020). As research findings clearly demonstrate, investments aimed at improving financial data quality significantly reduce risk management costs in the medium and long term.

5. Risk Visibility in SMEs from the Perspective of the Information Asymmetry Theory

Information asymmetry refers to a situation where one party possesses more and better-quality information than the other. Akerlof (1970) demonstrated, through the model he developed, that asymmetric information drives high-quality products out of the market and leads to adverse selection. This also applies to financial reporting processes. Spence (1973), in his theory of signaling, explained that the party possessing the information can address this information gap through reliable disclosures. High-quality financial reporting is the most important tool for instilling this confidence in the market. The domestic literature also notes that information asymmetry disrupts market equilibrium and that businesses unable to provide transparent financial data face significant obstacles in securing funding (Türkmen and Tatan, 2022). Consequently, the quality of financial data plays a critical role in enabling businesses to maintain their position in the market.

It is well known that credit constraints (credit rationing) occur in credit markets due to information asymmetry. Stiglitz and Weiss (1981) have theoretically and empirically demonstrated that when banks cannot access reliable financial information, they opt to limit the amount of credit rather than raise interest rates. The implications of this global theory are observed in a much more concrete manner, particularly among SMEs in Turkey. SMEs that cannot provide reliable financial statements or lack audited data are classified as high-risk in credit applications and face significant difficulties in accessing cash (Özay, 2021; KOSGEB, 2025). This bottleneck in the financing process is also clearly reflected in the banking sector's official reports. BDDK (2024) data also supports this situation and shows that the collateral amounts required from SMEs are much higher compared to large-scale firms. This situation, as revealed by official data and academic literature, clearly demonstrates a direct and strong link between SMEs' levels of financial transparency and their access to capital.

The internal dimension of information asymmetry is addressed within the framework of agency theory. This approach, which examines conflicts of interest between business owners and managers and the costs arising from this situation, was proposed by Jensen and Meckling (1976). According to this approach, conflicts of interest and agency costs arise when managers possess more information than business owners. This relationship has also been documented in the national literature, and it has been clearly demonstrated that this theory intersects with the concept of corporate governance in the Turkish context (Çelik, 2010).

In SMEs, however, this problem becomes much more pronounced. In these structures where the business owner is also the manager, there is often no legal requirement for transparent financial reporting, and management decisions are made based on intuition rather than data. This management style creates a major institutional barrier to the systematic identification and monitoring of risks. Consequently, the lack of quality financial data directly prevents the business from identifying risks. The inability to make realistic cash flow forecasts leads to hidden liquidity risks, while the absence of reliable cost data prevents the detection of operational inefficiencies.

The absence of a high-quality and transparent accounting system makes it impossible for SMEs to identify their internal weaknesses and external threats in a timely manner and take preventive measures. Relying on personal estimates rather than data in managing credit debt makes it difficult to accurately measure leverage risk. Additionally, the inability to conduct sectoral comparisons prevents businesses from assessing their position relative to competitors (Gençoğlu and Ertan, 2012). As researchers have noted, to resolve this information gap, SMEs must provide more transparent and reliable financial statements to both internal stakeholders and external parties such as banks. In this process, the accounting information system must be transformed from a tool used solely for tax purposes into one that supports management decisions. This development process should entail both the renewal of technological infrastructure and the adoption of a corporate management philosophy.

6. Digital Transformation and Financial Data Quality in SMEs

Digital transformation is the process by which businesses integrate technology into their operational methods, corporate culture, and stakeholder relationships. From a financial management perspective, this transformation encompasses cloud-based accounting software, ERP systems, AI-powered analytical tools, and e-transformation applications. These digital tools have the potential to significantly enhance the quality of financial data in SMEs.

The mandatory implementation of e-invoicing, e-ledger, and e-archive applications in Turkey has brought about a fundamental change in SMEs' financial record-keeping systems. The number of businesses using these applications has been increasing steadily each year (GİB, 2024). This rise in the number of taxpayers indicates that SMEs are now recording their financial data in a more standardized and organized manner. Real-time records generated through digital transformation facilitate cash flow analysis and tax processes. However, for this technological infrastructure to effectively serve as a risk analysis tool, businesses must also enhance their management capabilities.

The SME Digital Support Program (KOBİ-DİJİTAL), administered by KOSGEB, provides grant support for the acquisition of tools such as accounting software, ERP solutions, and cloud infrastructure (KOSGEB, 2024). These grant supports serve as a concrete incentive for businesses to strengthen their data infrastructure. Official reports confirm that the number of businesses benefiting from the program has increased every year (KOSGEB, 2025). This demonstrates that SMEs are aware of the need for digital transformation and the renewal of their financial infrastructure.

Cloud-based accounting software enables SMEs to access real-time financial information at low cost. Thanks to automatic bank integrations, tracking collections and payments becomes more practical, and real-time cash flow and critical financial indicators can be easily monitored (Büyükmirza, 2016). As the author emphasizes, these systems accelerate financial processes by minimizing human errors. Indeed, research has proven that businesses transitioning to cloud systems reduce reporting errors and enhance data reliability (Arslan, 2022). As supported by research findings, cloud systems transform accounting from a routine bookkeeping task into a strategic decision-making mechanism.

Artificial intelligence and machine learning applications provide SMEs with advanced analytics such as detecting erroneous transactions, financial forecasting, and risk scoring. However, for these tools to produce accurate results, the underlying financial data must be reliable. When data quality is low, the predictive accuracy and decision-support value of AI software decrease significantly (Dinç and Abdioğlu, 2009). This clearly demonstrates that technology investments made without first improving the raw quality of the data will be wasted. The Ministry of Industry and Technology has also identified enhancing SMEs' data-driven decision-making capacity as a priority goal for competitiveness (Ministry of Industry and Technology, 2023). This emphasis in the government's official plans confirms how vital the financial data infrastructure is for the future of businesses. In short, investing in digital tools and improving data quality must be carried out together as complementary processes.

For digital transformation to genuinely benefit SMEs, certain fundamental conditions must be met. First and foremost, enhancing the digital literacy of business owners and accounting staff is of critical importance. Additionally, the selection of accounting software should not be limited solely to tax filing purposes; functions supporting managerial decision-making and risk analysis must also be considered. Finally, facilitating SMEs' access to qualified financial advisory services should be a priority policy. Ensuring these conditions collectively will maximize the positive impact of digital transformation on the quality of financial data.

7. Conceptual Model and Research Recommendations

In light of the theoretical approaches and literature findings discussed in the previous sections, the conceptual model—the primary output of this study—is proposed. The model is built on six main elements: financial data quality, risk visibility, information asymmetry, digital transformation, corporate risk management effectiveness, and business continuity. According to this model, an increase in financial data quality both directly enhances risk visibility and reduces information asymmetry. Risk visibility and information asymmetry, in turn, emerge as the key variables determining the effectiveness of corporate risk management. Digital transformation is incorporated into the model as a foundation that strengthens financial data quality. Finally, while the effectiveness of corporate risk management positively impacts business continuity, information asymmetry negatively affects business continuity through higher credit costs.

The relationships underlying the model are in strong alignment with existing theoretical frameworks. Wang and Strong (1996)'s multidimensional data quality approach forms the conceptual foundation of financial data quality. While Akerlof (1970) and Stiglitz and Weiss (1981) explain the link between information asymmetry and credit costs, Jensen and Meckling (1976) highlight the internal dimensions of this asymmetry within the firm.

While COSO (2017) and TSE (2018) outline the framework for risk management effectiveness, Dechow et al. (2010) demonstrate the impact of financial data quality on earnings quality. In the local literature, Gümüş and Çıtak (2022) and Kaya (2020) support the relationship between financial data quality and risk management with empirical findings. Drawing on all this theoretical and empirical body of work, the model offers a comprehensive framework that enables a holistic assessment of SMEs' financial structure and the risks they face.

Within this conceptual model, the following research hypotheses have been developed to examine the current status of Turkish SMEs:

Hypothesis 1 (H1): As financial data quality increases in Turkish SMEs, risk visibility increases and the effectiveness of corporate risk management strengthens.

Hypothesis 2 (H2): As the quality of financial data in Turkish SMEs improves, information asymmetry decreases, which lowers credit costs and facilitates access to financing.

Hypothesis 3 (H3): SMEs in Turkey that effectively utilize digital transformation tools achieve higher financial data quality compared to those that do not use these tools.

Hypothesis 4 (H4): In Turkish SMEs where corporate risk management effectiveness increases, business continuity and financial resilience are positively impacted.

These propositions serve as a starting point for future empirical studies. These propositions, which can be tested through structural equation modeling, multivariate regression analysis, or mixed-methods research designs, also lay the groundwork for comparative analyses across different sectors and regions. From this perspective, the set of propositions constitutes a valuable resource for future research in the field.

CONCLUSION

In this study, which examines the impact of financial data quality on risk management in businesses, specifically among SMEs in Turkey, a model and four propositions were developed based on a literature review. The findings indicate that low financial data quality reduces risk visibility, increases information asymmetry, and creates blind spots that jeopardize business continuity. Accounting practices among SMEs in Turkey are generally conducted with a mindset focused solely on tax compliance. This situation makes it practically very difficult to use accounting data as a tool to inform management decisions. From the perspective of risk types, this structural issue in SMEs prevents the timely identification of liquidity, foreign exchange, operational, and strategic risks. In short, the lack of transparency and quality in financial statements creates a major organizational barrier preventing SMEs from identifying both their internal weaknesses and external threats.

The KRY framework requires reliable and up-to-date financial information at every stage of the risk identification, assessment, and response processes (COSO, 2017; TSE, 2018). The theory of information asymmetry, proposed by Akerlof (1970) and Stiglitz and Weiss (1981), demonstrates that insufficient financial data leads to mis e choices in credit markets and major errors in business decisions. Jensen and Meckling's (1976) agency theory, on the other hand, addresses the dimension of this problem between partners and managers within the firm. Reports by the Central Bank of the Republic of Turkey (TCMB, 2024) and the Banking Regulation and Supervision Agency (BDDK, 2024) also support these theoretical approaches with official data, clearly demonstrating the direct relationship between SMEs' level of financial transparency and their ease of accessing credit and borrowing costs. These data shared by official institutions reveal that financial transparency is not a matter of choice for SMEs but has become a fundamental factor determining access to direct financing. The small-scale structure of SMEs in Turkey and the prevalence of a family business culture further accentuate the effects of this situation.

The policy recommendations emerging from the research are grouped into four key areas.

First, SMEs must be ensured to fully implement financial reporting standards appropriate to their scale, such as BOBİ FRS and KÜMİ FRS. In this regard, the preparation of sector-specific guidelines to facilitate the implementation of the Public Oversight Authority's current decisions in the field is of great importance (KGK, 2024). These guidelines will serve as an effective bridge in closing the gap between official regulations and the daily practices of SMEs.

Second, the scope of the existing SME-DIGITAL program should be expanded to prevent accounting software support from being limited solely to tax return preparation (KOSGEB, 2024).

The support provided should be directed to include advanced modules covering management accounting, data analytics, and risk analysis.

Third, new training programs should be developed for SMEs on how to utilize data obtained from e-transformation infrastructure in business intelligence and risk analysis processes (GİB, 2024). Thanks to these training programs based on Revenue Administration data, SMEs will be able to evaluate the digital data they possess much more effectively when making strategic decisions.

Fourth, the Banking Regulation and Supervision Agency's credit evaluation criteria for SMEs should be revised (BDDK, 2026). Incentive mechanisms that offer low-interest rates and collateral flexibility to businesses that enhance financial transparency and maintain proper records should be implemented.

These four fundamental recommendations, addressed from a holistic perspective, hold significant potential to enhance both the financial resilience and long-term competitiveness of SMEs in Turkey.

The main limitation of this study is that it does not include first-hand data, such as surveys or interviews, and is confined solely to a theoretical framework. Future empirical studies conducted in the field are needed to test the four propositions put forward in Chapter 7 using actual data. Future research could address financial data quality using concrete measurement tools based on the approach of Wang and Strong (1996). The relationship between these measurements and the success of corporate risk management can be examined using statistical methods, thereby clearly highlighting differences across sectors (Kaya, 2020). As the author also notes, such empirical studies conducted in the field hold significant value in demonstrating the validity of the proposed conceptual model under real-world market conditions. In addition, long-term studies examining the impact of digital transformation on financial data quality over time, along with research comparing the reporting quality of SMEs across different regions, will significantly contribute to the government's ability to design SME policies with greater precision.

REFERENCES

Akerlof, G. A. (1970). The market for "lemons": Quality uncertainty and the market mechanism. The Quarterly Journal of Economics, 84(3), 488–500. https://doi.org/10.2307/1879431

Akdoğan, N. and Tenker, N. (2007). Financial Statements and Financial Analysis Techniques (10th ed.). Gazi Kitabevi.

Arslan, Ç. (2022). The Impact of Digital Transformation on SME Accounting Practices: The Case of Bursa Province (Unpublished master's thesis). Bursa Uludağ University, Institute of Social Sciences.

BDDK. (2024). Financial Markets Report (December 2024). Banking Regulation and Supervision Agency. https://www.bddk.org.tr

Büyükmirza, K. (2016). Cost and management accounting: A system approach compliant with uniform standards (18th ed.). Gazi Kitabevi.

COSO. (2017). Enterprise Risk Management: Integrating with Strategy and Performance. Committee of Sponsoring Organizations of the Treadway Commission.

Çelik, S. (2010). The process of change in corporate governance and agency theory. Journal of Management Sciences, 8(2), 199–229.

Dechow, P. M., Ge, W., and Schrand, C. M. (2010). Understanding earnings quality: A review of the proxies, their determinants, and their consequences. Journal of Accounting and Economics, 50(2–3), 344–401. https://doi.org/10.1016/j.jacceco.2010.09.001

Demir, V., and Bahadır, O. (2015). Measurement and determinants of financial reporting quality: A Turkish application. Perspectives on Accounting and Auditing, (45), 1–26.

Dinç, E. and Abdioğlu, H. (2009). The relationship between corporate governance and accounting information systems in firms: An empirical study on ISE–100 companies. Journal of the Institute of Social Sciences, Balıkesir University, 12(21), 157–184.

Gençoğlu, Ü. G. and Ertan, Y. (2012). Factors Affecting Accounting Quality. Journal of Accounting and Finance, (54), 1–24.

Gilson, L. L. and Goldberg, C. B. (2015). Editors' comment: So, what is a conceptual paper? Group & Organization Management, 40(2), 127–130. https://doi.org/10.1177/1059601115576425

GİB. (2024). E-transformation Applications 2024 Statistics. Revenue Administration. https://www.gib.gov.tr

Gümüş, U. T. and Çıtak, L. (2022). Accounting information quality and risk management practices in SMEs. Journal of Accounting Science, 24(1), 45–72.

Jaakkola, E. (2020). Designing conceptual articles: Four approaches. AMS Review, 10(1–2), 18–26. https://doi.org/10.1007/s13162-020-00161-0

Jensen, M. C. and Meckling, W. H. (1976). Theory of the firm: Managerial behavior, agency costs, and ownership structure. Journal of Financial Economics, 3(4), 305–360. https://doi.org/10.1016/0304-405X(76)90026-X

Karabıyık, L. and Anbar, A. (2022). Financial Statement Analysis (6th ed.). Ekin Basın Yayın.

Kaya, U. (2020). The Relationship Between Corporate Risk Management and Financial Performance in SMEs (Unpublished doctoral dissertation). Bursa Uludağ University, Institute of Social Sciences.

Kaygusuz, S. Y. (2011). An Approach to the Accounting Information System from the Perspective of Management Accounting Functions. Journal of Accounting Science, 13(4), 1–22.

KGK. (2023). Financial Reporting Standard for Small and Micro Enterprises (KÜMİ FRS) 2022 Edition. Public Oversight, Accounting, and Auditing Standards Authority. https://www.kgk.gov.tr

KGK. (2024). Announcements of changes to BOBİ FRS and KÜMİ FRS. Public Oversight, Accounting, and Auditing Standards Authority. https://www.kgk.gov.tr

KOSGEB. (2024). SME Digital Support Program (SME-DIGITAL) Implementation Guide. Presidency of the Agency for the Development and Support of Small and Medium-Sized Enterprises. https://www.kosgeb.gov.tr

KOSGEB. (2025). 2024 Annual Activity Report. Presidency of the Agency for the Development and Support of Small and Medium-Sized Enterprises. https://www.kosgeb.gov.tr

Müftüoğlu, M. T. (2007). Small and Medium-Sized Enterprises in Turkey: Problems and Recommendations (8th ed.). Turhan Publishing House.

Özay, T. (2021). Information asymmetry and credit allocation in the SME lending process: The case of Turkey (Unpublished master's thesis). Bursa Uludağ University, Institute of Social Sciences.

Öztürk, H. and Ersoy, A. (2021). The relationship between financial risk management and accounting information quality in SMEs. Journal of Accounting and Finance, (90), 57–80.

Pamukçu, F. (2018). Corporate risk management. Beta Publications.

Official Gazette. (August 7, 2025). Regulation on Amendments to the Regulation on Small and Medium-Sized Enterprises. [suspicious link removed]

Ministry of Industry and Technology. (2023). Turkey's Industrial Strategy 2023–2035. Ministry of Industry and Technology of the Republic of Turkey. https://www.sanayi.gov.tr

Sevilengül, O. (2021). General Accounting (19th ed.). Gazi Publishing House.

Spence, M. (1973). Job market signaling. The Quarterly Journal of Economics, 87(3), 355–374. https://doi.org/10.2307/1882010

Stiglitz, J. E. and Weiss, A. (1981). Credit rationing in markets with imperfect information. The American Economic Review, 71(3), 393–410.

TCMB. (2024). Financial Stability Report (November 2024). Central Bank of the Republic of Turkey. https://www.tcmb.gov.tr

TSE. (2018). TS ISO 31000:2018: Risk management — guiding principles. Turkish Standards Institute.

Türkmen, S. Y., & Tatan, M. (2022). The problem of access to finance in SMEs and the role of information asymmetry. Journal of Finance, Economics, and Social Research, 7(2), 312–325.

Wang, R. Y., and Strong, D. M. (1996). Beyond accuracy: What data quality means to data consumers. Journal of Management Information Systems, 12(4), 5–33. https://doi.org/10.1080/07421222.1996.11518099

YÖNETİCİ PERSPEKTİFİNDEN HESAP OKUNABİLİRLİĞİ: TEK DÜZEN HESAP PLANI'NIN YÖNETİMSEL KULLANIMI ÜZERİNE KAVRAMSAL BİR DEĞERLENDİRME

ACCOUNT READABILITY FROM THE MANAGERIAL PERSPECTIVE: A CONCEPTUAL EVALUATION OF THE MANAGERIAL USE OF THE UNIFORM CHART OF ACCOUNTS

Doç. Dr. Zerrin FIRAT
Bursa Uludağ Üniversitesi, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, İşletme Bölümü
ORCID: 0000-0001-6849-6813

Doktora Öğrencisi Nergiz DURSUN
Bursa Uludağ Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, İşletme Doktora Programı
ORCID: 0009-0001-5610-5915

Yüksek Lisans Öğrencisi Tuğba TUFAN
Bursa Uludağ Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Muhasebe ve Denetim Yüksek Lisans Programı
ORCID: 0009-0004-5660-4804

Dr. Öğr. Üyesi Şükrü DOKUR
Bursa Uludağ Üniversitesi, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, Muhasebe ve Finans Bölümü,
ORCID: 0000-0001-8004-3251

ABSTRACT

Accounting records are produced in a technical language. This is expected because accounting requires standardization, regulatory compliance, and consistency in financial reporting. Yet the users of accounting information in internal decision-making are often managers and business owners without formal accounting training. For them, the issue is not only seeing an account balance, but understanding what that balance means for the business.

This study conceptualizes managers' capacity to read, interpret, and translate accounting accounts, financial reports, and related operational indicators into managerial decisions as "account readability." The study does not rely on original empirical data. It develops a conceptual model through a narrative review of the literature on financial literacy, financial report readability, accounting information quality, management accounting, SME decision-making, digital accounting, and Turkey's Uniform Chart of Accounts.

The conceptual evaluation suggests that account readability cannot be explained solely by individual financial literacy. Report design, data visualization, digital accounting infrastructure, management accounting tools, and the advisory role of accounting professionals should also be considered. The study proposes account readability as a multidimensional construct consisting of technical understandability, managerial interpretation, decision linkage, timeliness, visual/reporting simplicity, digital accessibility, and integration with operational data. Within this framework, a conceptual model is developed around decision-oriented financial literacy training, simplified management-oriented reporting formats, and hybrid reporting systems integrating financial and operational indicators.

Keywords: Account readability, management accounting, Uniform Chart of Accounts, financial literacy, digital reporting, decision-making, SMEs

ÖZET

Muhasebe kayıtları teknik bir dille üretilir. Bunun nedeni açıktır: kayıt düzeni, finansal raporlama standartları ve mevzuat uyumu belirli bir sistematik gerektirir. Ancak işletme içinde karar alan kişiler çoğu zaman muhasebe uzmanı değildir. Yönetici, bir hesap kaleminin yalnızca ne olduğunu değil, o bilginin işletme açısından ne anlama geldiğini de görmek ister.

Bu çalışma, yöneticilerin muhasebe hesaplarını, finansal raporları ve ilgili operasyonel göstergeleri karar ihtiyacıyla ilişkilendirerek okuyabilme, yorumlayabilme ve eyleme dönüştürebilme kapasitesini "hesap okunabilirliği" olarak kavramsallaştırmaktadır. Çalışma ampirik veri toplamaya dayanmamaktadır.

Kavramsal model geliştirme amacıyla finansal okuryazarlık, finansal rapor okunabilirliği, muhasebe bilgisi kalitesi, yönetim muhasebesi, KOBİ karar süreçleri, dijital muhasebe ve Tekdüzen Hesap Planı literatürü narratif biçimde değerlendirilmiştir.
Değerlendirme sonuçları, hesap okunabilirliğinin yalnızca yöneticinin bireysel finansal okuryazarlığıyla açıklanamayacağını göstermektedir. Rapor tasarımı, veri görselleştirme, dijital muhasebe altyapısı, yönetim muhasebesi araçları ve muhasebe meslek mensuplarının danışmanlık rolü bu sürecin parçasıdır. Çalışmada hesap okunabilirliği; teknik anlaşılabilirlik, yönetsel anlamlandırma, karar bağlantısı, zamanlılık, görsel/raporsal sadelik, dijital erişilebilirlik ve operasyonel veriyle bütünleşme boyutlarından oluşan çok boyutlu bir kavram olarak önerilmektedir. Bu çerçevede yöneticilere yönelik karar odaklı finansal okuryazarlık eğitimi, yönetime özel sadeleştirilmiş raporlama formatları ve finansal ve operasyonel göstergeleri bütünleştiren hibrit raporlama sistemlerinden oluşan bir model geliştirilmiştir.
Anahtar Kelimeler: Hesap okunabilirliği, yönetim muhasebesi, Tekdüzen Hesap Planı, finansal okuryazarlık, dijital raporlama, karar alma, KOBİ

INTRODUCTION

Decision-making in businesses typically proceeds through numbers. Sales figures, costs, inventories, receivables, and cash flow are the key indicators in front of managers. The accounting system produces this information: it records, classifies, and reports. Yet a critical distinction must be drawn here. The fact that information has been produced does not mean it is genuinely usable by managers.

For accounting information to acquire managerial value, it must be understandable. More importantly, it must be connectable to decision needs. A report may be technically accurate, yet if the manager cannot relate its information to pricing, inventory management, financing needs, or cost control, its decision support remains limited.

In Turkey, the Uniform Chart of Accounts (UCA) occupies a central place in standardizing accounting practices. The UCA unifies the recording order through account classes and account codes, and ensures formal consistency in the preparation of financial statements. However, the fundamental logic of the UCA is primarily associated with recording, classification, tax compliance, and external financial reporting needs. Managers, by contrast, often require different information: more direct and action-oriented data such as inventory turnover, receivables collection period, product-based profitability, cash deficits, cost variances, capacity utilization, and customer/operational indicators.

At this point, the fundamental question of the study emerges: To what extent is accounting information produced within the UCA framework readable, interpretable, and transferable to decision-making processes for business managers? This question is particularly important for SMEs, where the accounting function is often equated with regulatory compliance and tax obligations. The systematic use of management accounting tools may remain limited. Studies conducted in Turkey also indicate that accounting information systems are important for decision-making processes, but that in small-scale enterprises the system is often perceived merely as a tool for fulfilling legal obligations (Demir & Gül, 2015; Hatunoğlu et al., 2013; Tazegül, 2020).

The financial literacy literature demonstrates that managers' level of understanding and use of financial information has an effect on business performance, access to finance, and resilience (Abdallah et al., 2025; Molina-García et al., 2023; OECD, 2023; Rekha et al., 2025). This literature is important; however, it often focuses on the individual's level of knowledge of financial concepts. This study moves the discussion to a somewhat different point. It focuses on how accounting accounts, report formats, digital systems, and management accounting tools can be translated into the language of managerial decision-making. For this reason, the concept of "account readability" is proposed to explain the gap between the technical accuracy of accounting information and its managerial usability.

The aim of the study is to define and dimensionalize the concept of account readability, to distinguish it from related concepts, and to develop a conceptual model based on problem areas related to the managerial use of the UCA in Turkey. The study does not rely on empirical data collection. For this reason, no empirical findings have been claimed in the text; the study proceeds through literature-based evaluation, inference, and model proposals.

1. SCOPE AND METHOD OF THE LITERATURE REVIEW

This study is neither a systematic meta-analysis nor a quantitative content analysis. It is designed as a narrative literature review aimed at developing a conceptual model. Therefore, the study focuses on explaining the relationships between concepts rather than comparing sources quantitatively. The aim is to bring together scattered discussions around the concept of account readability.

A literature review can be used to synthesize concepts in a specific research area, make theoretical gaps visible, and develop testable propositions for the future (Snyder, 2019; Webster & Watson, 2002). The fundamental contribution of conceptual studies emerges here: it brings together discussions addressed separately in the existing literature within a new framework and prepares the ground for subsequent empirical research (Gilson & Goldberg, 2015).

The review focused primarily on the 2015–2026 period. However, the 1992 General Communiqué on Accounting System Implementation, which forms the regulatory basis of the UCA, and certain key sources deemed necessary for the conceptual framework were excluded from the date restriction. Thus, both current literature and the regulatory background of the Turkish accounting system were evaluated together.

Academic databases such as Scopus, Web of Science, Google Scholar, TR Dizin, and DergiPark were used in the review. In addition, institutional documents published by the OECD, KGK (Public Oversight, Accounting and Auditing Standards Authority), KOSGEB (Small and Medium Enterprises Development Organization of Turkey), the Revenue Administration, and professional organizations were also examined. These sources were used particularly to assess accounting regulations in Turkey, the structure of SMEs, and the current state of digital accounting practices.

Keywords were determined in both Turkish and English. In Turkish searches, the following terms were used: hesap okunabilirliği (account readability), finansal tablo okunabilirliği (financial statement readability), muhasebe bilgisi kalitesi (accounting information quality), yönetim muhasebesi (management accounting), KOBİ'lerde muhasebe bilgi sistemi (accounting information systems in SMEs), Tekdüzen Hesap Planı (Uniform Chart of Accounts), dijital muhasebe (digital accounting), e-Defter (e-Ledger), e-Fatura (e-Invoice), and yönetim raporlaması (management reporting). In English searches, the following keywords were preferred: financial literacy, account readability, financial report readability, accounting information quality, management accounting in SMEs, uniform chart of accounts, digital accounting, SME reporting, and dashboard reporting.

Table 1. Scope and source classification of the literature review

Search element	Scope
Databases and sources	Scopus, Web of Science, Google Scholar, TR Dizin, DergiPark, OECD, KGK, KOSGEB, Revenue Administration, and professional organization publications
Time range	Primarily 2015–2026; no date restriction applied for the UCA and key conceptual sources.
Inclusion criteria	Peer-reviewed articles, literature reviews, current institutional reports, regulatory texts, and academic studies relevant to the Turkish context
Exclusion criteria	Studies focused solely on individual investor financial literacy, those failing to establish a business manager or accounting information system context, and studies outside the scope of the topic
Classification headings	Financial literacy; financial report readability; accounting information quality; management accounting; digital reporting; UCA/legislation; SME decision-making processes

The aim of this approach is not to count the existing literature quantitatively. The goal is to bring together the theoretical and applied axes that can explain the concept of account readability. For this reason, sources were evaluated at three levels: financial literacy and accounting information quality; the UCA and digital reporting regulations in Turkey; and management accounting and decision support systems in SMEs.

2. CONCEPTUAL AND THEORETICAL FRAMEWORK

2.1. Definition and Boundaries of the Account Readability Concept

In this study, account readability is defined as the manager's ability to understand, interpret, and relate accounting accounts, financial reports, and associated operational indicators to decision needs without relying on technical accounting expertise. The definition contains three elements. The first is the understanding of information. The second is the interpretation of this information in the business context. The third is the transfer of information to the decision-making process.

The concept is not merely financial literacy. Financial literacy refers to the manager's knowledge of basic financial concepts such as cash flow, debt, risk, return, and profitability. Account readability, in addition to this individual competency, also encompasses report design, visualization, digital access, management accounting tools, and the explanatory role of the accounting professional. In short, the issue is not only what the manager knows; how accounting information reaches the manager also matters.

Account readability is also related to financial report readability, but is not the same as it. Financial report readability focuses more on whether texts are plain, on disclosure density, and on the formal comprehensibility of the report. Account readability is broader. It encompasses the managerial counterpart of account codes, the timely presentation of information, the linkage of the report to decision indicators, and its reading together with operational data.

2.2. Distinction from Related Concepts

Account readability should be considered alongside four closely related concepts: financial literacy, financial report readability, accounting information quality, and management accounting use. These concepts are not entirely separate from one another. Nevertheless, each places emphasis on a different aspect.

Financial literacy focuses on individual knowledge and skills. Financial report readability concerns the comprehensibility of the language and presentation format of reports. Accounting information quality encompasses characteristics such as relevance, faithful representation, comparability, verifiability, timeliness, and understandability (IFRS Foundation, 2018; KGK, 2018). Management accounting use, on the other hand, refers to internal reporting practices such as budgeting, costing, performance measurement and decision-support tools (Cardoni et al., 2023). Account readability stands at the intersection of these areas. Its key distinction is that it centers on the capacity of accounting information to be understood by managers and transformed into managerial action.

Table 2. Distinction between account readability and related concepts

Concept	Focus	Difference from account readability	Nature of relationship
Financial literacy	Individual's level of understanding and use of financial concepts	Focuses on individual competency; does not alone explain report design and system dimensions.	It is a prerequisite for the manager to be able to use account readability.
Financial report readability	Comprehensibility of report language, disclosures, and presentation format	Focuses more on report text and disclosure quality.	Supports the reporting simplicity dimension of account readability.
Accounting information quality	Relevance, faithful representation, timeliness, and understandability of information	It is a more general financial reporting quality framework.	Forms the information quality foundation of account readability.
Management accounting use	Budgeting, costing, performance measurement, and decision support reports	Focuses on tools; does not directly conceptualize the manager's capacity to read accounts.	It is the application domain that makes account readability decision-oriented.

2.3. Dimensions and Measurable Indicators of Account Readability

For the concept to make an academic contribution, its dimensions must be explicit. This study addresses account readability under seven dimensions: technical understandability, managerial interpretation, decision linkage, timeliness, visual/reporting simplicity, digital accessibility, and integration with operational data. This classification demonstrates that account readability is not merely a skill of "being able to read a report." What truly matters is whether the report can genuinely contribute to the manager's decision.

Technical understandability is the first step. The manager must be able to understand the account code, account name, and report item at a basic level. However, this alone is not sufficient. Managerial interpretation requires relating this information to the real problems of the business. For instance, an increase in inventory is not merely an account movement; it may produce consequences for cash needs, storage costs, sales velocity, and profitability.

Decision linkage is the connection of information to pricing, purchasing, financing, investment, production, or personnel decisions. Timeliness also matters. Accurate information that arrives late often loses its value for decision-making. Visual and reporting simplicity enables the manager to quickly grasp information; hence, plain reports, charts, and dashboards can strengthen account readability.

Digital accessibility refers to the ability to access data through accounting software, ERP, dashboards, or similar systems. However, access alone is not sufficient. The data must be presented in a comprehensible and useful manner for the manager. Integration with operational data also gains importance at this point. Reading financial data together with sales, production, inventory, customer, capacity, and personnel indicators enables the manager to view the business more holistically.

Table 3. Dimensions of account readability and measurable indicators

Dimension	Description	Example measurable indicators
Technical understandability	Basic-level understanding of account code, account name, and report item by the manager	Account code recognition test; financial report reading score; basic balance sheet/income statement interpretation score
Managerial interpretation	Relating accounting data to the business problem	Accuracy of manager's interpretation of inventory, receivables, liabilities, cost, and cash indicators
Decision linkage	Linking information to pricing, purchasing, financing, investment, production, or personnel decisions	Success in decision scenarios based on report information; use of financial data in decision rationale
Timeliness	Accessibility of information at the time a decision is needed	Report production time; currency; frequency of monthly/weekly dashboard use
Visual/reporting simplicity	Presentation of the report freed from unnecessary technical detail, in a comparable and comprehensible manner	Manager satisfaction; perception of report complexity; ratio of chart/table use
Digital accessibility	Access to data through accounting software, ERP, dashboard, or digital management panel	System access frequency; number of automated reports; need for manual processing
Integration with operational data	Reading financial data together with sales, production, inventory, customer, and capacity indicators	Financial-operational KPI integration; existence of product/service-based profitability report

3. PROBLEM AREAS RELATED TO THE MANAGERIAL USE OF THE UCA

The UCA has made important contributions to the standardization of accounting records in Turkey. Organizing account classes, account groups, and main accounts in a common structure produces formal consistency in recording order among businesses. However, this does not mean that the UCA is sufficient on its own in terms of managerial decision support.

The fundamental problem is the need for transformation between the recording logic of the chart of accounts and the decision logic of the manager.

3.1. Technical Language and the Abstractness of Account Codes

The first problem is the technical nature of account codes and account names. For instance, accounts such as 153 Commercial Goods, 320 Vendors, 120 Customers, or 740 Service Production Cost are meaningful from an accounting technique perspective. From the manager's perspective, however, the decision-making counterpart of these accounts often needs to be explained separately. An increase in account 153 Commercial Goods may fall short of generating decision support when not interpreted together with inventory financing, storage costs, product turnover rate, cash needs, and sales forecasts.

3.2. Emphasis on External Reporting and Regulatory Compliance

The second problem is that in most businesses the UCA is considered together with external financial reporting, legal recording order, and tax compliance logic. Recent regulations concerning BOBİ FRS, KÜMİ FRS, and electronic financial reporting table formats strengthen the comparability of financial statements and their processability in electronic environments (KGK, 2024a, 2024b). These regulations are undoubtedly important. Nevertheless, this does not mean that management-specific decision reports are automatically and simply produced in every business. Managers often need concise and comparative reports prepared on a decision-topic basis, beyond the balance sheet and income statement.

3.3. Limited Visibility of Management Accounting Tools

The third problem is that management accounting tools are not sufficiently visible within the standard reporting order. The UCA includes 7/A and 7/B options for cost accounts. Nevertheless, contribution margin analysis, responsibility center reporting, activity-based costing, product/service-based profitability analysis, budget variance reports, and cash flow forecasts do not emerge automatically. These tools need to be separately established according to the needs of the business. The SME literature also indicates that management accounting practices are often used in a fragmented and limited manner in small and medium-sized enterprises (Cardoni et al., 2023; Demir & Gül, 2015).

3.4. Disconnect Between Financial and Operational Data

The fourth problem is the disconnect between financial statements and operational indicators. In daily operations, managers track indicators such as sales volumes, customer complaints, production efficiency, capacity utilization, delivery times, return rates, and inventory turnover. Standard financial statements, however, do not directly contain these indicators. For this reason, an increase in sales revenue alone does not provide sufficient information; when not read together with gross profit margin, collection period, return rate, and customer composition, its managerial meaning remains limited.

3.5. Digital Infrastructure, e-Document Systems, and the Need for Dashboards

The fifth problem is the conversion of digital accounting infrastructure into decision support capacity. In Turkey, e-Ledger, e-Invoice, and electronic financial reporting applications have strengthened the production and storage of accounting data in digital environments (Revenue Administration, n.d.; KGK, 2024b). However, digital data production and managerial data use are not the same thing. While e-document systems digitize recording and compliance processes, account readability requires the conversion of this data into dashboards, comparative reports, early warning indicators, and decision support outputs.

4. PROPOSED CONCEPTUAL MODEL FOR ACCOUNT READABILITY

The model proposed in this study does not attribute account readability solely to the manager's personal skill. Manager competency, report design, digital infrastructure, and management accounting tools are considered together. Account readability is at the center of the model. It is thought that as account readability strengthens, decision quality, strategic integration, financial sustainability, and SME performance can also be supported.

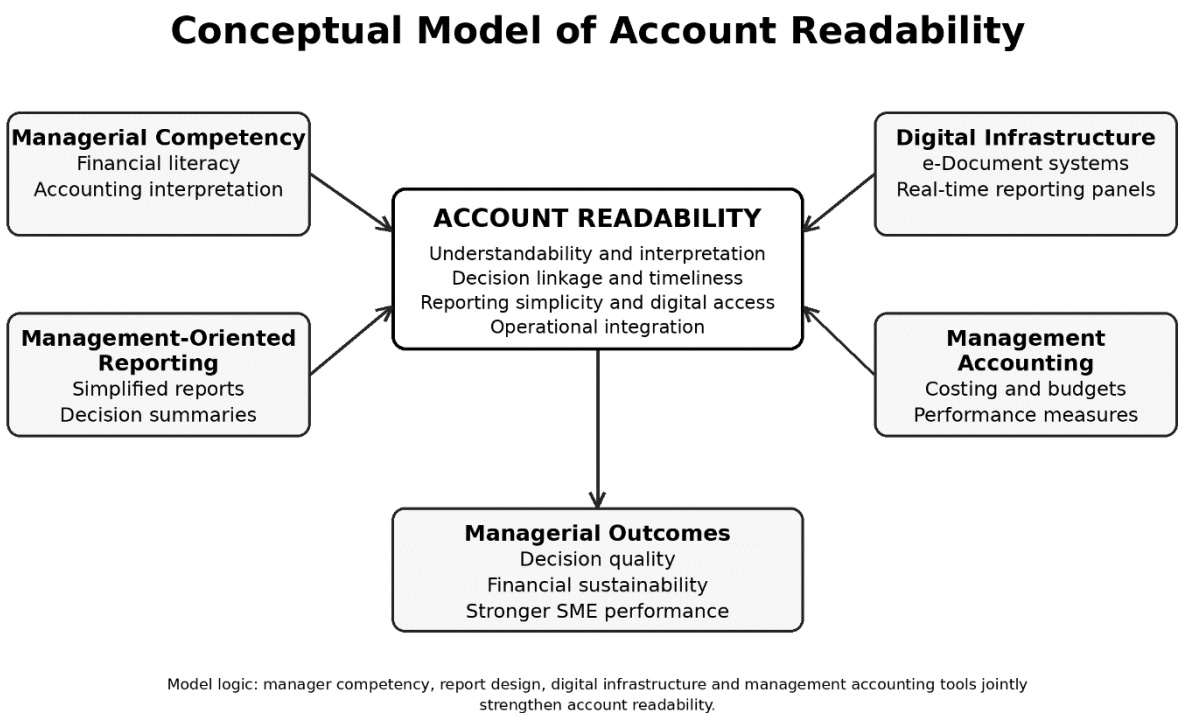


Figure 1. Conceptual model of account readability

4.1. Components of the Model

The first component of the model is decision-oriented financial literacy training for managers. This training should not be based on technical accounting memorization. The goal is to enable the manager to relate cash flow, profitability, inventory, receivables, indebtedness, cost, budget variance, and financial risk indicators to their own decision domain. In this way, the manager can read UCA accounts not merely as account codes but as the financial outcomes of business operations.

The second component is the development of management-specific reporting formats. Standard balance sheets and income statements are necessary; however, they are not always sufficient for daily management decisions. Accounts receivable aging tables, inventory turnover reports, product/service-based profitability reports, cash flow forecasts, budget-to-actual comparisons, and cost variance reports gain importance at this point. These reports should not entirely eliminate technical detail, but should present the manager with the necessary summary and warning signals for decisions.

The third component is hybrid reporting systems that integrate financial and operational indicators. These systems relate accounting data to sales, production, inventory, customer, capacity, and personnel data. In this way, the manager can evaluate the business not only through period profit but also through the activities that generate that result. Digitalization, automation, and AI-supported accounting systems can facilitate this integration; however, it should be supported by the principles of data security, explainability, and data quality (Abbas, 2026; Sampaio & Silva, 2025).

4.2. Propositions

Proposition 1: Decision-oriented financial literacy training for managers increases the technical understandability and level of managerial use of accounting information.

Proposition 2: Supplementing standard financial reports with simplified management-specific reports strengthens the reporting simplicity and decision linkage dimensions of account readability.

Proposition 3: Digital reporting systems that integrate financial and operational indicators increase the integration of accounting information into strategic decision-making processes.

Proposition 4: The advisory and explanatory reporting role of accounting professionals facilitates the transformation between UCA data and the manager's decision language.

Proposition 5: The need for account readability manifests differently in SMEs, family businesses, and large enterprises; the scale and degree of institutionalization of the business affects how the concept is applied.

4.3. Differentiation by Business Scale

Account readability does not manifest in the same way across all business types. In SMEs, the problem is often that accounting information remains focused on taxes and declarations. Management reports are limited; the business owner or manager also frequently combines financial information with intuitive decisions. A different situation may be observed in family businesses. Tension may sometimes arise between recorded information and decision-making habits based on intra-family trust. In large enterprises, the problem is often not a lack of data; on the contrary, excessive data and complex systems can make it difficult for the manager to select the right information. In these enterprises, the fundamental issue is the selection of appropriate indicators, dashboard design, and cross-departmental data integration. For this reason, account readability cannot be applied in the same way in every business; it gives rise to different reporting and training needs according to the scale and degree of institutionalization of the business.

5. DISCUSSION

The financial literacy literature provides an important foundation; however, this study draws attention to another point that this literature struggles to explain on its own. Financial literacy explains the manager's capacity to understand financial concepts. Account readability, on the other hand, also encompasses the translation of accounting data into the language of decision-making through report design, digital systems, management accounting tools, and the support of accounting professionals. In this respect, account readability can be seen as a concept that explains the connection between the manager's individual knowledge and the business's reporting system.

From the perspective of accounting information quality, account readability is particularly related to the qualities of understandability, relevance, and timeliness. For useful financial information to support decision-making, it is expected to be relevant, faithfully represented, comparable, verifiable, timely, and understandable (IFRS Foundation, 2018; KGK, 2018). However, these qualities are largely a framework developed for external users. They need to be reinterpreted in terms of internal business decisions. From the manager's perspective, information is valuable not merely because it complies with standards, but because it can be connected to the decision problem.

From Turkey's perspective, the strongest aspect of the UCA is that it provides a standard recording order. However, this order does not automatically generate the decision reports needed by the manager. The aim here is not to exclude the UCA. The actual need is to complement UCA data with management accounting reports and digital decision support tools. BOBİ FRS, KÜMİ FRS, e-Ledger, e-Invoice, and electronic financial reporting applications are accelerating the digitalization of accounting data. However, digitalization alone is not sufficient. The data must be presented to the manager in a plain, comparative, timely manner and together with its operational context.

From a practical perspective, the model offers recommendations at three levels. First, financial literacy training for managers should be based on decision scenarios rather than account code memorization. Second, management-specific report sets in accounting software should be standardized. Third, accounting professionals should be positioned not merely as actors preparing records and declarations, but as advisors who explain financial data to SME managers and interpret decision reports.

6. CONCLUSION, LIMITATIONS, AND FUTURE RESEARCH

6.1. Conclusion

This study has conceptualized account readability in the context of the managerial use of the UCA in Turkey. The fundamental conclusion is clear: the managerial value of accounting information is not dependent solely on technical accuracy. The manager must be able to understand this information, relate it to the decision problem, and convert it into action.

Account readability begins with individual financial literacy; but does not end there. Report design, digital access, management accounting tools, data visualization, and accounting professional advisory services complete this capacity. The UCA provides a necessary infrastructure in terms of recording order

and standardization. However, it remains limited when not supported by simplified reports, hybrid indicators, and interpretive mechanisms for management decisions.

For this reason, the model proposed in the study addresses together decision-oriented financial literacy training for managers, management-specific reporting formats, and hybrid reporting systems that integrate financial and operational indicators. Such an approach can contribute to increased decision quality in SMEs, the strengthening of financial sustainability, and the more effective use of accounting information in strategic decisions.

6.2. Limitations

The study has some limitations. First, the study does not rely on empirical data collection. For this reason, the actual effect of the proposed model in businesses has not been tested within the scope of this text. Second, the literature review is narrative in nature; no systematic review protocol, meta-analysis, or bibliometric analysis has been applied.

The third limitation is related to sectoral differentiation. How the need for account readability varies across manufacturing, service, trade, family businesses, and large-scale enterprises has not been examined in detail. Finally, the dimensions and indicators proposed for account readability have not yet undergone a scale development process. These limitations do not diminish the conceptual value of the study; rather, they indicate areas that need to be tested in the future.

6.3. Future Research

In future studies, the concept of account readability can be tested through qualitative interviews, surveys, scale development research, case analyses, and sectoral comparisons. In the first phase, interviews can be conducted with SME managers, accounting professionals, and accounting software users. In this way, the field counterpart of the concept can be seen more clearly.

In the second phase, an account readability scale consisting of the dimensions of technical understandability, managerial interpretation, decision linkage, timeliness, reporting simplicity, digital accessibility, and operational integration can be developed. Subsequently, the model can be comparatively tested among family businesses, manufacturing enterprises, service enterprises, and large-scale enterprises. In this way, account readability would move beyond being merely a theoretical proposal; it could become a measurable and applicable management accounting variable.

REFERENCES

Abbas, K. (2026). Management accounting and artificial intelligence: A comprehensive literature review and recommendations for future research. The British Accounting Review, 58(2), Article 101551. https://doi.org/10.1016/j.bar.2025.101551

Abdallah, W., Harraf, A., Ghura, H., & Abrar, M. (2025). Financial literacy and small and medium enterprises performance: The moderating role of financial access. Journal of Financial Reporting and Accounting, 23(4), 1345-1364. https://doi.org/10.1108/JFRA-06-2024-0337

ACCA. (2025, November 25). Digital Pathways Playbook: Accountants as leaders in digital transformation for SMEs. Association of Chartered Certified Accountants. https://www.accaglobal.com/gb/en/professional-insights/technology/digital-pathways-playbook--accountants-as-leaders-in-digital-tra.html

Bianchini, M., & Lasheras Sancho, M. (2025). SME digitalisation for competitiveness: The 2025 OECD D4SME Survey. OECD SME and Entrepreneurship Papers, No. 68. OECD Publishing. https://doi.org/10.1787/197e3077-en

Cardoni, A., Hiebl, M., & Paradisi, A. (2023). Management accounting implementation in SMEs: A structured literature review. Management Control, 2023(2 Suppl.), 189-214. https://doi.org/10.3280/MACO2023-002-S1009

Demir, Ö., & Gül, M. (2015). Effects of accounting information systems on decision-making processes in manufacturing SMEs: A study in the TRB1 region. Fırat University Journal of Social Sciences, 25(2), 171-192. https://doi.org/10.18069/fusbed.65921

Revenue Administration. (n.d.). e-Ledger application. Retrieved June 5, 2026, from https://edefter.gib.gov.tr/

Gilson, L. L., & Goldberg, C. B. (2015). Editors' comment: So, what is a conceptual paper? Group & Organization Management, 40(2), 127-130. https://doi.org/10.1177/1059601115576425

Hatunoğlu, Z., Akpınar, Y., & Çelik, A. (2013). The importance of accounting information systems in SME management: The case of Gaziantep and Kahramanmaraş. Niğde University Journal of Economics and Administrative Sciences, 6(2), 307-322.

IFRS Foundation. (2018). Conceptual Framework for Financial Reporting. IFRS Foundation. https://www.ifrs.org/issued-standards/list-of-standards/conceptual-framework/

Public Oversight, Accounting and Auditing Standards Authority (KGK). (2018). Conceptual framework for financial reporting (2018 version). https://www.kgk.gov.tr/ContentAssignmentDetail/1510/Finansal-Raporlamaya-I%CC%87lis%CC%A7kin-Kavramsal-C%CC%A7erc%CC%A7eve-27-Ekim-2018-Tarihli-ve-30578-Say%C4%B1l%C4%B1-Resmi-Gazetede-yay%C4%B1mlanm%C4%B1s%CC%A7t%C4%B1r.

Public Oversight, Accounting and Auditing Standards Authority (KGK). (2024a, April 25). Financial Reporting Standard for Large and Medium-Sized Enterprises (BOBİ FRS 2021 Version) and Financial Reporting Standard for Small and Micro Enterprises (KÜMİ FRS) amendments. https://kgk.gov.tr/ContentAssignmentDetail/4994

Public Oversight, Accounting and Auditing Standards Authority (KGK). (2024b, April 17). Electronic financial reporting (EFR) table formats for the 2023 and subsequent accounting periods have been updated. https://kgk.gov.tr/ContentAssignmentDetail/4988

KOSGEB. (2025). Some statistical indicators regarding SMEs in Turkey. Small and Medium Enterprises Development Organization of Turkey. https://www.kosgeb.gov.tr/site/tr/genel/liste/38/rapor-ve-istatistikler

Molina-García, A., Diéguez-Soto, J., Galache-Laza, M. T., & Campos-Valenzuela, M. (2023). Financial literacy in SMEs: A bibliometric analysis and a systematic literature review of an emerging research field. Review of Managerial Science, 17(3), 787-826. https://doi.org/10.1007/s11846-022-00556-2

General Communiqué on Accounting System Implementation Serial No: 1. (1992, December 26). Official Gazette of the Republic of Turkey (No: 21447).

Nugraha, E., Evana, E., & Alvia, L. (2024). A systematic literature review readability of accounting information: Contribution and challenges. Proceedings of the 7th International Conference of Economics, Business, and Entrepreneurship, ICEBE 2024. https://doi.org/10.4108/eai.4-9-2024.2353787

OECD. (2023). Financial literacy and digitalisation for MSMEs in South East Europe. OECD Publishing. https://www.oecd.org/en/publications/financial-literacy-and-digitalisation-for-msmes-in-south-east-europe_b63091ad-en.html

Rekha, I. S., Sriram, K. V., & Hungund, S. (2025). MSME/SME financial literacy: A systematic literature review and bibliometric analysis. Journal of the Knowledge Economy, 16(4), 14378-14405. https://doi.org/10.1007/s13132-024-02472-0

Sampaio, C., & Silva, R. (2025). Digital transformation in accounting: An assessment of automation and AI integration. International Journal of Financial Studies, 13(4), 206. https://doi.org/10.3390/ijfs13040206

Snyder, H. (2019). Literature review as a research methodology: An overview and guidelines. Journal of Business Research, 104, 333-339. https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2019.07.039

Tazegül, A. (2020). The role of accounting information systems in decision-making processes: An application in Kars province. ETÜ Sentez Journal of Economics and Administrative Sciences, 2, 1-20. https://doi.org/10.47358/sentez.2020.7

Webster, J., & Watson, R. T. (2002). Analyzing the past to prepare for the future: Writing a literature review. MIS Quarterly, 26(2), xiii-xxiii.

ENTROPY, VOLATILITY AND TIME-VARYING MARKET EFFICIENCY: EVIDENCE FROM EUROPEAN FINANCIAL MARKETS

ENTROPİ, VOLATİLİTE VE ZAMANLA DEĞİŞEN PİYASA ETKİNLİĞİ: AVRUPA FİNANS PİYASALARINDAN KANITLAR

Sermet DOĞAN
Balıkesir University, Department of Business Administration (Accounting and Finance), Balıkesir, Turkey,
ORCID: 0000-0001-8447-3603

Prof. Sinan AYTEKİN
Balıkesir University, Department of Business Administration (Accounting and Finance), Balıkesir, Turkey,
ORCID: 0000-0003-1502-2643

ABSTRACT

This study investigates whether market efficiency in European capital markets changes over time. Permutation entropy and sample entropy calculated within rolling windows are employed to measure the levels of randomness and predictability in prices. The DAX index, representing Germany—the largest economy in Europe—and the EUR/USD spot exchange rate are analyzed as representative dataset using daily data spanning the period from 2 January 2015 to 1 April 2026. The results show that permutation entropy remains very high in both markets, supporting largely random price dynamics. By contrast, sample entropy reveals substantial differences between the two markets. The EUR/USD market exhibits higher entropy levels, indicating a more random and informationally efficient structure, whereas the DAX index displays lower entropy, particularly during periods of market stress. Furthermore, a strong negative relationship is observed between volatility and sample entropy in the equity market, implying that higher volatility is associated with reduced randomness and increased predictability. In contrast, the EUR/USD pair exhibits a weaker and more stable entropy–volatility relationship. Overall, the findings support the Adaptive Market Hypothesis by demonstrating that market efficiency is not static but evolves over time and differs across asset classes. These results suggest that periods of market stress may create temporary windows of predictability in equity markets.

Keywords: Entropy, Market Efficiency, Adaptive Market Hypothesis, DAX Index, EUR/USD Exchange Rate

ÖZET

Bu çalışma, Avrupa'daki sermaye piyasası etkinliğinin zaman içinde değişip değişmediğini incelemektedir. Fiyatlardaki rastgelelik ve öngörülebilirlik düzeylerini ölçmek amacıyla, rolling windows içerisinde hesaplanan permütasyon entropisi ve örnek entropisi (sample entropy) yöntemleri kullanılmaktadır. Avrupa'nın en büyük ekonomisi olan Almanya'yı temsil eden DAX endeksi ile EUR/USD spot döviz kuru, 2 Ocak 2015 – 1 Nisan 2026 dönemine ait günlük veriler kullanılarak temsili veri setleri olarak analiz edilmiştir. Sonuçlar, permütasyon entropisinin her iki piyasada da oldukça yüksek olduğunu ve fiyat dinamiklerinin büyük ölçüde rastgele bir yapı sergilediğini göstermektedir. Buna karşılık, örnek entropisi sonuçları iki piyasa arasında önemli farklılıklar ortaya koymaktadır. EUR/USD piyasası daha yüksek entropi seviyeleri sergileyerek daha rastgele ve bilgi açısından daha etkin bir yapı ortaya koyarken, DAX endeksi özellikle piyasa stresinin yüksek olduğu dönemlerde daha düşük entropi değerleri göstermektedir. Ayrıca bulgular, hisse senedi piyasasında volatilite ile örnek entropisi arasında güçlü negatif yönlü bir ilişki bulunduğunu göstermektedir. Bu durum, yüksek volatilite dönemlerinin daha düşük rastgelelik ve dolayısıyla daha yüksek öngörülebilirlik ile ilişkili olduğunu göstermektedir. Buna karşın, EUR/USD paritesinde entropi ile volatilite arasındaki ilişkinin daha zayıf ve daha istikrarlı olduğu görülmektedir. Genel olarak sonuçlar, piyasa etkinliğinin statik olmadığını, zaman içerisinde değişim gösterdiğini ve varlık sınıflarına göre farklılaştığını ortaya koyarak Adaptif Piyasa Hipotezini desteklemektedir. Bulgular, piyasa stresinin yoğunlaştığı kısa dönemlerde hisse senedi piyasalarında geçici öngörülebilirlik pencereleri oluşabileceğine işaret etmektedir.

Anahtar Kelimeler: Entropi, Piyasa Etkinliği, Adaptif Piyasa Hipotezi, DAX Endeksi, EUR/USD Döviz Kuru

INTRODUCTION

Although the desire to predict the future value of any asset dates back to the earliest times, the emergence of capital markets and their subsequent evolution into organized markets has made this endeavor far more appealing and attractive. This topic is of interest not only to investors seeking returns, but also to policymakers, regulatory bodies and units responsible for risk management.

Whether the future value of a financial asset can be predicted has been a much-studied area of research. There is an extensive body of literature exploring the question of whether returns are predictable, or whether they follow a predictable pattern. The best-known of these is Fama's (1965, 1970) Efficient Market Hypothesis (EMH). According to the EMH, returns in a financial time series follow a random walk, and using past data sets to predict the next price is futile. This is because the closing price of the new day is entirely independent of previous ones, and the data set in question does not contain any autocorrelation. Market efficiency implies that the price of the financial instrument in question is equal to its intrinsic value. In other words, it is not possible to achieve an abnormal return in excess of the return provided by the market as a whole.

The principle that people behave rationally—one of the assumptions underpinning the EMH put forward by Fama—has subsequently led to widespread criticism of this hypothesis. The increase in research into human behaviour and the development of new disciplines have paved the way for this. Kahneman and Tversky (1979) demonstrated that individuals are capable of making mistakes and systematically err when making financial decisions. Furthermore, the criticism centred on the notion that if all market participants made the correct choices, crises would not occur and the observed anomalies would not exist.

In this context, studies on the anomalies observed in financial markets over time, periods of crisis and investor behaviour have led to a growing consensus that markets may not always operate with full efficiency. The behavioural finance literature has demonstrated that investors may make systematic errors and that their decision-making processes can be influenced by psychological factors. These developments have paved the way for alternative approaches suggesting that market efficiency may not be a fixed structure but could change over time.

CONCEPTUAL FRAMEWORK

The Efficient Market Hypothesis is regarded as one of the cornerstones of modern financial theory. However, the anomalies, speculative bubbles and periods of crisis observed in financial markets have given rise to debates suggesting that market efficiency may not always hold true. Kahneman and Tversky (1979) demonstrated that individuals can make systematic decision errors under uncertainty. These developments have contributed to the strengthening of the view that financial markets do not move entirely at random and may exhibit predictable behaviour during certain periods.

In his studies (1994, 1996), Peters demonstrated that financial time series cannot be described as being entirely random. In his Fractal Market Hypothesis (FMH), built upon the concept of fractal structure first proposed by Mandelbrot (1963), Peters demonstrated that previous data in a series could serve as a carrier of information and identified the presence of fractal structures in financial time series. According to the FMH, the fractal dimension is determined by how the object or time series fills the space (Peters, 1996). The FMH has presented evidence that the EMH may not always hold true.

Lo (2004), however, rather than rejecting the EMH, developed the Adaptive Market Hypothesis (AMH), which reconciles the EMH with the opposing camp—which we might term the Behavioural Finance (BF) camp. According to Lo, markets may exhibit efficient structural characteristics in some periods and inefficient ones in others. Consequently, there are periods when returns can be predicted and periods when they are unpredictable. An individual, even if not rational, can learn, draw lessons from their mistakes and adapt to new conditions. Lo (2017) implies that evolutionary adaptation does not need to be the best possible outcome but merely needs to perform better than others.

It is evident that various statistical techniques are employed in the literature to test the "weak-form efficient market hypothesis", which is the most widely tested approach within the EMH. Entropy tests are also among these. The concept of entropy was first developed by Shannon (1948) to measure the degree of disorder and uncertainty in a dynamic system (Wang, 2022). The history of the word "entropy" can be traced back to 1865 when the German physicist Rudolf Clausius tried to give a new name to irreversible heat loss, what he previously called "equivalent-value".

Papla and Siedlecki (2024) have argued that, despite the view in the literature that certain additional factors must be taken into account when attempting to measure market efficiency, entropy is a sound method because, unlike methods such as autocorrelation tests or linear and non-linear statistical models, it can reject the hypothesis and also measure the degree of randomness in markets.

Zhou et al. (2013) provide a comprehensive review of entropy applications in finance and argue that entropy-based measures offer valuable insights into uncertainty, complexity, and information efficiency in financial markets. Their review highlights the increasing use of entropy methods as complementary tools to traditional statistical approaches in market efficiency research.

In our study, we used the Rolling Windows Permutation Entropy (RPE) and Sample Entropy (SE) methods to investigate market efficiency. Montoya (2024), referring to Garland et al. (2018) who used RPE to examine anomalies in palaeoclimate data, emphasised that permutation entropy is widely used in many applications because it is computationally simpler compared to other entropy measures. Furthermore, permutation entropy using rolling windows has also been frequently used in the field of finance. Alves et al. (2020) defined the time-dependent efficiency of a stock market as the permutation entropy calculated from logarithmic returns within rolling time windows, stating that the smaller the entropy value, the less efficient the stock market is.

This study aims to examine changes in market efficiency over time in European financial markets using entropy-based methods. In this context, the structure of randomness and predictability in price series was analysed using the DAX index, which represents Germany, and the EUR/USD exchange rate. The study seeks to reveal the time-dependent dynamic structure of market efficiency by utilising permutation entropy and sample entropy methods calculated within rolling windows. Furthermore, by examining the relationship between volatility and entropy, the study aims to identify changes in efficiency levels during periods of market stress.

METHODOLOGY

In this study, entropy-based methods were employed to examine changes in market efficiency over time in European financial markets. The analysis focused on the DAX index, which represents the German stock market, and the EUR/USD spot exchange rate. The dataset used in the study consists of daily closing prices from 2 January 2015 to 1 April 2026. Logarithmic returns were calculated from the price series, and the analyses were conducted using these returns. The logarithmic returns were obtained as follows:

$$r_t = \ln(P_t) - \ln\left(P_{\{t-1\}}\right) \quad (1)$$

Here r_t, the logarithmic return for the relevant period; P_t and $P_{\{t-1\}}$ shows the price values for the current and previous periods, respectively.

The permutation entropy method, first developed by Bandt and Pompe (2002), was used as the basis for measuring market efficiency. Permutation entropy measures the level of complexity and randomness in a time series by taking into account the probability distributions of ordinal structures within the series. The method is widely used in the analysis of financial time series due to its ability to capture non-linear dynamics and its relative computational simplicity. Permutation entropy is calculated as follows:

$$PE = -\sum_{i=1}^{n!} p_i \ln(p_i) \quad (2)$$

Here p_i indicates the probability of the relevant ordinal pattern occurring. High permutation entropy values point to a more random and, consequently, more efficient market structure, whilst low values indicate that there is a certain structure and predictability in price movements.

The normalised form of the equation is as follows:

$$PE_{norm} = \frac{-\sum_{i=1}^{n!} p_i \ln(p_i)}{\ln(n!)} \quad (3)$$

In our study, we also employed the sample entropy method developed by Richman and Moorman (2000). Sample entropy measures the level of regularity in time series and the likelihood of similar patterns continuing. Low sample entropy values indicate lower randomness and higher predictability, whilst high values indicate a more complex and random structure. Sample entropy is defined as follows:

$$SampEn(m, r, N) = -\ln\left(\frac{A^m(r)}{B^m(r)}\right) \quad (4)$$

where $A^m(r)$ represents the number of matched template vectors of length *m+1*, and $B^m(r)$ denotes the number of matched template vectors of length *m* within tolerance *r*.

To observe changes in market efficiency over time, both entropy measures were calculated using rolling windows. This approach allows for the examination of the non-stationary nature of market efficiency. Alves et al. (2020) used permutation entropy within rolling time intervals to examine the time-dependent efficiency of stock markets and demonstrated that low entropy values indicate lower market efficiency. Similarly, a 250-day rolling window approach has been adopted in this study.

The relationship between market volatility and entropy was also examined. The standard deviation of logarithmic returns was used to measure volatility, and the values were annualised. Annualised volatility was calculated as follows:

$$\sigma_{annual} = \sqrt{252} \times \sigma_{daily} \quad (5)$$

Here σ_{annual}, represents annualised volatility. By examining the relationship between entropy measures and volatility, the aim is to identify changes in the structure of randomness and predictability during periods of market stress. σ_{daily} denotes the standard deviation of daily log returns. Volatility values were annualized using the conventional assumption of 252 trading days per year.

In the permutation entropy calculations, the embedding dimension was set to m=3 and the time delay parameter was selected as τ=1. These parameter choices are widely used in the literature due to their ability to capture ordinal patterns while preserving sufficient statistical reliability in financial time series. Following Bandt and Pompe (2002), lower embedding dimensions are generally preferred in empirical applications involving noisy financial data.

For sample entropy calculations, the embedding dimension was selected as m=2, while the tolerance parameter was defined as r=0.2×SD, where SD denotes the standard deviation of the corresponding return series. These parameter settings follow the recommendations of Richman and Moorman (2000) and are commonly employed in financial entropy studies to ensure robustness and comparability across dataset. A 250-day rolling window was selected to approximate one trading year of market activity and to capture the time-varying nature of market efficiency.

The dataset were obtained from the Bloomberg terminal, processed using Microsoft Excel, and analysed in the R Studio environment.

RESULTS

In this section, the entropy and volatility results obtained for the DAX index and the EUR/USD exchange rate are evaluated. Permutation entropy and sample entropy measures were calculated within 250-day rolling windows to analyse changes in market efficiency over time. Furthermore, by examining the relationship between volatility and entropy, the aim was to identify changes in the structure of randomness and predictability within financial time series during periods of market stress. The findings indicate significant differences both between markets and across different periods. Below, we first present the descriptive statistics for the series used in the analysis, followed by the findings, accompanied by the relevant graphs.

Table 1. Descriptive Statistics of Return Series

Series	Obs.	Mean	Median	Minimum	Maximum	Std. Dev.	Skewness	Kurtosis	Jarque–Bera	*p*-value
DAX Return	2853	0.00030	0.00076	-0.13055	0.10414	0.01204	-0.599	13.063	12208.22	0.000
EUR/USD Return	2853	-0.00001	-0.00008	-0.02382	0.03016	0.00498	0.130	5.158	561.62	0.000

Notes: The table reports descriptive statistics for daily logarithmic returns of the DAX index and EUR/USD exchange rate over the period 2 January 2015 – 1 April 2026.

The descriptive statistics indicate that both return series deviate from normal distribution characteristics. In particular, the DAX return series exhibits higher volatility, negative skewness, and substantially higher kurtosis compared to the EUR/USD return series. The Jarque–Bera test strongly rejects the null hypothesis of normality for both dataset.

These findings are consistent with the well-known stylized facts of financial time series and further support the use of entropy-based nonlinear approaches in examining market dynamics and time-varying market efficiency.

Figure 1. Rolling Permutation Entropy of the DAX Index and EUR/USD Exchange Rate

Figure 1 presents rolling permutation entropy values calculated within 250-day rolling windows for the DAX index and the EUR/USD exchange rate. The results indicate that both markets generally maintain high entropy levels over the sample period, suggesting predominantly random price dynamics. Nevertheless, temporary declines in entropy are observed during certain periods, implying short-run changes in market structure and efficiency dynamics.

The consistently high permutation entropy values observed in both markets suggest that the overall randomness structure remains largely intact throughout the sample period. Although temporary declines are visible during certain episodes, the magnitude of these fluctuations remains relatively limited, indicating that permutation entropy may be less sensitive to short-term market disturbances than sample entropy.

Figure 2. Rolling Sample Entropy of the DAX Index and EUR/USD Exchange Rate

Figure 2 presents rolling sample entropy values for the DAX index and the EUR/USD exchange rate. Unlike permutation entropy, sample entropy reveals more pronounced fluctuations over time and substantial differences between the two markets. The EUR/USD market generally exhibits higher entropy levels, whereas the DAX index displays noticeable entropy declines during certain periods, indicating temporary changes in market dynamics and predictability conditions.

The divergence between the two markets becomes particularly evident in the sample entropy results. While the EUR/USD exchange rate maintains relatively high and stable entropy levels throughout most of the sample period, the DAX index experiences substantial entropy declines during several episodes of market stress. This finding suggests that the equity market becomes more structured and potentially more predictable during turbulent periods, whereas the foreign exchange market preserves a comparatively stable information-processing mechanism.

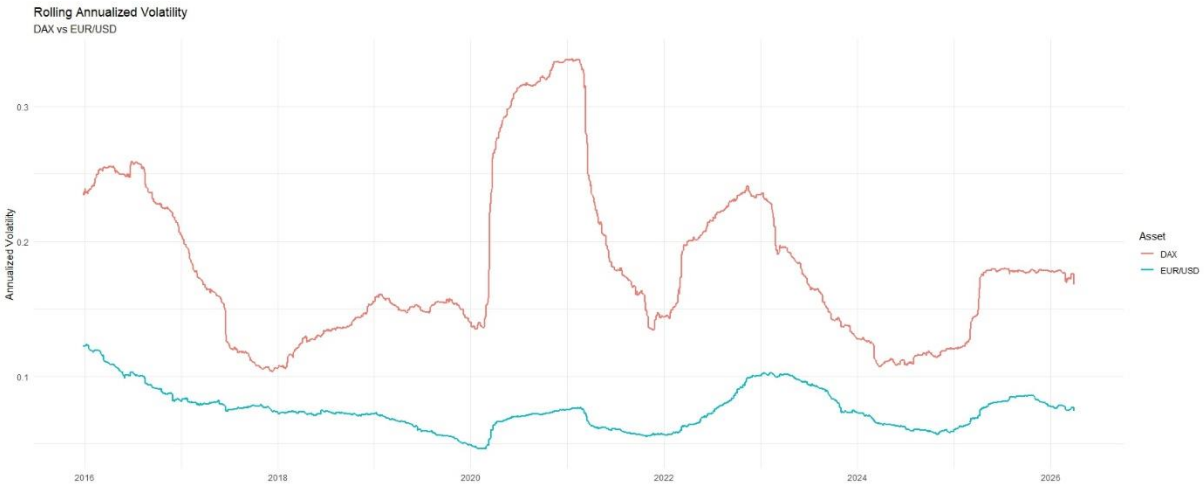


Figure 3. Rolling Annualized Volatility of the DAX Index and EUR/USD Exchange Rate

Figure 3 presents rolling annualized volatility values for the DAX index and the EUR/USD exchange rate over the sample period. The results indicate that the DAX index exhibits substantially higher and more persistent volatility fluctuations compared to the EUR/USD market. In particular, pronounced volatility spikes are observed during major stress periods, especially around the COVID-19 pandemic, suggesting increased uncertainty and instability in equity market dynamics.
A comparison of Figures 2 and 3 suggests that major entropy declines in the DAX index tend to coincide with periods of elevated volatility. This observation provides an initial indication that market stress may influence the degree of randomness embedded in financial prices and motivates a more direct examination of the entropy–volatility relationship.

Figure 4. Relationship Between Permutation Entropy and Annualized Volatility

Figure 4 illustrates the relationship between rolling permutation entropy values and annualized volatility for the DAX index and the EUR/USD exchange rate. The results suggest that permutation entropy remains at relatively high levels even during periods of increased volatility. Although a slight negative relationship is observable for the DAX index, the overall association between permutation entropy and

volatility appears relatively weak for both markets, indicating that permutation entropy mainly captures the general randomness structure of financial markets.

The relatively weak association observed in Figure 4 contrasts sharply with the stronger patterns identified in Figure 5. This difference suggests that permutation entropy and sample entropy capture distinct dimensions of market behaviour, with the latter appearing more responsive to changes in market conditions and volatility regimes.

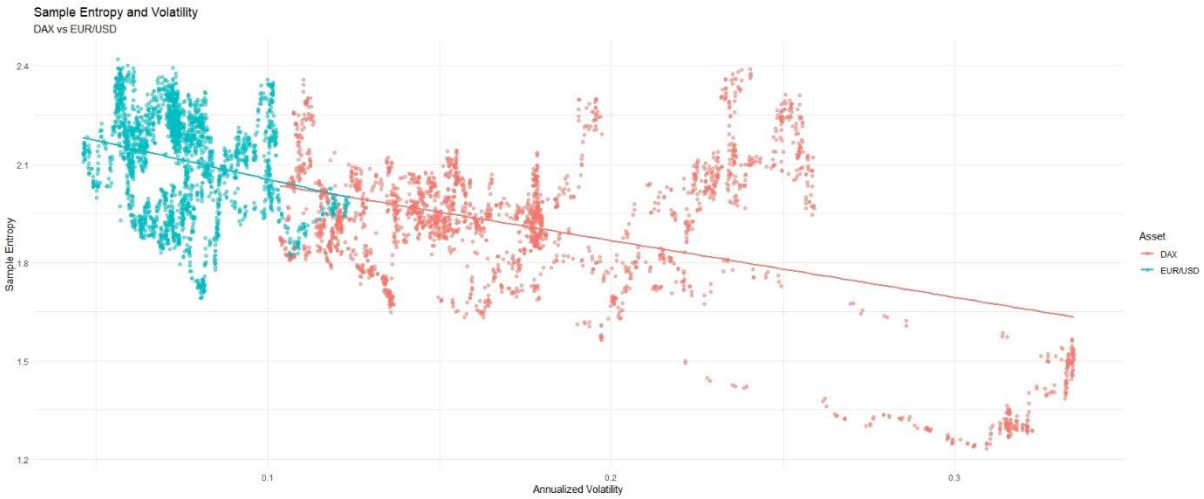


Figure 5. Relationship Between Sample Entropy and Annualized Volatility

Figure 5 illustrates the relationship between rolling sample entropy values and annualized volatility for the DAX index and the EUR/USD exchange rate. The results reveal a pronounced negative relationship between volatility and sample entropy in the DAX index, indicating that higher volatility periods are associated with lower randomness and greater predictability. By contrast, the EUR/USD market exhibits a weaker and more stable entropy–volatility relationship, suggesting relatively more persistent market efficiency dynamics.

The strong inverse relationship observed between sample entropy and volatility in the DAX index constitutes one of the most important findings of the study. Contrary to the common perception that turbulent markets are necessarily more chaotic, the results suggest that periods of elevated volatility may be accompanied by lower randomness and greater behavioural synchronization among market participants. Such episodes may create temporary windows of predictability, consistent with the Adaptive Market Hypothesis.

Overall, the empirical findings indicate that market efficiency is not constant over time and that entropy dynamics vary substantially across asset classes. While permutation entropy results suggest that both markets generally preserve high levels of randomness, sample entropy reveals more pronounced structural differences between the DAX index and the EUR/USD market. In particular, periods of elevated volatility in the equity market are associated with noticeable declines in sample entropy, implying temporary increases in predictability and more synchronized market behaviour during stress periods. By contrast, the EUR/USD market exhibits relatively more stable entropy dynamics and a weaker entropy–volatility relationship throughout the sample period. These findings provide empirical support for the Adaptive Market Hypothesis by suggesting that market efficiency evolves over time and may temporarily weaken under conditions of heightened uncertainty and market stress while also highlighting the importance of nonlinear entropy-based approaches in the analysis of financial market efficiency.

CONCLUSION AND DISCUSSION

This study examined the time-varying nature of market efficiency in European financial markets by employing entropy-based measures for the DAX index and the EUR/USD exchange rate over the period from 2 January 2015 to 1 April 2026.

By combining rolling permutation entropy, sample entropy, and rolling volatility analysis, the study aimed to evaluate how randomness and predictability evolve under different market conditions.

The empirical findings indicate that both markets generally exhibit high levels of permutation entropy, suggesting that financial price dynamics remain largely random over long periods. However, the sample entropy results reveal more substantial differences between the two markets. In particular, the DAX index displays noticeable entropy declines during periods of elevated volatility and market stress, whereas the EUR/USD market maintains relatively more stable entropy dynamics throughout the sample period.

One of the main findings of the study is that higher volatility does not necessarily imply higher randomness. On the contrary, the results suggest that periods of market stress may temporarily reduce randomness and increase the degree of structural behaviour in equity markets. This finding appears to be especially visible during the COVID-19 period, where sharp increases in volatility coincide with substantial declines in sample entropy values for the DAX index. Such periods may reflect stronger synchronization in investor behaviour, including panic reactions, herding tendencies, and collective market responses under uncertainty.

The relatively weaker entropy–volatility relationship observed in the EUR/USD market may be associated with the deeper liquidity structure and faster information absorption capacity of foreign exchange markets. Compared to equity markets, the foreign exchange market appears to preserve a more stable efficiency structure even during periods of increased uncertainty.

From a theoretical perspective, the findings provide empirical support for the Adaptive Market Hypothesis proposed by Lo (2004). The results suggest that market efficiency should not be interpreted as a static condition but rather as a dynamic process that evolves over time according to changing market environments. In this respect, the study contributes to the growing literature questioning the strict assumptions of the traditional Efficient Market Hypothesis.

Another contribution of the study is methodological. While entropy-based approaches have increasingly attracted attention in financial research, studies jointly examining rolling entropy dynamics and volatility interactions in European equity and foreign exchange markets remain relatively limited. By comparing permutation entropy and sample entropy within a rolling-window framework, the study demonstrates that different entropy measures capture different dimensions of market behaviour. More specifically, the findings suggest that sample entropy is considerably more sensitive to temporary changes in market conditions and volatility regimes than permutation entropy. Furthermore, by simultaneously examining an equity market index and a major foreign exchange rate, the study provides comparative evidence that the relationship between entropy, volatility, and market efficiency may vary substantially across asset classes.

Overall, the findings suggest that entropy-based nonlinear approaches provide useful tools for understanding the evolving structure of financial markets and the temporary emergence of predictability under stress conditions. The results indicate that higher volatility does not necessarily imply greater randomness and that periods of market stress may instead be associated with more structured market behaviour and reduced informational efficiency. In this respect, the findings reinforce the central premise of the Adaptive Market Hypothesis that market efficiency should be viewed as a dynamic rather than static phenomenon. Future studies may extend this framework to alternative asset classes, high-frequency dataset, or cross-market contagion dynamics in order to further explore the time-varying nature of market efficiency.

REFERENCES

Alves, L. G., Sigaki, H. Y., Perc, M., & Ribeiro, H. V. (2020). Collective dynamics of stock market efficiency. *Scientific Reports*, *10*(1), 21992. https://doi.org/10.1038/s41598-020-78707-2

Bandt, C., & Pompe, B. (2002). Permutation entropy: A natural complexity measure for time series. *Physical Review Letters*, *88*(17), 174102. https://doi.org/10.1103/PhysRevLett.88.174102

Fama, E. F. (1965). Random walks in stock market prices. *Financial Analysts Journal*, *21*, 55-59. https://www.jstor.org/stable/4469865

Fama, E. F. (1970). Efficient capital markets: A review of theory and empirical work. *The Journal of Finance*, *25*(2), 383-417. https://doi.org/10.2307/2325486

Garland, J., Jones, T. R., Neuder, M., Morris, V., White, J. W., & Bradley, E. (2018). Anomaly detection in paleoclimate records using permutation entropy. *Entropy*, *20*(12), 931. https://doi.org/10.3390/e20120931

Kahneman, D. & Tversky, A. (1979). Prospect theory: An analysis of decision under risk. *Econometrica*, *47* (2), 263-292. https://doi.org/10.2307/1914185

Lo, A. W. (2004). The adaptive markets hypothesis: Market efficiency from an evolutionary perspective. *The Journal of Portfolio Management*, *30* (5), 15-29. https://doi.org/10.3905/jpm.2004.442611

Lo, A. W. (2017). *Adaptive markets: financial evolution at the speed of thought*. Princeton University Press. https://doi.org/10.1515/9781400887767

Mandelbrot, B. B. (1963). The variation of certain speculative prices. *The Journal of Business*, *36*(4), 394-419. https://doi.org/10.1007/978-1-4757-2763-0_14

Montoya, A. C. (2024). *The information impulse function: Detecting temporal changes in structural response* (No. SAND2024-16697T). Sandia National Laboratories (SNL-NM).

Papla, D., & Siedlecki, R. (2024). Entropy as a tool for the analysis of stock market efficiency during periods of crisis. *Entropy*, *26*(12), 1079. https://doi.org/10.3390/e26121079

Peters, E. E. (1994). *Fractal market analysis: Applying chaos theory to investment and economics*. John Wiley & Sons.

Peters, E. E. (1996). *Chaos and order in the capital markets: a new view of cycles, prices, and market volatility*. John Wiley & Sons.

Richman, J. S., & Moorman, J. R. (2000). Physiological time-series analysis using approximate entropy and sample entropy. *American Journal of Physiology-Heart and Circulatory Physiology*, *278*(6), H2039-H2049. https://doi.org/10.1152/ajpheart.2000.278.6.H2039

Shannon, C. E. (1948). A mathematical theory of communication. *Bell System Technical Journal*, *27*(3), 379-423. https://doi.org/10.1002/j.1538-7305.1948.tb01338.x

Wang, X. (2022). Efficient markets are more connected: An entropy-based analysis of the energy, industrial metal and financial markets. *Energy Economics*, *111*, 106067. https://doi.org/10.1016/j.eneco.2022.106067

Zhou, R., Cai, R., & Tong, G. (2013). Applications of entropy in finance: A review. *Entropy*, *15*(11), 4909-4931. https://doi.org/10.3390/e15114909

AN INTERVAL TYPE-2 FUZZY TOPSIS BENCHMARKING FRAMEWORK FOR ONLINE COMPLAINT MANAGEMENT QUALITY ACROSS CROSS-BORDER SERVICE PLATFORMS

Shafira Iradayanti Syauqina FIRDAUSA
İstanbul Sabahattin Zaim University, Faculty of Business and Management Sciences, Department of Islamic Economics and Finance, İstanbul, Türkiye
ORCİD: ID/0009-0008-7849-5070

Doğan ŞENGÜL
İstanbul Sabahattin Zaim University, Faculty of Engineering and Natural Sciences, Department of Software Engineering, İstanbul, Türkiye
ORCİD: ID/0000-0002-2285-3907

Abstract
This paper proposes a novel Interval Type-2 Fuzzy TOPSIS (IT2F-TOPSIS) methodological framework for benchmarking Online Complaint Management Quality (OCMQ) across cross-border service platforms. The contribution is methodological and conceptual rather than empirical: the framework defines an integrated benchmarking pipeline that represents OCMQ judgements as trapezoidal interval type-2 fuzzy numbers, derives criterion weights with the Best-Worst Method from explicit best-to-others and others-to-worst comparison vectors accompanied by a built-in consistency indicator, and ranks alternatives by centroid-based distances from interval type-2 fuzzy positive- and negative-ideal solutions fixed at the anchors of the linguistic scale. The use of interval type-2 fuzzy sets allows the framework to accommodate both within-coder vagueness and inter-coder disagreement, two sources of uncertainty that single-membership fuzzy approaches cannot represent simultaneously. The criterion system is derived at the design stage from the complaints-handling principles of ISO 10002:2018 (accessibility, responsiveness, objectivity, accountability and continual improvement) rather than from any empirical corpus. The intended decision-support purpose is to provide practitioners with a transparent, reproducible analytical structure for cross-country evaluation of complaints-handling quality under epistemic and linguistic uncertainty, and to offer a transferable methodological template for IT2F-TOPSIS benchmarking in other digital-service domains.
Keywords: Interval Type-2, Fuzzy TOPSIS, best-worst method, ISO 10002, online complaint management, cross-border, benchmarking.

1 INTRODUCTION

Public complaint platforms make an organisation's complaints-handling behaviour observable to third parties, and regulators and standard-setters increasingly expect organisations to treat complaints as structured inputs to quality improvement; ISO 10002:2018 codifies this expectation as a set of guiding principles for complaints-handling processes [1]. What the standard deliberately does not fix is how conformance to those principles should be measured and compared across organisations, platforms and jurisdictions. Turning principle-level guidance into a defensible cross-border benchmarking score is fundamentally a measurement problem rather than a data-collection one, and it is the measurement problem that this paper addresses.

Benchmarking complaint-management performance across firms or country contexts is methodologically challenging because the underlying judgements are doubly uncertain. Coders rating a platform's accessibility, responsiveness, or fairness of handling must use linguistic terms that are inherently vague at the within-coder level. Independent coders also disagree among themselves; even a well-calibrated protocol targeting a Cohen's kappa above 0.75 leaves a quarter or more of judgements nominally non-agreed. This second layer (epistemic disagreement stacked on linguistic vagueness) cannot be captured by classical type-1 fuzzy sets, whose single membership value collapses the two layers into one graded number.

This paper proposes an Interval Type-2 Fuzzy TOPSIS (IT2F-TOPSIS) framework that represents both layers of uncertainty through the upper and lower membership functions of type-2 fuzzy numbers [4, 5].

The contribution is methodological rather than empirical, and the framework is demonstrated on a synthetic worked example rather than on field data. The contribution is threefold. First, the paper formulates an IT2F decision matrix for OCMQ built on five criteria derived from the complaints-handling principles of ISO 10002:2018: accessibility, responsiveness, objectivity, accountability and continual improvement [1]. Second, it derives the criterion weights with the Best-Worst Method [3], which requires only 2n−3 pairwise judgements and reports a consistency indicator alongside the weights. Third, it ranks alternatives through a centroid-based distance from anchor-defined ideal solutions [6] and specifies a one-at-a-time sensitivity analysis that probes how stable the resulting ranking is when any single criterion weight changes by ±20%.

The remainder of the paper is structured as follows. Section 2 reviews the literature foundation: complaints-handling standards and quality benchmarking, MCDM benchmarking under uncertainty, and the methodological lineage of IT2F-TOPSIS. Section 3 develops the framework and its seven-step implementation procedure, with the governing equations set as native Word equation objects. Section 4 demonstrates the framework step by step on a synthetic worked example built for two hypothetical service providers. Section 5 reports the illustrative results and the sensitivity analysis. Section 6 discusses implications for decision support, and Section 7 concludes with limitations and directions for empirical validation.

2 LITERATURE FOUNDATION

2.1 Complaints-handling standards and quality benchmarking

ISO 10002:2018 codifies internationally agreed guiding principles for complaints handling in organisations (among them visibility, accessibility, responsiveness, objectivity, accountability and continual improvement) and frames complaints as structured inputs to quality improvement rather than as isolated service events [1]. What the standard deliberately leaves open is how conformance to these principles should be measured and compared across organisations, platforms and jurisdictions. Benchmarking research addresses this gap by turning principle-level guidance into criteria that can be scored, weighted and ranked, but most published benchmarking designs assume crisp scores and thereby discard the uncertainty carried by linguistic judgements. Within the research family to which this paper belongs, a companion empirical study benchmarks observed complaint-management quality on public platforms with a picture fuzzy CRITIC-CODAS design [10]; the present paper develops the measurement architecture itself and derives its criterion system from the ISO 10002 principles at the design stage.

2.2 MCDM benchmarking under uncertainty

TOPSIS ranks alternatives by their simultaneous distances from positive- and negative-ideal solutions [2] and has become one of the most widely applied MCDM methods across application domains [9]. Because crisp ratings sit poorly with linguistic evaluation, fuzzy and higher-order fuzzy extensions of TOPSIS have proliferated; Celik et al. [8] review the interval type-2 fuzzy strand of this literature and document its use in settings where both vagueness and disagreement must be represented. A parallel line of work concerns how criterion weights are obtained. Data-driven schemes such as entropy or CRITIC extract weights from an empirical decision matrix and therefore presuppose field data, whereas structured-judgement schemes elicit weights from explicit comparisons. The Best-Worst Method [3] belongs to the second line: it requires only comparisons of the best and the worst criterion against all others (2n−3 judgements), yields a consistency indicator as a by-product, and is therefore well suited to design-stage weighting in a methodological framework for which no empirical decision matrix exists.

2.3 IT2F-TOPSIS lineage

Type-2 fuzzy sets, which build on Zadeh's introduction of linguistic variables and graded membership [11], carry more uncertainty than type-1 sets and provide additional degrees of freedom for representing both vagueness and inter-source disagreement. Mendel [4] consolidated interval type-2 fuzzy systems into an operational form. Chen and Lee [5] developed the interval type-2 fuzzy TOPSIS method for multiple-attribute group decision-making, mapping linguistic terms to trapezoidal interval type-2 fuzzy numbers and aggregating ratings through arithmetic operations on the upper and lower membership functions. The present framework builds on Chen and Lee's formulation, derives its criterion weights

from a best-worst comparison structure [3], ranks alternatives through a centroid-based distance in the sense of Karnik and Mendel [6] under the simple interval representation advocated by Mendel and John [7], and is demonstrated here on a synthetic worked example rather than field data.

3 METHODOLOGICAL FRAMEWORK

Let R denote the set of coders, F the set of firms (alternatives), and K the set of criteria. The trapezoidal interval type-2 fuzzy rating of firm i ∈ F on criterion k ∈ K, given by coder r ∈ R, is denoted by the pair of upper and lower trapezoidal memberships:

$$\tilde{A}_{ik} = (A_{ik}^{U}, A_{ik}^{L})$$

where the upper membership function is given by

$$A_{ik}^{U} = (a_1^{U}, a_2^{U}, a_3^{U}, a_4^{U}; H_1^{U}, H_2^{U})$$

and the lower membership function follows the analogous form. The aggregated IT2F rating across R coders is obtained by trapezoidal averaging on both membership layers, preserving the upper-lower envelope so that inter-coder disagreement is reflected in the spread between the two.

3.1 Best-worst criteria weights

The criterion weights are elicited with the Best-Worst Method (BWM) [3]. The analyst first identifies the best (most important) criterion B and the worst (least important) criterion W in the criterion set, and then supplies two comparison vectors on a 1-9 scale: best-to-others judgements aB_j, expressing the preference of B over each criterion j, and others-to-worst judgements a_jW, expressing the preference of each criterion j over W. The weight vector is obtained from the linear BWM model:

$$\min \xi \ \ s.t. \ |wB - aB_j \cdot w_j| \le \xi, \qquad |w_j - a_jW \cdot wW| \le \xi, \qquad \Sigma_j w_j = 1, \qquad w_j \ge 0$$

where wB and wW denote the weights of the best and worst criterion. The optimal objective value ξ* serves as the consistency indicator of the comparison system: values close to zero signal near-consistent judgements, and the weights are accepted only when ξ* falls below the threshold recommended for the given number of criteria. Because BWM requires only 2n−3 comparisons instead of the n(n−1)/2 of a full pairwise matrix, it keeps the elicitation burden low while making every weighting judgement explicit and auditable.

3.2 Ideal solutions and closeness coefficient

The IT2F positive-ideal solution A^+ and negative-ideal solution A^- are defined per criterion at the anchors of the linguistic scale: for benefit criteria, A^+ is the IT2F number of the top anchor and A^- that of the bottom anchor, and for cost criteria the assignment is reversed. Anchoring the ideals to the scale rather than to the observed alternatives keeps the closeness coefficient interpretable as absolute attainment and immunises the ranking against rank reversal when alternatives are added or removed. Distances d_i^+ and d_i^- to the ideals are computed on the centroid representation of each IT2F rating [6], approximating the centroid by the mean of the eight reference points, $c(\tilde{A}) = (1/8)(a_1^U + a_2^U + a_3^U + a_4^U + a_1^L + a_2^L + a_3^L + a_4^L)$:

$$d_i^+ = \Sigma_j w_j \cdot |c(\tilde{A}_{ij}) - c(A_j^+)|$$

with the analogous expression for d_i^-. The closeness coefficient is

$$CC_i = \frac{d_i^-}{d_i^+ + d_i^-}$$

Higher CC_i values indicate stronger publicly observable complaint-management quality. The defuzzified IT2F decision matrix and the resulting closeness coefficients are computed in an editable spreadsheet that separates linguistic inputs from formulas, supporting transparent peer review and update.

3.3 Implementation procedure

The IT2F-TOPSIS procedure proceeds in seven operational steps. Step 1 elicits coder ratings on a five-point linguistic scale for each (firm, criterion) pair. Step 2 maps linguistic terms to trapezoidal interval type-2 fuzzy numbers using the calibrated scale of Section 4.2. Step 3 aggregates ratings across coders by trapezoidal averaging on both upper and lower membership layers. Step 4 elicits the best-to-others and others-to-worst comparison vectors, solves the linear BWM model, and accepts the weights w_k once

the consistency indicator ξ^* passes the threshold check. Step 5 fixes the IT2F positive- and negative-ideal solutions at the scale anchors according to each criterion's benefit or cost orientation. Step 6 computes the centroid-based distances d_i^+ and d_i^- for each firm. Step 7 computes the closeness coefficient CC_i and ranks the firms accordingly. The procedure is fully transparent and reproducible: each step's intermediate output can be inspected in the spreadsheet, and the linguistic inputs can be revised without re-implementing the formulas.

4 ILLUSTRATIVE APPLICATION: A SYNTHETIC WORKED EXAMPLE

4.1 Design of the synthetic example

To demonstrate the framework end to end, we construct a synthetic worked example involving two hypothetical service providers, denoted Provider A and Provider B, operating on public cross-border digital-service platforms. The two providers are stylised archetypes rather than real companies: Provider A represents an organisation whose complaints-handling process is comparatively mature against the ISO 10002 principles, while Provider B represents an organisation with a weaker complaints-handling posture. Every input that follows is an illustrative value chosen to exercise the computational steps of the framework; none is a measurement of any actual firm or platform.

Because the example is illustrative, no field data are used: the linguistic ratings are assigned directly to represent the two contrasting profiles described above. For each provider, a single linguistic rating per criterion is supplied on the five-point scale (Very Poor, Poor, Medium, Good, Very Good); in an empirical application these ratings would instead be elicited from multiple coders and aggregated across the upper and lower membership layers as set out in Section 3. The synthetic profiles are designed so that Provider A is stronger on accessibility and responsiveness, while both providers remain comparatively weaker on accountability and continual improvement, allowing the example to show how the framework discriminates between alternatives and where it registers shared weaknesses.

4.2 Linguistic scale

Linguistic terms were mapped to trapezoidal interval type-2 fuzzy numbers following Chen and Lee [5], adapted so that the upper-lower spread widens for terms with higher coding disagreement. Table 1 reports the scale used.

Table 1. Linguistic scale mapped to trapezoidal interval type-2 fuzzy numbers

Linguistic term	Upper membership (a_1^U, a_2^U, a_3^U, a_4^U; H_1^U, H_2^U)	Lower membership (a_1^L, a_2^L, a_3^L, a_4^L; H_1^L, H_2^L)
Very Poor	(0.00, 0.00, 0.10, 0.20; 1, 1)	(0.00, 0.00, 0.05, 0.10; 0.9, 0.9)
Poor	(0.10, 0.20, 0.30, 0.40; 1, 1)	(0.15, 0.20, 0.25, 0.35; 0.9, 0.9)
Medium	(0.30, 0.40, 0.50, 0.60; 1, 1)	(0.35, 0.40, 0.45, 0.55; 0.9, 0.9)
Good	(0.50, 0.60, 0.70, 0.80; 1, 1)	(0.55, 0.60, 0.65, 0.75; 0.9, 0.9)
Very Good	(0.70, 0.80, 0.90, 1.00; 1, 1)	(0.75, 0.80, 0.85, 0.95; 0.9, 0.9)

4.3 Illustrative input ratings

Table 2 records the illustrative linguistic ratings assigned to the two providers across the five ISO 10002-derived criteria. Provider A is rated Good on accessibility, Good to Very Good on responsiveness and Medium to Good on the remaining criteria, whereas Provider B is rated Medium on accessibility, Poor on responsiveness and accountability, Poor to Medium on objectivity, and Very Poor to Poor on continual improvement. These values are stipulated for the worked example and carry no empirical claim.

Table 2. Illustrative OCMQ linguistic ratings for two hypothetical providers (synthetic data)

Criterion (ISO 10002)	Provider A (illustrative)	Provider B (illustrative)
Accessibility	Good	Medium

Criterion (ISO 10002)	Provider A (illustrative)	Provider B (illustrative)
Responsiveness	Good-Very Good	Poor
Objectivity	Medium-Good	Poor-Medium
Accountability	Medium	Poor
Continual improvement	Medium-Good	Very Poor-Poor

5 ILLUSTRATIVE RESULTS AND SENSITIVITY ANALYSIS

Table 3 reports, for the synthetic inputs, the BWM criterion weights together with the centroid values and the resulting closeness coefficients. The comparison vectors of the worked example identify responsiveness as the best and continual improvement as the worst criterion; solving the linear BWM model yields the weights in Table 3 with consistency indicator $\xi^* = 0.057$, well inside the acceptable range. Under the illustrative data, Provider A attains a markedly higher closeness coefficient than Provider B, with the largest separation on responsiveness and continual improvement and a uniform, smaller separation on the remaining criteria. These figures are products of the worked example, presented solely to illustrate the computation; they are not empirical findings.

Table 3. Illustrative IT2F-TOPSIS results for the synthetic example

Criterion	BWM weight w_k	Provider A centroid c(Ã)	Provider B centroid c(Ã)
Accessibility	0.237	0.64 (Good)	0.44 (Medium)
Responsiveness	0.416	0.74 (Good-Very Good)	0.24 (Poor)
Objectivity	0.158	0.54 (Medium-Good)	0.34 (Poor-Medium)
Accountability	0.118	0.44 (Medium)	0.24 (Poor)
Continual improvement	0.072	0.54 (Medium-Good)	0.15 (Very Poor-Poor)
Closeness coefficient CC_i	-	0.74	0.31

To illustrate the robustness check the framework supports, each criterion weight was perturbed by ±20% and the remaining weights renormalised, generating ten scenarios. Across all ten, the ordering in the worked example is preserved: Provider A stays ahead of Provider B, with the closeness coefficient of Provider A remaining within [0.728, 0.750] and that of Provider B within [0.301, 0.318]. The largest movement occurs when the responsiveness weight is perturbed, consistent with responsiveness carrying the largest weight and the widest separation between the two synthetic profiles. The same procedure would be applied to empirical ratings to assess the stability of a real ranking.

6 DISCUSSION AND PRACTICAL IMPLICATIONS

The IT2F-TOPSIS framework brings two specific advantages over deterministic and type-1 fuzzy benchmarking. First, the upper-lower envelope of the type-2 ratings makes inter-coder disagreement visible inside the model itself, rather than hidden in summary statistics. This is important when complaint coding is performed by small teams with bounded calibration, as in many service-quality and consumer-protection studies. Second, the best-worst weighting makes the importance structure of the criterion system explicit and auditable: the two comparison vectors and the consistency indicator ξ^* are reported alongside the weights, so every weight can be traced to a documented judgement rather than to an opaque calibration.

Interpreted through the worked example, the framework's value lies in how it represents and propagates uncertainty rather than in any particular provider comparison. The upper-lower envelope keeps inter-coder disagreement visible inside the model, so a wide separation in closeness coefficients that rests on

highly contested ratings can be distinguished from one that rests on well-agreed ratings, a distinction that point-estimate methods obscure. The anchor-based ideals additionally make the closeness coefficient readable as absolute attainment against the ISO 10002 principle set, so a provider can be tracked against the scale itself rather than merely against a rival.

For practice, the example points to two generic, transferable interventions. A provider in Provider A's position (strong responsiveness but residual weakness on accountability and continual improvement) can raise its score by publishing closure feedback to complainants and by routing complaint analytics into corrective-action reviews. A provider in Provider B's position (held back chiefly by weak responsiveness) gains most from a single accessible entry channel backed by an acknowledgement-time target. Because the framework reports where each alternative loses ground, it can direct improvement effort to the criterion with the largest marginal impact.

6.1 Managerial implications

Table 4. Illustrative managerial implications derived from the worked example

Stakeholder	Action	Expected impact
Provider A profile	Publish closure feedback to the complainant on the platform	Closes the residual accountability gap; lifts the closeness coefficient
Provider B profile	Single accessible entry channel with a ≤ 5-day acknowledgement target	Most directly raises the score; addresses the dominant responsiveness gap
Both profiles	Feed complaint analytics into corrective-action reviews	Strengthens continual improvement, the weakest-weighted principle
Regulators / platforms	Publish periodic OCMQ benchmarks	Increases institutional pressure for public response

7 LIMITATIONS AND FUTURE RESEARCH

Several limitations follow directly from the paper's methodological scope. The framework is demonstrated on a synthetic example rather than validated empirically, so the numerical results carry no substantive claim; empirical validation on coded complaint data is the natural next step. Public complaint data, when used, cannot reveal whether privately redirected complaints were ultimately resolved offline, which bounds what any OCMQ score can represent. The linguistic scale uses fixed parameters not yet calibrated against customer-side outcomes such as churn or trust loss. The BWM comparison vectors encode the judgement of the design team, and different expert panels could defensibly produce different weights; the centroid approximation by reference-point averaging, chosen for transparency, could be replaced by exact type-reduction, and the assumption that the criteria are independent could likewise be relaxed using dependence-aware aggregation operators.

Future work should apply the framework to coded complaint data at scale: for example, using automated text classification to generate the linguistic ratings, tracking the closeness coefficient longitudinally to detect drift, and validating the rankings against customer-side outcomes. Extending the demonstration across additional sectors and country contexts would test external validity, and embedding the framework in a text-mining pipeline that extracts sentiment, response-time, and recovery-strategy features could ease the coding bottleneck and support near-real-time benchmarking dashboards.CC_i

8 CONCLUSION

This paper proposed an Interval Type-2 Fuzzy TOPSIS framework for benchmarking online complaint management quality across cross-border service platforms and demonstrated it on a synthetic worked example. The framework's novelty lies in coupling interval type-2 fuzzy ratings with best-worst

criterion weighting and a centroid-based distance from anchor-defined ideal solutions, which makes linguistic vagueness, inter-coder disagreement and the importance structure of the criteria explicit within a single, reproducible decision pipeline. By separating linguistic inputs from the underlying computation, it offers practitioners a transparent, transferable template for evaluating complaints-handling quality under epistemic and linguistic uncertainty; empirical validation on field data is left to future work.

DECLARATIONS

This study is methodological and is demonstrated on a synthetic worked example; it did not use field data and did not collect personal, biometric, clinical, or otherwise identifiable human-subject data. The two providers in the worked example are hypothetical and do not represent any real company.

Funding. This research received no external funding.

Conflict of interest. The authors declare no competing interests.

Data availability. All inputs used in the synthetic worked example are reported in full within the article.

Related work. This paper, a companion empirical study that applies a Picture Fuzzy CRITIC-CODAS framework to benchmark online complaint management quality in consumer electronics service [10], and a companion methodological study that develops a Spherical Fuzzy AHP-PFMEA risk prioritisation model for online service recovery failures [12] arise from a single family of research projects; the three papers apply different MCDM methods, are reported separately and share no empirical data. The present paper is methodological and uses no field data. The authors disclose this relationship for transparency.

REFERENCES

[1] ISO: ISO 10002:2018, Quality management - Customer satisfaction - Guidelines for complaints handling in organizations. International Organization for Standardization, Geneva (2018).

[2] Hwang, C.L., Yoon, K.: Multiple Attribute Decision Making: Methods and Applications. Springer, Berlin, Heidelberg (1981). https://doi.org/10.1007/978-3-642-48318-9

[3] Rezaei, J.: Best-worst multi-criteria decision-making method. Omega 53, 49-57 (2015). https://doi.org/10.1016/j.omega.2014.11.009

[4] Mendel, J.M.: Type-2 Fuzzy Sets and Systems: An Overview. IEEE Computational Intelligence Magazine 2(1), 20-29 (2007). https://doi.org/10.1109/MCI.2007.380672

[5] Chen, S.M., Lee, L.W.: Fuzzy multiple attributes group decision-making based on the interval type-2 TOPSIS method. Expert Systems with Applications 37(4), 2790-2798 (2010). https://doi.org/10.1016/j.eswa.2009.09.012

[6] Karnik, N.N., Mendel, J.M.: Centroid of a type-2 fuzzy set. Information Sciences 132(1-4), 195-220 (2001). https://doi.org/10.1016/S0020-0255(01)00069-X

[7] Mendel, J.M., John, R.I.B.: Type-2 fuzzy sets made simple. IEEE Transactions on Fuzzy Systems 10(2), 117-127 (2002). https://doi.org/10.1109/91.995115

[8] Celik, E., Gul, M., Aydin, N., Gumus, A.T., Guneri, A.F.: A comprehensive review of multi criteria decision making approaches based on interval type-2 fuzzy sets. Knowledge-Based Systems 85, 329-341 (2015). https://doi.org/10.1016/j.knosys.2015.06.004

[9] Behzadian, M., Khanmohammadi Otaghsara, S., Yazdani, M., Ignatius, J.: A state-of-the-art survey of TOPSIS applications. Expert Systems with Applications 39(17), 13051-13069 (2012). https://doi.org/10.1016/j.eswa.2012.05.056

[10] Alfatah, R.A.R.A., Şengül, D.: A Picture Fuzzy CRITIC-CODAS Decision Framework for Benchmarking Online Complaint Management Quality in Consumer Electronics Service (under review).

[11] Zadeh, L.A.: The concept of a linguistic variable and its application to approximate reasoning-I. Information Sciences 8(3), 199-249 (1975).

[12] Baneeishaak, H., Şengül, D.: A Spherical Fuzzy AHP-PFMEA Risk Prioritisation Model for Online Service Recovery Failures on Public Complaint Platforms (under review).

OBJECTIVE APPROACH IN DECISION-MAKING: THE CILOS METHOD

KARAR VERMEDE NESNEL YAKLAŞIM: CILOS YÖNTEMİ

Assoc. Prof. Dr. Berna (KIRAN) BULĞURCU
Cukurova University, The Faculty of Economics and Administrative Science, Business Administration Department, Adana, Türkiye
ORCID ID:0000-0002-9695-2668

Sumaya ALTORK
Cukurova University, The Faculty of Economics and Administrative Science, Business Administration Department, Adana, Türkiye
ORCID ID: 0009-0003-9086-4434

ABSTRACT

Selecting the most appropriate alternative among several options is considered to be one of the most challenging issues that have been faced by decision makers recently. Hence, in order to make an accurate decision, it is essential to correctly identify the criteria related to the alternatives and to evaluate the data associated with these criteria in a reliable manner.

Due to this reason, the evaluation of multiple criteria together without contradiction constitutes the subject of Multi-Criteria Decision-Making (MCDM) problems. Under the MCDM methods, the approaches that are used in evaluating the criteria are divided into two classifications: subject and objective methods. Subjective weighting mainly depends on personal judgements which may result in some bias, and inconsistent evaluations, while objective methods are based on statistical calculations, where numerical data plays a major role in the process.

At this point, the Criterion Impact Loss (CILOS) method, developed by Zavadskas and Podvezko in 2016, become an important tool among the objective weighting methods. The CILOS method differs from other objective weighting methods as it determines criterion weights through the evaluation of the impact loss during the assessment process. This method has been applied in several areas ranging from finance and engineering to sports and education. In this study, theoretical structure of the CILOS method is examined, and its characteristics and differences from other evaluating methods are presented.

Additionally, the advantages and limitations of the CILOS method are discussed, and its areas of application are examined as well.

Keywords: Objective weighting, Criteria Impact Loss, Decision-Making.

ÖZET

Birçok gerçek yaşam probleminde karar vericiyi en çok zorlayan şey pek çok seçenek arasından doğru tercihi yapabilmektir. Doğru tercih için alternatiflerin açıklayıcılarının doğru tespit edilmiş olması ve sonrasında da bu açıklayıcılara ilişkin verilerin de güvenilir bir şekilde değerlendirilmesi gerekmektedir. Bu sebeple çok fazla açıklayıcının yani bir başka ifade ile kriterlerin, birbirleriyle çelişmeden tek bir sepette bir arada değerlendirilmesi çok kriterli karar verme (ÇKKV) problemlerinin konusunu oluşturmaktadır. ÇKKV yöntemleri arasında kriterlerin değerlendirildiği yöntemler öznel ve nesnel olarak ikiye ayrılmaktadır. Öznel yöntemlerin kişisel önyargılar ve tutarsız değerlendirmeler içerebileceği düşüncesi ile nicel verinin ağırlıkta olduğu istatistiki hesaplamalara dayanan nesnel yöntemlerin son yıllarda daha fazla ilgi gördüğü aşikardır.

Bu noktada, Zavdaskas ve Podvezko tarafından 2016 yılında geliştiren Kriter Etki Kaybı (CILOS) yöntemi diğer nesnel yöntemler arasında yerini almıştır. Finans alanından mühendisliğe, spor alanından eğitim alanına kadar pek çok alanda uygulama fırsatı bulan bu yöntemin nasıl bir yöntem olduğunun ortaya konduğu bu çalışmada diğer nesnel yöntemlerle aralarındaki farklılıklar da sunulmaktadır.

Teorik altyapısının nasıl inşa edildiğinin ortaya konduğu bu çalışmada CILOS yönteminin avantajları ve sınırlılıklarını da yer verilmiş ve farklı uygulama alanlarından örnekler sunularak bir değerlendirme yapılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Nesnel Değerlendirme, Kriter Etki Kaybı, Karar Verme.

1. INTRODUCTION

Multi-Criteria Decision-Making (MCDM) methods are mainly used to support the decision makers in cases where multiple alternatives need to be evaluated simultaneously. As the level of importance of these alternatives may differ, and in some cases conflict with each other, determining the relative importance of each criteria is considered to be one of the most critical stages of the MCDM process, since the assigned weights can directly impact the final ranking process (Alinezhad & Khalili, 2019; Triantaphyllou, 2000).

In the MCDM literature, the weighting methods are divided into two approaches, subjective and objective. Subjective approaches derive criteria importance from expert opinions, personal judgements, or decision-makers' preferences, while the objective methods determine weights directly from available data and mathematical relationships. The growing complexity of modern decision-making problems has increased interest in objective weighting techniques which may be capable of providing systematic and reproducible evaluation results (Ayan et al., 2023; Triantaphyllou, 2000).

One of the objective weighting methods that is used in recent MCDM studies is the Criterion Impact loss (CILOS) method, developed by Zavadskas and Podvezko (2016). This method, unlike the others, determines the criteria weights by assessing the relative impact loss between criteria. For this reason, this does not only consider quantitative variation in data, but it also examines how loss of impact among criteria affects the weighting process (Zavadskas & Podvezko, 2016); Podvezko et al., 2020).

The aim of this study is to examine the theoretical foundations and the methodological structure of the CILOS method and to clarify its distinguishing characteristics from other methods such as Entropy, CRITIC, and Standard Deviation. Additionally, this study reviews the advantages, limitations, and areas of application of this method based on existing literature.

2. THEORETICAL BACKGROUND OF THE CILOS METHOD

The Criterion Impact Loss (CILOS) method was introduced by Zavadskas and Podvezko (2016) as tool designed to evaluate the relative importance of criteria through loss-based analysis. This method is based on the assumption of understanding the criteria importance by examining the effect of its absence on the overall evaluation system. Accordingly, criteria that generate greater performances losses when excluded from the assessment process are considered more important than those producing smaller losses (Zavadskas & Podvezko, 2016). The fundamental logic of the CILOS method is based on evaluating the interactions among criteria, unlike the traditional objective methods that calculate weights from statistical dispersion, variability or information content (Podvezko et al., 2020; Alinezhad & Khalili, 2019).

The core concept underlying this method is the construction of the relative impact loss matrix. During this process, the influence of each criterion on the overall decision structure is evaluated by measuring the losses generated in the remaining criteria. As a result, the final weights are obtained from the contribution of each criterion to the evaluation system rather than solely from statistical characteristics of the dataset (Zavadskas & Podvezko, 2016). Also, in addition to the independent application of the CILOS method, recent literature has demonstrated that it can be part of the hybrid MCDM frameworks. Integration with various objective assessments models have shown that the method may contribute to improving the evaluation consistency and methodological robustness in different environments (Ayan et al., 2023; Podvezko et al., 2020).

3. METHODOLOGY

This study is mainly based on a literature review and theoretical examination of the Criteria Impact Loss (CILOS) method within the scope of Multi-Criteria Decision-Making (MCDM) literature. During the examination of the theoretical structure and importance of the CILOS method, previous studies related to objective weighting methods and MCDM approaches were analyzed (Ayan et al., 2023).

Additionally, multiple related journal articles, conference papers, and scholarly publications were reviewed in order to track and investigate the development, operational structure, advantages, limitations, and application areas of the CILOS method. Also, particular attention was given to the studies that focused on the comparison of this method with other objective weighting approaches and studies integrating the method with different MDCM techniques (Zavadskas & Podvezko, 2016; Podvezko et al., 2020; Ayan et al., 2023).

Through this process, this study aims to provide an overall understanding of the methodological characteristics of this technique and clarify its position within the broader objective weighting literature. The CILOS method is applied through a systematic process that analyzes the loss correlations among criteria in order to assist in the weights calculations. The initial decision matrix is transformed into a set of final objective weights used in the final ranking process through a series of sequential stages in the application process (Zavadskas & Podvezko, 2016).

Step 1: Construction of the Decision Matrix
Creating the decision matrix is the first step in the process, which contains the alternatives and evaluation criteria relevant to the decision. The established matrix is considered the primary input of the method, and it represents the performance values if each alternative under each criterion.

Step 2: Normalization of the Decision Matrix
In this stage, the decision matrix is standardized since the criteria often have different measurements. This step guarantees comparability among the values by converting the original data on a common scale.

Step 3: Identification of Optimal Criterion Value
Following normalization, the ideal values associated with each criterion are identified. The chosen values represent the best performance levels within the matrix and serve as benchmark for assessing criterion impact losses.

Step 4: Construction of the Relative Impact Loss Matrix
This stage is considered to be the core stage in the process. In this stage, the relationship among criteria are analyzed through the relative impact loss matrix in order to determine the influence of each criterion on the overall evaluation process.

Step 5: Calculation of Criterion Impact Loss Values
Based on the outcomes obtained in the previous stage, criterion impact loss values are computed. These values indicate the relative contribution of each criterion to the overall evaluation structure and provide the basis for determining criteria importance.

Step 6: Determination of Final Criteria Weights
In the final stage, the values calculated earlier are normalized to get the final objective criteria weights. These weights can be used in various MCDM methods for alternative evaluation and ranking purposes

The stages presented above summarize the operational framework of the CILOS method from data preparation to the determination of final criteria weights. This workflow provides the basic understanding of how to apply the method in different decision making scenarios.

4. EVALUATION OF THE CILOS METHOD

After understanding the operational framework of the CILOS method, it is important to evaluate the characteristics that distinguish this approach from other objective weighting approaches. The reviewed literature has highlighted several strengths, weaknesses and applicability in different environments, which are explained in detail below.

One of the main advantages of this method is its consideration of the impact loss relationship among alternatives during the assessment process, rather than relying exclusively on statistical dispersion measures. This enables this method to provide an alternative perspective on criteria weighting by considering the consequences of changes within the evaluation system (Zavadskas & Podvezko, 2016). The method also demonstrates strong compatibility with hybrid MCDM frameworks. Previous studies have integrated the CILOS method with other techniques such as TOPSIS, WASPAS, MARCOS, and EDAS in order to improve assessment performance and obtain more comprehensive decision-making results (Ayan et al., 2023). This flexibility may assist in increasing the applicability of the method in different scenarios.

Also, the operational structure of this method allows it to be applied in wide range of sectors and research fields, as previous studies have reported successful application in various fields due to its adaptability to different decision-making contexts (Podvezko et al., 2020).

The objective weighting methods in MCDM literature include different approaches such as Entropy, CRITIC, Standard Deviation, in addition to CILOS methods, which all aim to provide consistent evaluations however the logic of each one may differ according to the structure of the decision-making problem (Alinezhad, A., & Khalili, J., 2019).

The Entropy method mainly assesses the criteria weights depending on the degree of data dispersion and information diversity among the criteria values. Accordingly, criteria that have higher variation are given greater importance. In the same way, the Standard Deviation method focuses on the variability of data in order to evaluate the importance levels of criteria. Both approaches essentially evaluate the statistical distribution of data during the weighting process.

The CRITIC method on the other hand, takes into consideration the contrast intensity and the conflict relationship between criteria in determining their weights (Diakoulaki et al., 1995). With this structure, this method assists in measuring the amount of information carried by each criterion based on both variation and correlation between criteria.

Unlike the previous methods, the CILOS method focuses on the evaluation of the relative impact loss among criteria during the evaluation process (Zavadskas & Podvezko, 2016). This method analyzes how the optimization of one criterion may affect the relative importance level of other criteria. Hence, this method provides another perspective for the evaluation process by emphasizing the relationships among criteria.

Table 1. Comparison of CILOS and Other Objective Weighting Methods

Method	Weighting Logic	Strengths	Limitations
Entropy	Information diversity and data dispersion	Simple and widely used	Ignore relationships among criteria
Standard Deviation	Statistical variation	Easy to calculate and interpret	Considers only variability
CRITIC	Variability and correlation	Considers conflict among criteria	Sensitive to data structure
CILOS	Relative impact loss among criteria	Considers criterion interactions; Suitable for hybrid models	More computationally demanding

Source: Diakoulaki et al., (1995); Zavadskas & Podvezko (2016); Alinezhad & Khalili (2019); Podvezko et al., (2020).

As shown in Table 1, the CILOS method is distinguished from other traditional approaches by emphasizing impact loss relationship among criteria rather than relying ultimately on statistical calculations. This distinctive perspective may contribute to more balanced evaluations in complex situations in the recent MCDM studies.

Despite its advantages, some limitations related to the CILOS method are also discussed in literature. One of the primary limitations of the method is its dependence on the quality and structure of the available data (Ayan et al., 2023). Since this method relies on the mathematical relationship between criteria, any inaccurate, incomplete, or inconsistent data may directly affect the reliability of the weighting results.

Another limitation is the computational complexity associated with the method compared to the other techniques. The creation of the relative impact loss matrix and the subsequent calculation require multiple processing stages, which may increase computational effort, especially in cases where large number of criteria and alternatives are involved (Zavadskas & Podvezko, 2016).

In addition, since the CILOS method focuses exclusively on objective information derived from the decision matrix and does not take into consideration expert knowledge or preferences, this may limit the method's ability to reflect practical considerations in situations where human factor plays an important role in the decision-making process (Alinezhad, A., & Khalili, J., 2019).

Furthermore, despite the successful application of the method in various fields, the number of studies utilizing this approach is limited. Consequently, additional empirical studies are needed to assist in evaluating its performance more effectively (Podvezko et al., 2020).
Although these limitations should be taken into account during the implementation, they do not diminish the value of the CILOS method, instead they highlight the importance of selecting weighting techniques according to the characteristics of the decision problem, data availability, and research objective (Alinezhad, A., & Khalili, J., 2019).
In recent studies, this method has also been applied in several research areas such as sustainability assessment, engineering applications, supplier selection, economic analysis, and business decision-making problems (Zavadskas & Podvezko, 2016). The wide use of this method in various fields reflects its growing importance within MCDM literature.
In this context, this method can help the decision makers analyze the relationship between criteria in more systematic way through objective weighting process (Ayan et al., 2023). Due to this, objective weighting approaches including CILOS method may contribute to providing more balanced evaluation results in complex decision-making cases (Ayan et al., 2023).

Table 2. Application Areas of the CILOS method

Areas of application	**Partial Focus**	**Utility**
Engineering and Manufacturing	Material selection process parameters	Reconciles conflicting technical objectives like cost vs durability
Environmental Management	Sustainability and site selection	Quantifies performance loss when balancing economic and ecological goals
Business and Finance	KPI and financial ratio assessment	Eliminates subjective bias in performance benchmarking and investment analysis
Hybrid Decision Making	Integration with models like IDOCRIW	Enhances stability and consistency in complex, high-dimensional data bases

Source: Adapted from Zavadskas & Podevezko (2016); Podvezko et al., (2020); Ayan et al., (2023); Ersoy (2022).

As shown in Table 2, the CILOS method has been applied across diverse research fields and decision-making problems. The variety of application areas demonstrates the flexibility of the method and its ability to support objective evaluations under different conditions. Furthermore, the increasing integration of CILOS with other MCDM techniques indicates its growing importance within contemporary decision-analysis literature.

5. CONCLUSION AND DISCUSSION

The study reviewed the theoretical foundations, methodological structure, advantages, limitations, and application areas of the Criterion Impact Loss (CILOS) method within the objective weighting literature. The findings indicate that CILOS has become an increasingly recognized tool in calculating the criteria weights in multi-criterion decision-making problems.
The reviewed studies demonstrate that the method has been applied in various fields, including engineering, sustainability assessment, supplier evaluation, business performance analysis, and integrated MCDM models (Podvezko et al., 2020; Ayan Et al., 2023). The diversity of these applications reflects the adaptability of the method across different decision-making environments.
The review also showed that CILOS provides a distinct weighting perspective compared with traditional objective weighting methods such as Entropy, Standard Deviation, and CRITIC. These characteristics have contributed to its increasing use in studies involving complex decision-making problems.
Furthermore, previous studies have reported successful integration of the CILOS method with other weighting and ranking techniques (Podvezko et al., 2020). At the same time, despite its advantages, the literature highlights the challenges related to data quality requirements, computational effort, and the relatively limited number of empirical applications compared with more established weighting approaches.

Overall, the reviewed literature confirms that CILOS represents a valuable contribution to the objective weighting field. Future research may focus on testing the method in additional sectors, conducting comprehensive empirical studies, and exploring new hybrid frameworks that combine CILOS with emerging MCDM techniques.

REFERENCES

Alinezhad, A., & Khalili, J. (2019). Objective weighting methods in multi-criteria decision-making and their comparative evaluation. *International Journal of Scientific and Technology Research*, *8*(9), 1450–1457.

Ayan, E., Aydoğan, E. K., & Korucuk, S. (2023). Evaluation of objective weighting methods in multi-criteria decision-making problems: A review on the CILOS method and its applications Decision Making: Applications in Management and Engineering, 6(1), 120–138.

Diakoulaki, D., Mavrotas, G., & Papayannakis, L. (1995). Determining objective weights in multiple criteria problems: The CRITIC method. *Computers & Operations Research*, *22*(7), 763–770.

Mardani, A., Jusoh, A., Nor, K. M., Khalifah, Z., Zakwan, N., & Valipour, A. (2015). Multiple criteria decision-making techniques and their applications – A review of the literature from 2000 to 2014. *Economic Research-Ekonomska Istraživanja*, *28*(1), 516–571.

Podvezko, V., & Podviezko, A. (2020). Combination of objective weighting methods in MCDM applications. *Business, Management and Education*, *18*(1), 134–157.

Zavadskas, E. K., & Podvezko, V. (2016). Integrated determination of objective criteria weights in MCDM. *International Journal of Information Technology & Decision Making*, *15*(2), 267–283.

Triantaphyllou, E. (2000). Multi-Criteria Decision Making Methods: A Comparative Study. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.

A PICTURE FUZZY CRITIC–CODAS DECISION FRAMEWORK FOR BENCHMARKING ONLINE COMPLAINT MANAGEMENT QUALITY IN CONSUMER ELECTRONICS SERVICE

Rehana Afrika Rahma Alfatah ALFATAH
İstanbul Sabahattin Zaim University, Faculty of Business and Management Sciences, Department of International Trade and Finance, İstanbul, Türkiye
ORCİD: ID/0009-0005-2736-3527

Doğan ŞENGÜL
İstanbul Sabahattin Zaim University, Faculty of Engineering and Natural Sciences, Department of Software Engineering, İstanbul, Türkiye
ORCİD: ID/0000-0002-2285-3907

Abstract
This paper proposes and empirically applies an integrated Picture Fuzzy CRITIC-CODAS (PF-CRITIC-CODAS) framework for benchmarking Online Complaint Management Quality (OCMQ) in the consumer electronics service sector. The contribution is both methodological and empirical: the framework defines a unified decision pipeline that combines objective criterion weighting through a picture fuzzy CRITIC procedure (integrating criterion standard deviations with picture-fuzzy correlation coefficients) with a picture fuzzy CODAS ranking module that uses Euclidean and Hamming distances from the picture fuzzy negative-ideal solution, and it is applied to a primary dataset of 30 complaint-response threads (15 per firm) coded for two anonymized consumer-electronics firms operating on public complaint platforms. Picture fuzzy sets are particularly suitable for OCMQ because they simultaneously encode positive, negative, neutral and refusal attitudes, which traditional intuitionistic fuzzy sets cannot fully represent when coding templated or ambiguous corporate replies. The OCMQ construct set (response rate, response speed, recovery strategy quality, tone-clarity-resolution guidance, and the promise-evidence gap) is derived from a structured review of OCMQ, service-recovery and TQM benchmarking sources. The analysis produces objective criterion weights and a clear, robust ranking of the two firms, giving TQM practitioners a reproducible and transferable tool for cross-firm and cross-country benchmarking of complaint-management performance under conditions of subjective hesitation.
Keywords: Picture fuzzy sets, CRITIC, CODAS, complaint management, service recovery, benchmarking, promise-evidence gap.

1 INTRODUCTION

Online complaint platforms have become important data sources for service-quality benchmarking. They provide publicly observable evidence of how firms acknowledge, redirect, and resolve customer complaints, which in turn signals their Total Quality Management (TQM) maturity. In Türkiye, TR_COMPLAINTS_CO collects open complaint threads with corporate replies; in Indonesia, INA_COMPLAINTS_CO plays a similar role and is part of an ecosystem in which the National Consumer Protection Agency (BPKN) recorded 1,708 complaints by late 2024, an 84% increase over 2023 [1]. A central methodological challenge in this setting is how to combine the inherently hesitant subjective coding of complaint-response threads with an objective procedure for weighting OCMQ criteria.

This paper addresses both challenges with a Picture Fuzzy CRITIC-CODAS framework. Picture fuzzy sets [2] generalise intuitionistic fuzzy sets by adding a neutral degree, which is well suited to coding judgements such as 'the response is partly informative but neither clearly empathetic nor clearly templated'. The CRITIC method [3] derives criteria weights from the standard deviation and inter-criteria correlation of the data, removing the need for subjective expert weights that are difficult to defend in cross-country TQM studies. The CODAS method [4] ranks alternatives by their distance from a negative-ideal solution and uses both Euclidean and Hamming (taxicab) distances, which makes it less sensitive to single-thread outliers than TOPSIS. The integrated PF-CRITIC-CODAS framework is applied to TR_ELECTRONICS_CO (Türkiye) and INA_ELECTRONICS_CORP using a primary

dataset of 30 complaint threads sampled and coded by the authors. This study is part of a family of three related papers from a single research project on OCMQ benchmarking; companion methodological papers develop an Interval Type-2 Fuzzy TOPSIS benchmarking framework [10] and a Spherical Fuzzy AHP-PFMEA risk prioritisation model [11], both demonstrated on synthetic worked examples.

The contribution of the paper is fourfold. First, it formulates an OCMQ decision framework with five constructs anchored in the underlying benchmarking study, including the promise-evidence gap that contrasts public commitments with platform evidence. Second, it integrates picture fuzzy sets with the data-driven CRITIC weighting to produce objective weights that respect coder hesitation. Third, it adapts the CODAS distance algorithm to the picture fuzzy environment, exploiting the neutral and refusal degrees in distance computations. Fourth, it reports a robust sensitivity analysis that supports the cross-border ranking. The remainder of the paper is organised as follows. Section 2 reviews the literature foundation. Section 3 develops the methodological framework with equations rendered in the Microsoft Word equation editor. Section 4 describes the application to the real complaint dataset. Section 5 reports the results and sensitivity analysis. Section 6 discusses managerial implications. Section 7 covers limitations and future research, and Section 8 concludes.

2 LITERATURE FOUNDATION

2.1 Online complaint management as a TQM signal

Service recovery research consistently shows that online platforms add a public dimension to complaint management, fundamentally altering its dynamics. Herhausen et al. [5] demonstrate that the tone, structure, and timing of company responses on public channels carry reputational effects far beyond the focal complainant. Gao et al. [6] identify three critical recovery stages (acknowledgement, corrective action, and follow-up) and argue that recovery speed is a key determinant of post-recovery satisfaction. Foroudi et al. [7] extend this analysis to crisis contexts, finding that the visibility of recovery efforts on digital channels amplifies their effect on peer attitudes. Odoom et al. [8] provide a recovery-strategy taxonomy (apology, information request, redirection, technical dispatch, compensation, and policy explanation) which the present study adopts as the basis for the recovery strategy quality construct.

2.2 Picture fuzzy sets and CRITIC-CODAS lineage

Picture fuzzy sets, introduced by Cuong [2], generalise intuitionistic fuzzy sets [9] by adding an explicit neutral degree, providing four attitudes (positive, neutral, negative, and refusal) rather than two. This is well suited to coding judgements that involve mixed or hesitant evaluations of templated corporate replies. The CRITIC method, proposed by Diakoulaki et al. [3], derives objective weights from the standard deviation of each criterion's score function and from inter-criteria correlations, capturing both contrast intensity and conflicting character. The CODAS method, introduced by Keshavarz Ghorabaee et al. [4], computes a distance-based assessment using both Euclidean and Hamming distances from a negative-ideal solution, with a relative-assessment threshold that activates the Hamming term only when the Euclidean gap is ambiguous.

2.3 Cross-country benchmarking and the promise-evidence gap

Benchmarking is a systematic process of identifying best practices by comparing performance indicators across comparable units. In the service-quality literature, benchmarking frameworks typically combine quantitative scoring with qualitative coding of observable indicators. Cross-country service-quality benchmarking introduces additional considerations related to power distance, institutional regulation, and consumer-protection maturity, all of which can shape company responsiveness behaviour. The promise-evidence gap captures the discrepancy between a firm's public quality commitments and its observed complaint-handling behaviour, and is particularly informative because it isolates communication strategy from operational capability. The underlying benchmarking study reports TR_ELECTRONICS_CO's strong public commitment, while observing that TR_ELECTRONICS_CO threads on TR_COMPLAINTS_CO are frequently redirected to private channels without visible public closure, an operational pattern that yields a medium promise-evidence gap. INA_ELECTRONICS_CORP's general service-quality claims, by contrast, contrast with a substantially lower response rate and absent resolution evidence, yielding a high promise-evidence gap.

3 METHODOLOGICAL FRAMEWORK

Let $A_{ik} = (\mu_{ik}, \eta_{ik}, \nu_{ik})$ be the picture fuzzy rating of firm i ∈ F on criterion k ∈ K, where μ_{ik} is the membership (positive support), η_{ik} the neutral degree, ν_{ik} the non-membership, and $\pi_{ik} = 1 - \mu_{ik} - \eta_{ik} - \nu_{ik}$ the refusal degree. The picture-fuzzy constraint on the rating is:

$$0 \leq \mu_{ik} + \eta_{ik} + \nu_{ik} \leq 1$$

The picture fuzzy weighted averaging (PFWA) operator is used for aggregating expert ratings into a single decision matrix per firm-criterion pair.

3.1 Picture fuzzy CRITIC weights

Let σ_k denote the standard deviation of the picture fuzzy score function $S(A_{ik}) = \mu_{ik} - \nu_{ik}$ computed across the alternatives, and let ρ_{kl} denote the picture-fuzzy correlation coefficient between criteria k and l. The CRITIC weight is:

$$w_k = \frac{\sigma_k \cdot \Sigma_l (1 - \rho_{kl})}{\Sigma_k \sigma_k \cdot \Sigma_l (1 - \rho_{kl})}$$

The CRITIC procedure produces weights without expert intervention, eliminating subjectivity in the weighting step.

3.2 Picture fuzzy CODAS scoring

Let A_k^- denote the picture fuzzy negative-ideal solution on criterion k. The CODAS module computes two weighted distances, Euclidean (E_i) and Hamming (T_i), of each alternative i from A_k^-:

$$E_i = \Sigma_k w_k \cdot D_E(A_{ik}, A_k^-)$$
$$T_i = \Sigma_k w_k \cdot D_H(A_{ik}, A_k^-)$$

The combined relative-assessment score is:

$$H_i = E_i + \psi(E) \cdot T_i$$

with $\psi(E) = 1$ if $|E_i - E_j| \geq \tau$ and 0 otherwise, where $\tau \in [0.01, 0.05]$ is the relative-assessment threshold. The alternative with the largest H_i is the most preferred. The use of both Euclidean and Hamming distances makes the ranking less sensitive to single-thread anomalies that may appear in small public-platform samples.

3.3 Implementation procedure

The PF-CRITIC-CODAS procedure proceeds in five operational steps that can be implemented in an editable spreadsheet. Step 1 maps linguistic ratings to picture fuzzy triples following the calibrated scale of Section 4.3. Step 2 aggregates the picture fuzzy ratings across coders using the picture fuzzy weighted averaging operator, producing a single decision matrix. Step 3 computes the score function $S(A_{ik})$ and the standard deviation σ_k for each criterion, alongside the picture-fuzzy correlation coefficients ρ_{kl} between criteria. Step 4 applies the CRITIC formula to compute objective weights w_k. Step 5 computes the picture fuzzy negative-ideal solution A_k^-, evaluates the Euclidean and Hamming distances of each alternative from A_k^-, and combines them through the H_i score. The procedure is fully transparent: each step's output can be inspected, and the editable input table separates linguistic codes from formula computations.

3.4 Distinctive features versus alternative MCDM methods

Three distinctive features distinguish the PF-CRITIC-CODAS framework from alternative MCDM approaches. First, compared to fuzzy TOPSIS approaches, the CODAS dual-distance metric (Euclidean plus Hamming) is less sensitive to outlier threads, which is a practical advantage for small public-platform samples. Second, compared to subjective AHP-style weighting schemes, the CRITIC weights are derived directly from the data and require no expert judgement on criterion importance, which is critical for cross-country studies where expert preferences may themselves carry institutional bias. Third, compared to intuitionistic fuzzy or Pythagorean fuzzy frameworks, the picture-fuzzy formulation captures the explicit neutral degree η that arises naturally when coders read templated corporate replies that are neither clearly empathetic nor clearly hostile.

4 EMPIRICAL APPLICATION

4.1 Case selection and data

The PF-CRITIC-CODAS framework is applied to TR_ELECTRONICS_CO on TR_COMPLAINTS_CO and INA_ELECTRONICS_CORP on INA_COMPLAINTS_CO. Both firms operate in consumer electronics, both serve large emerging markets (Türkiye, 84+ million; Indonesia, 270+ million), and both have visible presences on major public complaint platforms. TR_ELECTRONICS_CO publicly reports a dealer satisfaction score of 84.5 and operates 600+ authorised service outlets in Türkiye; the company's one of the main projects standardises customer-care procedures across 50+ countries. INA_ELECTRONICS_CORP presents a more limited public commitment to transparency.

The empirical input is a primary dataset of 30 complaint-response threads (15 per firm) that the authors purposively sampled from January 2022 to December 2024, prioritising threads with clear timestamps and complete records. Two of the authors independently rated each thread on a five-point linguistic scale and assigned the dominant recovery strategy from the Odoom et al. taxonomy; disagreements were resolved in joint review, and the achieved inter-rater agreement was $\kappa = 0.79$ on response presence, 0.81 on response speed, 0.74 on recovery strategy type, and 0.77 on the tone composite, all at or above the conventional 0.75 threshold for substantial agreement. TR_ELECTRONICS_CO dominantly uses private-channel redirection combined with apology and technical-service dispatch, with response timing concentrated in the 2-7-day band. INA_ELECTRONICS_CORP uses private-channel redirection and generic apology when responding, with response timing concentrated in the 8-30-day or longer band; a substantial fraction of threads receive no public response. The Promise-Evidence Gap Map, constructed by the authors, directly informs the picture-fuzzy refusal degree on the promise-evidence construct, with INA_ELECTRONICS_CORP rated High and TR_ELECTRONICS_CO rated Medium.

4.2 Inter-rater reliability and data quality

Inter-rater reliability is a critical concern in qualitative content analysis of complaint threads. Following the protocol of the underlying benchmarking study, two coders independently rated 20% of the threads to establish baseline Cohen's κ; the κ values were 0.79 on response presence, 0.81 on response speed category, 0.74 on recovery strategy type (the lowest value, reflecting the boundary cases between apology and information request), and 0.77 on the 0-3 tone composite. All κ values exceed or are very close to the conventional 0.75 threshold for substantial agreement. Disagreements were resolved through discussion before final coding. The picture fuzzy refusal degree π was set to a baseline of 0.05 across linguistic terms, reflecting the residual coding uncertainty that remains after κ-based agreement; future calibration could vary π by linguistic term to reflect term-specific disagreement levels.

4.3 Picture fuzzy linguistic scale

Table 1. Picture fuzzy linguistic scale for OCMQ ratings

Linguistic term	(μ, η, ν)	π refusal
Very Poor	(0.10, 0.10, 0.75)	0.05
Poor	(0.25, 0.15, 0.55)	0.05
Medium	(0.45, 0.20, 0.30)	0.05
Good	(0.65, 0.15, 0.15)	0.05
Very Good	(0.85, 0.05, 0.05)	0.05

4.4 Real benchmarking inputs

Table 2 reports the real descriptive evidence that anchors the picture fuzzy ratings. The promise-evidence gap is extracted directly from the Promise and Evidence Gap Map of the underlying benchmarking study, which contrasts public commitments with observed behaviour.

Table 2. Real benchmarking inputs (Promise versus Evidence)

Construct	TR_ELECTRONICS_CO (promise → evidence)	INA_ELECTRONICS_CORP (promise → evidence)
Response rate	Maximising customer-service experience → ≈80%	General service quality claims → ≈47%
Response speed	Prompt resolution → 2-7 days typical	Prompt resolution → 7-30+ days observed
Recovery strategy quality	Authorised service network → templated dispatch	General customer service → mostly generic apology
Tone-clarity-resolution	Customer-centric → mean 1.9 (Med-Good)	Customer-centric → mean 1.2 (Poor-Med)
Promise-evidence gap	Medium (transparency)	High (response and resolution)

5 RESULTS AND SENSITIVITY

Table 3 reports the picture fuzzy CRITIC weights and the CODAS assessment scores. Response rate (w = 0.236) and the promise-evidence gap (w = 0.206) emerge as the two most discriminating criteria. TR_ELECTRONICS_CO dominates INA_ELECTRONICS_CORP on every criterion, with the largest gap on response rate and on the promise-evidence dimension.

Table 3. PF-CRITIC weights and PF-CODAS assessment of OCMQ

Criterion	PF-CRITIC weight w_k	TR_ELECTRONICS_CO score S(A)	INA_ELECTRONICS_CORP score S(A)
Response rate	0.236	+0.50 (Good)	−0.30 (Poor)
Response speed	0.182	+0.30 (Med-Good)	−0.40 (Poor)
Recovery strategy quality	0.179	+0.20 (Medium)	−0.30 (Poor)
Tone-clarity-resolution	0.197	+0.30 (Med-Good)	−0.30 (Poor)
Promise-evidence gap	0.206	+0.20 (Med gap)	−0.50 (High gap)
CODAS H_i	-	+1.86 (Rank 1)	−1.86 (Rank 2)

Two sensitivity tests were conducted. The τ threshold of the CODAS relative-assessment gate was varied between 0.01 and 0.05; the TR_ELECTRONICS_CO - INA_ELECTRONICS_CORP ordering was preserved across all values. Each criterion weight was perturbed by ±20% with the remaining weights renormalised; the ranking was preserved across all ten one-at-a-time perturbations. The largest swing in the H_i magnitude occurred when the promise-evidence gap weight increased by 20%, which slightly amplified the cross-border gap rather than changing its direction.

6 DISCUSSION AND PRACTICAL IMPLICATIONS

The PF-CRITIC-CODAS framework yields three benefits for OCMQ benchmarking. First, the picture fuzzy representation accommodates neutral and refusal coding states that arise naturally when coders read templated or ambiguous corporate replies, reducing the forced binary judgements that intuitionistic fuzzy sets impose. Second, the CRITIC weighting is fully data-driven, which removes subjective expert weighting that is difficult to defend in cross-country TQM studies. Third, the CODAS distance metric uses both Euclidean and Hamming components, making the ranking more stable when one or two threads behave as outliers, a practical concern in small samples drawn from public complaint platforms. Substantively, the largest CRITIC weight is associated with response rate, which captures the most basic prerequisite for any public recovery process. The promise-evidence gap (the second-largest weight) captures the alignment between corporate quality commitments and observed complaint-

handling behaviour. INA_ELECTRONICS_CORP's CODAS score is driven primarily by the absence of response, which the literature consistently identifies as more damaging to satisfaction and loyalty than even a delayed or imperfect response [6, 7]. From a TQM viewpoint, the framework supports two interventions: a public closure protocol after private resolution for TR_ELECTRONICS_CO, and a minimum response-rate target with integrated complaint dashboards for INA_ELECTRONICS_CORP. A further substantive observation concerns transferability. Several practices from the TR_ELECTRONICS_CO case appear transferable across country contexts: structured response templates, authorised service dispatch protocols, and the public acknowledgement of grievances within a defined time window are organisationally scalable practices that do not depend on the Turkish regulatory context. By contrast, the density of TR_ELECTRONICS_CO's authorised service network of 600+ outlets reflects scale and market investment that may not be immediately replicable for INA_ELECTRONICS_CORP. Consumer protection regulatory maturity also differs: Türkiye's Capital Markets Board and established consumer law create institutional pressure for response that is less developed in Indonesia's complaint ecosystem, although the BPKN-recorded surge in complaints suggests that the gap is narrowing. The PF-CRITIC-CODAS framework can therefore be used not only as a one-shot benchmarking tool but also as a longitudinal monitoring instrument that tracks the closing of the cross-border gap as institutional and operational reforms take effect.

6.1 Managerial implications

Table 4. Managerial implications of the PF-CRITIC-CODAS results

Stakeholder	Action	Expected impact
TR_ELECTRONICS_CO	Public closure protocol after private redirection	Reduces medium promise-evidence gap to low
INA_ELECTRONICS_CORP	Minimum response-rate target ≥ 80% within 5 days	Lifts H_i from −1.86 toward neutral 0
INA_ELECTRONICS_CORP	Centralised digital complaint-monitoring team	Reduces response-time category from 8-30+ to 2-7 days
Both	Standardised complaint taxonomy (Odoom et al.)	Enables systemic root-cause analysis and COPQ reduction

7 LIMITATIONS AND FUTURE RESEARCH

Limitations include the modest sample of 30 threads, the focus on two firms in two countries, and the use of fixed picture-fuzzy scale parameters that have not yet been calibrated against external satisfaction data. The CODAS τ-threshold is fixed in [0.01, 0.05] in this paper; broader threshold ranges and adaptive τ schemes deserve further investigation. The picture fuzzy correlation coefficient ρ_{kl} assumes symmetric dependence; asymmetric dependence operators may further refine the CRITIC weights.

Future research should expand the sample to 100+ threads per firm using automated text classification, integrate longitudinal tracking of H_i to detect drift in OCMQ over time, and validate the framework against customer-side outcomes such as churn or trust loss. Multi-coder reliability studies with $\kappa \geq 0.80$ would strengthen the picture-fuzzy mapping, and cross-sector replications (banking, telecommunications, airlines) would test the framework's external validity. Combining the PF-CRITIC-CODAS framework with text-mining pipelines is a particularly promising direction, since it would allow OCMQ benchmarking at near-real-time and reduce the coder bottleneck that constrains current public-data research.

8 CONCLUSION

This paper proposed a Picture Fuzzy CRITIC-CODAS framework for benchmarking online complaint management quality. Applied to TR_ELECTRONICS_CO on TR_COMPLAINTS_CO and INA_ELECTRONICS_CORP on INA_COMPLAINTS_CO using the real 30-thread dataset, the framework produced a clear and robust ranking (H = +1.86 versus −1.86) and identified response rate

and the promise-evidence gap as the two most influential drivers of OCMQ performance. The novelty lies in combining picture fuzzy sets with an objective CRITIC weighting and a hybrid-distance CODAS ranking, which together provide a transparent and replicable benchmarking tool for cross-country TQM studies.

DECLARATIONS

This study used publicly observable complaint-response threads and did not collect personal, biometric, clinical or directly identifiable human-subject data. No personal, biometric or operationally sensitive data were recorded. The company names have been anonymised to protect proprietary and confidential information.

Funding. This research received no external funding.

Conflict of interest. The authors declare no competing interests.

Data availability. Available upon reasonable request.

Related work. This paper and two companion methodological studies, an Interval Type-2 Fuzzy TOPSIS benchmarking framework for online complaint management quality [10] and a Spherical Fuzzy AHP-PFMEA risk prioritisation model for online service recovery failures [11], arise from a single family of research projects; the three papers apply different MCDM methods, are reported separately and share no empirical data, and the 30-thread dataset coded for this study is used only in this paper. The authors disclose this relationship for transparency.

REFERENCES

[1] BPKN (Badan Perlindungan Konsumen Nasional / National Consumer Protection Agency of Indonesia): Kinerja 2024: Consumer Complaint Statistics (2023-2024). Jakarta (2024). https://bpkn.go.id/beritaterkini/detail/paparkan-kinerja-2024-bpkn-keluarkan-13-rekomendasi-perlindungan-konsumen

[2] Cuong, B.C.: Picture fuzzy sets. Journal of Computer Science and Cybernetics 30(4), 409-420 (2014). https://doi.org/10.15625/1813-9663/30/4/5032

[3] Diakoulaki, D., Mavrotas, G., Papayannakis, L.: Determining objective weights in multiple criteria problems: The CRITIC method. Computers & Operations Research 22(7), 763-770 (1995). https://doi.org/10.1016/0305-0548(94)00059-H

[4] Keshavarz Ghorabaee, M., Zavadskas, E.K., Turskis, Z., Antuchevičienė, J.: A new combinative distance-based assessment (CODAS) method for multi-criteria decision-making. Economic Computation and Economic Cybernetics Studies and Research 50(3), 25-44 (2016).

[5] Herhausen, D., Grewal, L., Cummings, K.H., Roggeveen, A.L., Villarroel Ordenes, F., Grewal, D.: Complaint De-Escalation Strategies on Social Media. Journal of Marketing 87(2), 210-231 (2023). https://doi.org/10.1177/00222429221119977

[6] Gao, J., Yao, L., Xiao, X., Li, P.: Recover from failure. Frontiers in Psychology 13, 852306 (2022). https://doi.org/10.3389/fpsyg.2022.852306

[7] Foroudi, P., Tabaghdehi, S.A.H., Cillo, V., Cuomo, M.T.: E-service failure and recovery strategy in times of crisis. Review of Managerial Science 19(2), 537-571 (2025). https://doi.org/10.1007/s11846-024-00762-0

[8] Odoom, R., Agbemabiese, G.C., Hinson, R.E.: Service recovery satisfaction in offline and online experiences. Marketing Intelligence and Planning 38(1), 1-14 (2019). https://doi.org/10.1108/MIP-09-2018-0422

[9] Atanassov, K.T.: Intuitionistic fuzzy sets. Fuzzy Sets and Systems 20(1), 87-96 (1986). https://doi.org/10.1016/S0165-0114(86)80034-3

[10] Firdausa, S.I.S., Şengül, D.: An Interval Type-2 Fuzzy TOPSIS Benchmarking Framework for Online Complaint Management Quality across Cross-Border Service Platforms (under review).

[11] Baneeishaak, H., Şengül, D.: A Spherical Fuzzy AHP-PFMEA Risk Prioritisation Model for Online Service Recovery Failures on Public Complaint Platforms (under review).

ŞEHİRLERİN OTONOM ARAÇLAR İÇİN UYGUNLUĞU (ANKARA ÖRNEĞİ)

THE SUITABILITY OF CITIES FOR AUTONOMOUS VEHICLES: THE CASE OF ANKARA

Yahya SOLAK
Yüksek Lisans Öğrencisi, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trafik Planlaması ve Uygulaması Ana Bilim Dalı, Ankara, Türkiye
ORCID ID: 0009-0002-6153-0788

Murat ÖNDER
Dr. Öğr. Üyesi, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trafik Planlaması ve Uygulaması Ana Bilim Dalı, Ankara, Türkiye
ORCID ID: 0000-0003-2268-4282

ÖZET

Bu çalışmada, şehirlerin otonom araç teknolojilerine uygunluğunun çok kriterli karar verme yöntemleri ile değerlendirilmesi amaçlanmıştır. Otonom araçlar, ulaşım güvenliğinin artırılması, trafik yoğunluğunun azaltılması, enerji verimliliğinin sağlanması ve sürdürülebilir ulaşım sistemlerinin geliştirilmesi açısından geleceğin önemli ulaşım teknolojileri arasında yer almaktadır. Ancak bu sistemlerin kent yaşamına başarılı şekilde entegre edilebilmesi, yalnızca araç teknolojilerinin gelişmişliğine değil, aynı zamanda şehirlerin fiziksel altyapısı, trafik düzeni, güvenlik koşulları ve genel kentsel yapısının uygunluğuna bağlıdır. Bu nedenle kentlerin mevcut durumlarının bilimsel, sistematik ve ölçülebilir yöntemlerle değerlendirilmesi büyük önem taşımaktadır. Araştırma kapsamında Ankara ili örneğinde farklı kentsel özellikler gösteren bölgeler ele alınmış ve çeşitli kriterler doğrultusunda karşılaştırmalı analiz gerçekleştirilmiştir. Analiz sürecinde çok kriterli karar verme yöntemlerinden yararlanılarak çalışma alanlarının otonom araçlara uygunluk düzeyleri belirlenmiştir. Elde edilen bulgular, bölgeler arasında önemli farklılıklar bulunduğunu ve planlı ulaşım altyapısına sahip alanların daha yüksek performans gösterdiğini ortaya koymaktadır. Buna karşılık düzensiz trafik yapısı, yetersiz yaya altyapısı ve karmaşık kentsel dokunun uygunluk düzeyini olumsuz etkilediği görülmüştür. Bu tür hesaplama ve değerlendirme yöntemleri, şehirlerin gelecekte otonom araç sistemlerine ne ölçüde hazır olduğunun belirlenmesi, eksik altyapı unsurlarının tespit edilmesi ve yatırım önceliklerinin doğru şekilde yönlendirilmesi açısından önemli bir karar destek mekanizması sunmaktadır. Sonuç olarak, bu tez çalışması kapsamında geliştirilen değerlendirme yaklaşımının, şehirlerin otonom araç teknolojilerine hazırlık düzeylerinin ölçülmesi, eksik yönlerinin belirlenmesi ve geleceğe yönelik planlama kararlarının desteklenmesi açısından önemli bir yöntemsel çerçeve sunduğu değerlendirilmektedir.

Anahtar Kelimeler: Otonom Araçlar, Otonom Sürüş, Akıllı Şehirler, Yönlendiriciler, Trafik İşaretleri

ABSTRACT

This study aims to evaluate the suitability of cities for autonomous vehicle technologies through multi-criteria decision-making methods. Autonomous vehicles are considered among the important transportation technologies of the future in terms of improving traffic safety, reducing traffic congestion, increasing energy efficiency, and supporting sustainable transportation systems. However, the successful integration of these systems into urban life depends not only on the advancement of vehicle technologies but also on the suitability of cities in terms of physical infrastructure, traffic order, safety conditions, and overall urban structure. For this reason, it is of great importance to evaluate the current conditions of cities through scientific, systematic, and measurable methods. Within the scope of the research, different urban areas in Ankara were examined and a comparative analysis was conducted based on various criteria. During the analysis process, multi-criteria decision-making methods were utilized to determine the suitability levels of the study areas for autonomous vehicles. The findings reveal that significant differences exist among the districts and that areas with planned transportation infrastructure demonstrate higher performance. In contrast, irregular traffic patterns, inadequate pedestrian infrastructure, and complex urban structures were found to negatively affect suitability levels. Such calculation and evaluation methods provide an important decision-support mechanism for determining how prepared cities are for future autonomous vehicle systems, identifying missing infrastructure components, and directing investment priorities effectively.

As a result, it is concluded that the evaluation approach developed within the scope of this thesis provides an important methodological framework for measuring the readiness levels of cities for autonomous vehicle technologies, identifying deficiencies, and supporting future planning decisions.
Keywords: Autonomous Vehicles, Autonomous Driving, Smart Cities, Road Signage, Traffic Signs

A NUMERICAL STUDY ON THE AERODYNAMIC CHARACTERISTICS OF LEADING-EDGE STRAKES ON A FIGHTER AIRCRAFT

BİR SAVAŞ UÇAĞI ÜZERİNDEKİ HÜCUM KENARI UZANTILARININ AERODİNAMİK ÖZELLİKLERİ ÜZERİNE SAYISAL BİR ÇALIŞMA

İbrahim Hakkı KOÇ
Ankara Yıldırım Beyazıt University, Aerospace Engineering, Ankara, Türkiye
ORCİD: 0009-0008-7469-0469

Sinan Emre ÖZEN
Ankara Yıldırım Beyazıt University, Aerospace Engineering, Ankara, Türkiye
ORCİD: 0009-0003-7511-3480

Oğuzhan GÜLER
Ankara Yıldırım Beyazıt University, Aerospace Engineering, Ankara, Türkiye
ORCİD: 0009-0003-5461-2950

Dr. Burhan ŞAHİN
Turkish Aerospace Industries (TAI), Mechanical Engineering, Ankara, Türkiye
ORCİD: 0000-0002-8777-7925

Abstract
This study presents a steady-state computational fluid dynamics (CFD) investigation of the aerodynamic effects of two different Leading-Edge Root Extension (LERX) planform geometries on a generic fighter aircraft configuration based on the Standard Dynamics Model (SDM). Three configurations—a baseline (LERX0) and two modified designs (LERX1 and LERX2)—were evaluated at a freestream Mach number of 0.3 across a wide range of angles of attack (α=5°-40°). The Reynolds-Averaged Navier-Stokes (RANS) equations were solved using the SST k-w turbulence model. Results indicate that while the baseline configuration exhibits marginally superior aerodynamic efficiency at low angles of attack, both LERX modifications provide significant lift enhancement beyond α=10°. Notably, the LERX2 planform demonstrated the most favorable high-alpha performance, sustaining lift augmentation up to α=37° while maintaining a near-neutral stability.
Keywords: Computational Fluid Dynamics (CFD), High Angle of Attack (AOA), Leading-Edge Root Extension (LERX), Leading-Edge Vortex (LEV), RANS

Özet
Bu çalışma, Standart Dinamik Model (SDM) tabanlı genel bir savaş uçağı konfigürasyonu üzerinde iki farklı Hücum Kenarı Kök Uzantısı (LERX) planform geometrisinin aerodinamik etkilerinin kararlı durum hesaplamalı akışkanlar dinamiği (HAD) incelemesini sunmaktadır. Üç konfigürasyon (temel model LERX0 ve iki modifiye edilmiş tasarım LERX1 ve LERX2), 0.3 serbest akış Mach sayısında geniş bir hücum açısı aralığında (α=5°-40°) değerlendirilmiştir. Reynolds Ortalamalı Navier-Stokes (RANS) denklemleri SST k-w türbülans modeli kullanılarak çözülmüştür. Sonuçlar, temel konfigürasyonun düşük hücum açılarında marjinal olarak daha üstün aerodinamik verimlilik sergilemesine rağmen, her iki LERX modifikasyonunun da α=10°'nin ötesinde önemli taşıma artışı sağladığını göstermektedir. Özellikle LERX2 planformu, α=37°'ye kadar taşıma artışını sürdürürken neredeyse nötr bir stabiliteyi koruyarak en uygun yüksek hücum açısı performansını sergilemiştir.
Anahtar kelimeler: Hesaplamalı Akışkanlar Dinamiği (HAD), Yüksek Hücum Açısı (AOA), Hücum Kenarı Kök Uzantısı (LERX), Hücum Kenarı Vorteksi (LEV), RANS

DESIGN OF AN IMPROVED WIRE CUTTING SYSTEM FOR HELICOPTERS

Ph.D. Burhan Şahin
Turkish Aerospace Industries Inc. Ankara, Turkiye
ORCID: ID/0000-0002-6181-3115

Nisa Nur KORKMAZ
Ankara Yildirim Beyazit University, Faculty of Aeronautics and Astronautics, Ankara, Turkiye,
ORCID: ID/0009-0005-8437-0758

Zehra ARIKAN
Ankara Yildirim Beyazit University, Faculty of Aeronautics and Astronautics, Ankara, Turkiye,
ORCID: ID/0009-0006-2762-7710

Seher CILIZ
Ankara Yildirim Beyazit University, Faculty of Aeronautics and Astronautics, Ankara, Turkiye,
ORCID: ID/0009-0006-5185-5342

ABSTRACT
Traditional passive Wire Strike Protection Systems (WSPS) are important protection systems used to mitigate the effects of wire-strike incidents in helicopters. However, the cutting performance of these systems depends significantly on the helicopter's forward flight speed, cable tension, cable approach angle, and contact conditions at the moment of impact. Especially at low helicopter speeds, insufficient cable tension, and unfavorable cable approach angles and passive cutters may fail to provide the necessary force and contact conditions to cut the cable. This study presents a contact-triggered mechanical auxiliary cutting mechanism to reduce these limitations. The proposed system is designed to be integrated into existing V-cutter geometry. Instead of completely replacing the existing wire cutter structure, the aim of this approach is to develop an additional mechanism that converts the force generated during cable contact into a mechanical cutting motion. In the developed concept, the cable is drawn into the V-shaped guiding zone and interacts with the movable contact plate. The resulting movement is transmitted to the rotating cutting blade via connecting elements, thus transforming the cutting process into a more controlled mechanical movement. This study examines literature data and patent analyses, and evaluates the advantages and limitations of existing passive, active, and pyrotechnic cutting solutions. Based on these evaluations, a conceptual design was developed and modeled in a CAD environment. The geometric layout and kinematic working principle of the mechanism were investigated at the preliminary design level. The proposed hybrid configuration aims to improve the performance limitations of passive systems without introducing the weight, cost, and complexity disadvantages associated with active or pyrotechnic systems. Overall, the proposed concept presents a preliminary mechanical design framework for a contact-triggered auxiliary cutting mechanism and establishes a basis for future numerical and experimental validation studies.
Keywords: Helicopter safety, Wire Strike Protection System, wire cutter, contact-triggered mechanism, mechanical cutting mechanism, cable approach angle, conceptual design.

ÖZET
Geleneksel pasif Wire Strike Protection System (WSPS) sistemleri, helikopterlerde tel/kablo çarpması olaylarının etkilerini azaltmak amacıyla kullanılan önemli koruma sistemleridir. Ancak bu sistemlerin kesme performansı; helikopterin ileri uçuş hızına, kablo gerilimine, kablo yaklaşma açısına ve çarpma anındaki temas koşullarına önemli ölçüde bağlıdır. Özellikle düşük helikopter hızlarında, yetersiz kablo gerilimi durumlarında ve elverişsiz kablo yaklaşma açılarında, pasif kesiciler kabloyu kesmek için gerekli kuvveti ve temas koşullarını sağlayamayabilir. Bu çalışma, söz konusu sınırlamaları azaltmak amacıyla temasla tetiklenen mekanik bir yardımcı kesme mekanizması sunmaktadır. Önerilen sistem, mevcut V-kesici geometrisine entegre edilecek şekilde tasarlanmıştır. Bu yaklaşımın amacı, mevcut tel/kablo kesici yapısını tamamen değiştirmek yerine, kablo teması sırasında oluşan kuvveti mekanik bir kesme hareketine dönüştüren ek bir mekanizma geliştirmektir.

Geliştirilen konseptte, kablo V-şekilli yönlendirme bölgesine çekilmekte ve hareketli temas plakası ile etkileşime girmektedir. Ortaya çıkan hareket, bağlantı elemanları aracılığıyla dönen kesici bıçağa iletilmekte ve böylece kesme süreci daha kontrollü bir mekanik harekete dönüştürülmektedir. Bu çalışma, literatür verilerini ve patent analizlerini incelemekte; mevcut pasif, aktif ve piroteknik kesme çözümlerinin avantajlarını ve sınırlamalarını değerlendirmektedir. Bu değerlendirmelere dayanarak, kavramsal bir tasarım geliştirilmiş ve CAD ortamında modellenmiştir. Mekanizmanın geometrik yerleşimi ve kinematik çalışma prensibi, ön tasarım düzeyinde incelenmiştir. Önerilen hibrit yapı, aktif veya piroteknik sistemlerin ağırlık, maliyet ve karmaşıklık dezavantajlarını beraberinde getirmeden, pasif sistemlerin performans sınırlamalarını iyileştirmeyi amaçlamaktadır. Genel olarak önerilen konsept, temasla tetiklenen yardımcı kesme mekanizması için bir ön mekanik tasarım çerçevesi sunmakta ve gelecekteki sayısal ve deneysel doğrulama çalışmaları için temel oluşturmaktadır.
Anahtar Kelimeler: Helikopter emniyeti, Wire Strike Protection System, tel/kablo kesici, temasla tetiklenen mekanizma, mekanik kesme mekanizması, kablo yaklaşma açısı, kavramsal tasarım.

INTRODUCTION

Helicopters are rotary-wing aircraft widely used in military, civil, medical, agricultural, search-and-rescue, law enforcement, border security, power-line inspection, firefighting, and external-load operations. Their ability to take off and land vertically, hover, operate in confined areas, and perform missions at low forward speeds provides significant operational flexibility compared with fixed-wing aircraft. However, these advantages also expose helicopters to risks associated with low-altitude flights. Many helicopter missions require operation close to the ground, near terrain, trees, towers, poles, buildings, and suspended wires. Among these obstacles, wires and cables are particularly hazardous because they are thin, difficult to detect visually, and often located directly within the aircraft's flight path.

A wire strike occurs when a helicopter collides with power lines, guy wires, communication cables, static wires, or other suspended cables. Such events may result in windshield penetration, fuselage damage, rotor or landing gear interaction, loss of controllability, or fatal accidents. Previous studies and aviation safety reports have consistently identified wire strikes as a persistent rotorcraft safety problem. Chandrasekaran et al. reported that wire strikes were responsible for 214 helicopter accidents and 124 fatalities between 1994 and 2018 [1]. Similarly, an FAA technical note based on National Transportation Safety Board accident data identified 227 rotorcraft wire-strike records from 1966 onward [4]. Earlier FAA-supported studies also stated that wire-strike accidents accounted for approximately 5% of civil helicopter accidents over several decades [5]. These findings indicate that wire strikes are not exceptional events, but recurring risks in helicopter operations.

The risk is particularly significant for helicopters performing low-altitude missions. Agricultural spraying, emergency medical services, utility inspection, general aviation, military terrain flight, and external-load operations often require the aircraft to fly close to ground obstacles. Under these conditions, the time available for visual detection and avoidance is limited. Accident data also show that many wire-strike events involve relatively small or lightweight helicopter models such as the Bell 206, Bell 47, Robinson R22, and Robinson R44 [1,4,5]. This is an important point because lightweight helicopters may not always be equipped with advanced warning or protection systems, and the integration of additional safety equipment is often constrained by weight, cost, and installation limitations. Therefore, improving wire-strike protection for lightweight and low-altitude helicopter operations remains an important engineering problem.

The inconspicuous nature of wires is one of the main reasons why wire-strike incidents continue to occur. Wires have small diameters and low visual contrast, and they can easily blend into terrain, vegetation, buildings, water surfaces, or the sky. Factors such as sun glare, low sun angle, darkness, haze, cockpit visibility limitations, and pilot workload can further reduce the probability of detection. Importantly, wire strikes do not occur only in poor weather or low-visibility conditions. Several studies indicate that many fatal wire-strike accidents occur during daylight and visual meteorological conditions [1,5,6]. This shows that the problem is not only related to weather or visibility, but also to human factors, mission urgency, obstacle awareness, aircraft maneuverability, and the physical difficulty of detecting thin wires from the cockpit.

To reduce the probability of wire strikes, several prevention and warning technologies have been developed. These include power-line detection systems, radar- and laser-based obstacle warning systems, helicopter terrain awareness and warning systems, aerial wire markers, obstacle collision avoidance systems, electronic flight bags, and database-supported warning concepts [1–3,6]. More recent studies have also investigated the use of satellite imagery, aerial imagery, street-view imagery, and deep learning methods to generate wire or pole databases that can be displayed on electronic flight bags or cockpit systems [2,3]. These technologies are valuable because they can improve pilot awareness before or during flight and may help reduce the likelihood of entering a hazardous wire environment.

However, detection and prevention systems still have important limitations. Database-based systems require accurate, complete, and continuously updated information about wire locations. This is difficult because many low-voltage distribution lines, guy wires, temporary cables, and off-road wires may not be included in public or aviation databases. Image-based wire or pole detection can support database generation, but accuracy may decrease in forested regions, complex terrain, low-resolution imagery, or areas where wires are too small to be directly identified [2,3]. Sensor-based systems such as radar, laser, or lidar can provide real-time obstacle information, but they may introduce additional weight, cost, installation complexity, and maintenance requirements. In addition, detecting a wire does not guarantee successful avoidance, because the pilot must receive, interpret, and react to the warning in a very short time. Therefore, despite advances in detection and warning systems, wire strikes remain a persistent threat, especially for lightweight helicopters and low-altitude mission profiles.

When a wire-strike incident is unavoidable, protection systems are used to mitigate the consequences of the impact. The most common passive protection technology is the Wire Strike Protection System (WSPS). Traditional WSPS designs typically consist of deflectors and cutters mounted on the helicopter's forward fuselage. A typical system includes an upper cutter, a lower cutter, and a windscreen or center mast deflector. The basic operating principle is to divert the wire away from critical areas and guide it to a cutting edge. During forward flight, the helicopter makes contact with the wire, the wire is guided along the deflector, and the relative movement between the helicopter and the wire creates the necessary tension and contact force for cutting. In this way, a passive WSPS can reduce the risk of windshield penetration, rotor contact, or the wire becoming entangled with the landing gear [1,5,9].

The effectiveness of WSPS has been demonstrated through experimental and operational studies. Full-scale and pendulum-swing tests conducted at NASA Langley's Impact Dynamics Research Facility played an important role in the verification of wire-strike protection concepts [8,9]. In the UH-1H verification study conducted by Burrows, a helicopter equipped with a WSPS was subjected to pendulum-swing wire impact tests. The modified system demonstrated the capability to sever a seven-strand, 3/8-inch steel guy wire with an 11,500-pound tensile strength at approximately 40 knots [9]. FAA-supported studies also reported that the installation of WSPS on military helicopters was associated with reductions in the consequences of wire-strike events [5]. These results show that passive wire cutters can provide meaningful protection under appropriate impact conditions.

Nevertheless, conventional passive wire cutters have clear functional limitations. Since these systems do not actively generate the cutting force, their performance depends on the helicopter's forward speed, the wire tension developed during impact, the cable approach angle, the helicopter attitude, the wire diameter, the wire tensile strength, and the ability of the deflector geometry to guide the wire into the cutting region. If the Helicopter speed is too low, the wire may not develop sufficient tension to be severed. If the cable approaches from an unfavorable direction, it may slide away from the cutter, contact another aircraft component, or fail to enter the intended cutting path. If the cable is thicker or stronger than the design case, the available passive cutting force may not be sufficient. Therefore, the success of a passive WSPS is not determined only by blade sharpness or material strength; it also depends on whether the wire can be reliably guided into effective cutting contact.

These limitations are explicitly reported in the literature. Nagaraj and Chopra stated that WSPS is most effective when the helicopter impacts wires nearly perpendicular to the wire, in level attitude, and at flight speeds greater than 30 knots [5]. The same report states that if a helicopter equipped with WSPS impacts a wire at an angle less than 60° to the wire, the system may not cut the wire, and that the maximum pitch angle for effective operation is approximately ±5° [5].

Zavila also emphasized that the functional limits of helicopter wire cutters depend on wire type, wire strength, flight speed, and other operational conditions [7]. Burrows identified a similar issue during UH-1H verification tests: at an impact condition 30 degrees from the normal to the flight path, the wire was snagged by the windshield wiper shaft and prevented from reaching the upper cutter [9]. This finding is particularly important because it shows that even when a cutter is mechanically capable of severing a wire, the system may fail if the wire is not properly guided into the cutter.

Several alternative design approaches have been proposed to improve wire-cutting reliability. Patent-based solutions have attempted to enhance cable guidance, increase cutting effectiveness, or introduce active cutting motion through guided recesses, rotating cutters, inclined cutting surfaces, multiple cutting stages, movable cutter assemblies, or active wire-cutter mechanisms [10–14]. These approaches show that cable guidance and wire-cutter interaction are central to cutting performance. However, many guided or geometry-dependent designs still require the wire to enter the cutting region within a favorable angular range. If the cable approaches outside this range, cutting reliability may decrease. Therefore, cable approach angle remains one of the most important limitations in both existing passive systems and many proposed cutter configurations.

Active and pyrotechnic cutting systems provide another possible solution. For example, Parate investigated a cartridge-based cable cutter for helicopter applications, where an electrically initiated propellant-actuated device rapidly drives a cutting element and experimentally measured projectile velocities between 70 and 150 m/s [15]. Such systems can provide high cutting energy and rapid actuation. However, active or cartridge-based systems may also introduce additional complexity, safety and qualification requirements, maintenance needs, weight penalties, and single-use limitations [15]. For helicopter integration, especially on lightweight platforms, these disadvantages are important design constraints. A practical wire cutter should therefore not only cut effectively, but also remain simple, lightweight, reliable, and suitable for aircraft installation.

Taken together, the literature indicates that wire strikes remain a serious and unresolved safety problem in helicopter operations. Detection and warning systems improve pilot awareness but cannot completely eliminate the risk of collision. Conventional passive WSPS designs are valuable and experimentally validated, but their performance depends strongly on impact geometry, wire tension, forward speed, helicopter attitude, and cable properties. Active systems can increase cutting energy, but they may introduce complexity and integration disadvantages. Therefore, there is still a need for a mechanically simple wire-cutting mechanism that can generate an additional cutting action during wire contact while reducing sensitivity to cable approach angle.

In this study, a new contact-triggered mechanical auxiliary cutting mechanism is proposed for helicopter wire-strike protection. The proposed mechanism is designed to be integrated into an existing wire cutter configuration and to improve the cutting response without relying solely on the passive guidance of the cable toward fixed cutting surfaces. In this context, the developed system combines passive cable capture and guidance with a mechanism that converts the force generated by cable contact into a mechanical cutting motion through a movable contact plate, linkage arms, and a rotating cutting blade. In the proposed concept, the incoming cable is received by the V-shaped guiding region and activates the cutting mechanism when it interacts with the movable contact plate. The motion generated by this contact is transferred to the rotating blade through the linkage elements, allowing the blade to move toward the cutting region where the cable is located. Therefore, compared with conventional passive cutters that strongly depend on favorable impact geometry and sufficient wire tension, the system aims to transform cable contact into a more controlled mechanical cutting action. By reducing the dependence of cutting success on the cable approach angle, the developed mechanism addresses one of the key limitations identified in existing WSPS designs while preserving the simplicity and integration advantages of mechanical protection systems.

METHODOLOGY

In this study, the design of the wire cutter system to be developed for helicopters is addressed as a systematic and multi-stage engineering process. The main objective is first to analyze the strengths and weaknesses of the solutions presented in the literature and existing patents. Based on these analyses, it is aimed to develop a more improved and practical design. In addition, the design process is structured around specific engineering approaches rather than progressing in a random manner.

Throughout the study, the Engineering Design Process is adopted as the main framework [16]. This approach prevents the design process from progressing randomly and ensures that stages such as problem definition, requirement identification, concept generation, concept selection, and design refinement are carried out in a systematic way. In the first stage, the boundaries of the problem are clarified, and the operating conditions of the system are identified. The main goal here is to understand under which conditions existing systems may lose effectiveness and to transform these limitations into design requirements.

As a second step, a comprehensive literature and patent review is conducted. The reviewed studies are analyzed not only to understand existing solutions but also to reveal the underlying principles behind them. It is observed that some systems employ multi-stage cutting mechanisms [15], while others focus on guiding the cable into the cutting region [18], [19]. In addition, active or semi-active systems have also been developed [17]. Patent studies similarly present various design approaches, highlighting cutting mechanisms, guiding systems, movable elements, and adaptive structures [11], [18], [19].

This review process is supported by a comparative evaluation approach. Existing solutions are classified and assessed according to engineering criteria such as cutting efficiency, reliability, mechanical simplicity, weight, and manufacturability. The purpose of this evaluation is to define the design requirements more clearly and to guide the concept development stage in a systematic manner.

Based on these findings, it is concluded that simply improving existing systems may not be sufficient and that some fundamental design problems need to be reconsidered. At this point, in order to introduce a more innovative perspective into the design process, the TRIZ, Theory of Inventive Problem Solving, approach is utilized [20]–[22]. TRIZ provides a structured way of thinking by analyzing contradictions within existing systems and generating solutions based on these contradictions [20]–[22]. For example, requirements such as achieving both lightweight and high strength, or ensuring effective cutting for cables approaching from different angles, are considered as design contradictions. These contradictions are defined as problems to be solved, and alternative solution principles are explored accordingly.

The analyses carried out up to this stage ensure that the design process is not limited to examining existing systems only and also provide the necessary foundation for developing a new design approach. From this point onward, the process moves toward transforming the obtained findings into concrete design decisions and developing alternative solutions.

Based on the design requirements identified through the literature and patent review, a concept generation process is carried out [16]. The aim of this stage is not to focus directly on a single solution but to evaluate different design approaches and determine the most suitable one.

During the concept development stage, the key problems identified in existing systems are taken into account. These include the dependence of cutting performance on the cable approach angle, insufficient cutting force at low speeds, and the inability of some systems to effectively guide the cable into the cutting region [18], [19]. Different design ideas are evaluated based on their potential to address these problems. At this stage, the concepts are not developed at a detailed mechanical design level but are instead considered at a principle level.

For the evaluation of the generated concepts, the engineering criteria defined in earlier stages are used again. These criteria include cutting efficiency, ability to operate under different angles, mechanical simplicity, reliability, and applicability. Each concept is compared according to these criteria, and its strengths and weaknesses are analyzed. This approach shows a structure similar to multi-criteria evaluation methods used in the literature and ensures that design decisions are based on a more objective foundation.

At this stage, an important point is not only to select the design that provides the best theoretical performance. Achieving a solution that is practical and sustainable is also a key objective. As seen in the literature, high-performance systems that are complex and costly are not always preferred [17]. Therefore, a balance between performance and simplicity is considered in the selected design approach.

After the concept selection, the chosen approach is examined in more detail, and the design decisions are refined accordingly. At this stage, the information obtained from previous evaluations is used. Based on this, the fundamental principles of the system are determined, and the overall working logic of the design is established. Particular attention is given to how the cable is guided into the cutting region, the effectiveness of the cutting mechanism, and the ability of the system to adapt to different operating conditions.

In this study, the newly developed cutting mechanism is considered not as a complete redesign of the existing helicopter wire cutter structure, but as an additional mechanism that can be integrated into the existing cutter body. The main purpose of this approach is to preserve the geometric and structural advantages of the cable cutter system shown in Figure 1 while enabling the force generated at the moment of cable contact to be converted into a more controlled mechanical motion. In this way, the developed system is designed as an auxiliary mechanism that can be added to the existing wire cutter body with minimum structural modification and that operates through movable linkage elements and a rotating cutting mechanism.

During the design process, the existing wire cutter geometry is first taken as the reference, and the possible attachment regions of the new mechanism on this body are evaluated. Within this scope, the main connection points of the mechanism are intended to be positioned on the fixed body of the existing cutter, while the movable plate, linkage arms, and rotating blade element are arranged to create a sequential motion after cable contact. The region where the cable contacts the system is designed not only as a passive impact surface, but also as the first moving element that triggers the mechanism. Therefore, the force applied by the cable to the movable plate is intended to be transferred to the rotational motion of the blade through the linkage arms.

Figure 1. Existing Cable Cutter System

The developed mechanism is designed to work together with the V-shaped guiding form of the existing cutter. While the cable is guided toward the cutting region by the existing cutter geometry, the added movable mechanism uses the force generated by cable contact to actively engage the blade. In this way, the system does not rely only on a fixed cutting edge; instead, it gains a structure that mechanically amplifies and transfers cable contact to the cutting element. The linkage bars and rotation axes used in the design are positioned so that, depending on the direction of cable contact, the blade moves toward the cutting region.

After the selection of the most suitable concept, the developed mechanism is transformed into a preliminary three-dimensional model. At this stage, CATIA is used to develop the geometric design of the contact-triggered cutting mechanism and to define the spatial arrangement of the main components, including the existing V-shaped guiding region, movable contact plate, linkage elements, pivot points, and rotating cutting blade. The CAD modelling stage is carried out to check the geometric feasibility of the mechanism, possible interference between moving parts, and its integration into the existing wire cutter configuration.

In addition to the geometric modelling process, the basic mechanical working principle of the mechanism is evaluated conceptually. Since the system does not use an additional spring or external actuator, the motion of the blade depends primarily on the force generated by cable contact and on how effectively this force is transferred through the linkage geometry. For this reason, the relative positions of the cable contact point, movable plate pivot, linkage connection points, blade rotation axis, and cutting edge are considered as important design parameters. These parameters directly affect the mechanical advantage of the system and determine whether the initial cable contact can be converted into a useful cutting motion.

The mechanical advantage of the mechanism is evaluated conceptually by considering the moment arms created around the pivot points. This evaluation is carried out based on fundamental engineering mechanics principles [25]. The force generated by cable contact is not transferred directly to the blade without loss; instead, it depends on the geometry of the linkage elements, the angular position of the movable plate, and the relative location of the blade pivot. Therefore, the arrangement of the movable plate, connecting links, rotation axes, and blade edge is examined to obtain a motion that can effectively drive the cutting blade toward the cable. This stage helps determine whether the developed mechanism can transform the initial cable contact into a controlled rotational cutting action.

Finally, the findings obtained throughout the design process are brought together to establish the basis for evaluating the developed system. The Engineering Design Process provides the systematic structure of the study, the comparative evaluation supports the selection of design requirements, and the TRIZ approach contributes to identifying contradictions within existing systems. In addition, CAD modelling and conceptual mechanical advantage evaluation form the technical development steps of the developed mechanism. In this way, the methodology provides a structured framework for developing and assessing the cable cutter design at the conceptual and preliminary design level.

RESULTS

In the developed design, the existing helicopter wire cutter system shown in Figure 1 is preserved, and a movable trigger-cutting mechanism is integrated onto this body. While the main function of the existing cutter is to guide the cable into the cutting region, the developed additional mechanism uses the motion generated by cable contact to enable the blade to perform a more active cutting movement. Thus, the system is transformed into an auxiliary cutting structure that is not limited to a passive cutting surface but is mechanically activated after contact with the cable.

As shown in Figure 2, the part that first contacts the cable in the design is defined as the movable plate. In Figure 2(a), the contact of the cable with the plate is represented by the force F_{wire}. When the cable contacts this plate, the plate rotates around its own axis of rotation (i.e., the shaft passing through point O, as shown in Figure 2(a)). This rotational motion is transferred to the blade mechanism in the lower section through the linkage arm positioned between the plate and the blade. The movement of the linkage arm causes the blade to rotate around its shaft (i.e., the shaft passing through point P, as shown in Figure 2(a)), and the blade rotates toward the cutting region where the cable is located. The force $F_{cutting}$ shown in Figure 3(c) represents the cutting force exerted by the blade on the cable. Through this working principle, the force obtained from cable contact is directly converted into blade motion.

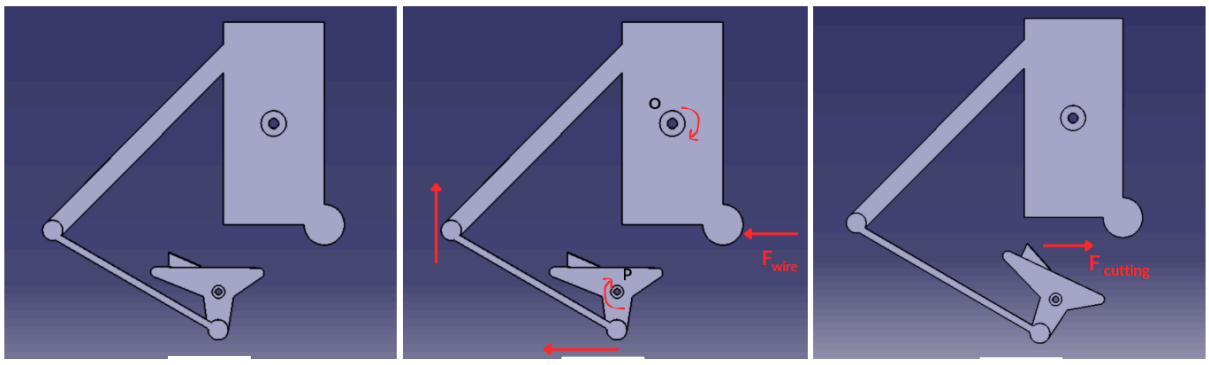


Figure 2. D (a) l Mechanism Concept: ((b) ial position, (b) cable co (c) nd moment transmission, (c) generation of the cutting force.

In the designed mechanism, motion transfer is provided through three main elements: the movable plate that receives the cable contact, the linkage arm that transmits the motion from the plate, and the rotating blade that performs the cutting operation. The movable plate is positioned close to the existing cutter body to make it compatible with the cable entry direction into the system. The linkage arm acts as a mechanical transmission element between the plate and the blade and converts the angular motion of the plate into the cutting motion of the blade.

The main advantage of this integration approach is that it provides an additional mechanical cutting function without requiring the existing wire cutter system to be completely replaced. In this way, the existing body, connection surfaces, and cable-guiding geometry are preserved, while a movable blade mechanism is added to the system. This increases the applicability of the design and provides potential for adaptation to existing systems as a retrofit mechanism. In addition, the fully mechanical operation of the mechanism allows it to be activated by cable contact without requiring an electronic, hydraulic, or pyrotechnic triggering system.

Nevertheless, some critical points should be evaluated in detail in future stages to ensure reliable operation of the design. In particular, load transfer that may occur at the joint points of the linkage arm, the mechanical behavior at the blade rotation axis, the contact force acting on the plate during cable impact, and the structural strength of the regions where the mechanism is attached to the existing body may directly affect the performance of the design. Therefore, at this stage, the developed model is evaluated at the conceptual and preliminary design level in terms of motion clearance, assembly suitability, component placement, and integration with the existing wire cutter body. In future studies, issues such as cutting force, contact behavior, and structural strength should be verified through detailed mechanical analyses and experimental tests.

DISCUSSION

In accordance with the comparative evaluation approach defined in the methodology section, this section discusses the technical position of the cable cutter mechanism developed in this study among existing patent-based solutions. The comparison shows that current cable cutter designs generally follow two main approaches [10]–[14], [18], [19], [23], [24]. The first group mainly relies on passive cable guiding elements and fixed cutting surfaces, whereas the second group introduces an additional movement or energy input to the cutting process through rotating cutters, pyrotechnic actuation, electrical heating, pneumatic actuation, or other active mechanisms. The mechanism developed in this study is positioned between these two approaches. It does not completely abandon the mechanical simplicity of passive cable cutter systems; however, it also does not leave the cutting process solely dependent on forcing the cable into a fixed blade through the forward motion of the helicopter.

One of the most important points derived from the reviewed systems is that cable capture and cable–blade interaction are at least as important as the cutting edge itself. A sharp or structurally strong cutting surface does not guarantee successful cutting if the cable cannot be guided into the effective cutting region or if it escapes from the system before sufficient cutting force is generated. Therefore, many patent-based designs focus on improving how the cable is directed, held, or forced into the cutting region. Designs using guiding channels, inclined surfaces, rotating cutter wheels, and multi-stage cutting paths all point to the same fundamental need: the cable must remain in contact with the mechanism until cutting occurs [11]–[14], [18], [19], [23]. In this respect, the mechanism designed in this study also follows a consistent design direction, since it focuses not only on the blade itself but also on the contact sequence that occurs before the actual cutting action.

Compared with fully passive cutting arrangements, the main advantage of our design is its ability to generate a secondary mechanical motion after cable contact. In conventional passive systems, the cutting process largely depends on the relative motion between the helicopter and the cable. If the available impact force or the tension developed in the cable is insufficient, the cable may not be severed even if it reaches the cutter. In the developed mechanism, the movable contact plate acts as an intermediate element that converts cable contact into mechanical motion. This is an important distinction because the cable is not considered only as an obstacle to be pushed into a fixed blade, but also as the input that activates the mechanism. Therefore, this mechanical solution has the potential to provide a more favorable response when the cable approaches the cutter at a non-ideal angle or when the passive cutting force remains limited.

This mechanism also shows a clear relationship with active mechanical cutter approaches. In particular, patent solutions that use rotating cutter wheels or additional cutting elements aim to increase the effective cutting force by adding motion to the cutting process. The cutter wheel approach presented in EP 3 002 216 B1 is noteworthy in this respect, because it increases the cutting effect through the positional relationship between the pivot point and the cable-receiving recess [23]. In that system, the cutting force applied to the cable increases as the cutter wheel rotates into a more favorable cutting position. Although our design differs geometrically, it has a similar design logic: both systems aim to improve cutting performance by creating a controlled mechanical response after cable contact. However, the system developed in this study aims to achieve this response through a simpler arrangement consisting of a movable contact plate, linkage arms, and a rotating cutting blade, rather than a multi-surface cutter wheel.

Compared with pyrotechnic or explosive systems, the designed mechanism may provide a more limited amount of cutting energy; however, it is less demanding in terms of safety and integration. Probe-based multi-stage explosive systems, such as the one presented in US 4,407,467, can provide high-energy cutting and offer sequential cutting opportunities if the cable is not severed at the first contact point [13]. In this respect, such systems appear strong in terms of cutting reliability. However, the use of explosive components introduces significant challenges related to accidental activation, maintenance, storage, certification, and aircraft integration. These requirements cannot be ignored, especially when designing a lightweight, practical, and continuously usable helicopter protection system. Since our mechanism does not rely on pyrotechnic actuation, it offers a simpler design direction in terms of mechanical reliability, manufacturability, and operational safety.

Electrical and electro-thermal solutions represent another design approach. In US 2008/0001034 A1, the cutting process is based on the cable bridging two electrodes and being severed by heating due to the high current passing through that region [10]. This approach reduces the dependence of cutting on the kinetic energy of the aircraft and can be applied to different aircraft surfaces. However, electrical cutting introduces additional design requirements such as power supply capacity, insulation, current control, protection against unwanted arcing, and environmental durability. Although these requirements may be acceptable in some applications, they increase system-level complexity. In this respect, our design has a simpler structure because it does not require a high-current electrical infrastructure for the cutting action. Instead, system performance mainly depends on cable contact force, linkage geometry, blade motion, force transfer efficiency, and structural stiffness.

The electro-pneumatic hoist cable cutter presented in EP 4 303 168 A1 is also a useful example for comparison; however, its intended application differs from cutting external wire obstacles encountered during flight [24]. In that system, a solenoid-controlled pressurized fluid chamber drives the cutter toward the hoist cable. The main strength of the system is that it provides fast and controlled actuation; however, this performance is achieved through a more complex actuator architecture involving pressure retention, sealing, solenoid response time, and leakage control. The cable cutter mechanism developed in this study does not aim to provide such a controlled and powered actuation system. Instead, it focuses on directly converting cable contact into a mechanical response. This makes the developed concept less complex than electro-pneumatic systems and more suitable for integration into an existing cable cutter body, provided that the mechanism can be kept compact.

Therefore, the main advantage of our design is not that it provides the highest possible cutting energy, but that it attempts to improve passive cutting behavior without moving toward highly complex active systems. This balance is important. A cable cutter integrated into a helicopter should not only be effective during a rare impact event; it should also be acceptable in terms of weight, external geometry, maintenance, safety, and manufacturability. A very high-performance system may lose its practicality if it requires extensive modifications to the aircraft structure or introduces additional operational risks. In this respect, the design rationale of the selected mechanical solution is based on a clear foundation: the system consists of relatively understandable, manufacturable mechanical elements that can be adapted to an existing cable cutter geometry.

Nevertheless, some limitations of the developed mechanism should be carefully considered. The addition of a movable contact plate, linkage elements, and blade pivot makes the system more complex than a fixed cutter. Moving parts may introduce problems such as friction, clearance, misalignment, wear, jamming, or delayed response. The mechanism also depends on the proper positioning of the

contact plate, linkage arms, pivot points, and blade rotation axis. If the force generated by cable contact is not transferred effectively through the linkage system, the blade may not move toward the cable with sufficient cutting effect. Similarly, if the mechanism is designed to be too sensitive, unintended motion may occur; if it is too resistant, cable contact may not be sufficient to activate the blade. Therefore, the mechanical advantage obtained through the contact plate and linkage geometry is a critical design parameter for the proposed system.

Another important issue is the behavior of the cable during contact. The mechanism assumes that the cable will contact the movable plate and remain within the intended cutting region until the blade is activated. However, under real wire-strike conditions, the cable may approach from different angles, slide along the surface, sag, or interact with other aircraft components before reaching the cutter. Therefore, the geometry of the V-shaped guiding region and the position of the movable plate should be designed not only to initiate the mechanism, but also to prevent the cable from escaping too early. If the contact plate is too sensitive, unwanted movement may occur; if it is not sensitive enough, the cable may fail to activate the blade. This balance is one of the most critical design challenges of our system.

Since this study remains at the conceptual and preliminary design stage, the effectiveness of the developed mechanism should not be considered experimentally or numerically validated. Therefore, the discussion focuses on the design logic, comparison with patent-based solutions, expected advantages, and possible limitations. The actual cutting force, blade deformation, contact behavior, force transfer efficiency, and reliability of the moving parts should be investigated in future studies through detailed mechanical analyses, numerical simulations, and experimental tests. In this way, it will be possible to evaluate more clearly whether this concept is applicable not only theoretically, but also under real operating conditions.

CONCLUSION

In this study, a contact-triggered mechanical cable cutter mechanism was developed at a conceptual level for use in helicopter wire-strike protection. The main motivation of the study was to preserve the mechanical simplicity and integration advantages of existing passive cable cutter systems while introducing an additional mechanical motion to support the cutting process after cable contact. For this purpose, different cable cutter approaches presented in the literature and patents were examined, and the strengths and limitations of passive, active, pyrotechnic, electro-thermal, and electro-pneumatic solutions were evaluated. Based on the information obtained, the mechanism designed in this study treats cable contact not only as an impact event, but also as a triggering input that initiates the cutting sequence. The movable contact plate, linkage arms, and rotating cutting blade were considered together to realize this approach. In this way, our design is positioned as a simpler and more applicable intermediate solution between fully passive systems and more complex active systems. However, it should be emphasized that the developed mechanism is not a final product that has been experimentally or numerically validated at this stage; rather, it should be considered as a conceptual and preliminary design. Cutting success depends on several variables, including cable diameter, approach angle, cable contact force, linkage geometry, blade motion, and the reliability of the moving parts. Therefore, future studies should support the mechanism through detailed mechanical analyses, numerical simulations, and experimental tests representing different operating conditions. Once these validation steps are completed, the developed mechanism may offer a mechanically applicable and practical improvement potential for helicopter wire-strike protection.

REFERENCES

[1] Chandrasekaran, R., Payan, A. P., Collins, K. B. & Mavris, D. N. (2020). Helicopter Wire Strike Protection and Prevention Devices: Review, Challenges, and Recommendations. Aerospace Science and Technology, 98, 105665. https://doi.org/10.1016/j.ast.2019.105665.

[2] Achour, G., et al. (2023). Rotorcraft Wire Strike Prevention and Protection: Wire Database Creation, Sensor Package Design, Wire Cutter Modeling, Data Fusion, and Helicopter Operators' Inputs. https://doi.org/10.21949/1528207.

[3] Achour, G., Harris, C., Payan, A. P. & Mavris, D. N. (2025). Wire Databases Generation Using Deep Learning Methods for Rotorcraft Wire Strike Prevention. Journal of Aerospace Information Systems, 22(1). https://doi.org/10.2514/1.I011427.

[4] Stadtmueller, T. (2018). Rotorcraft Wire Strike Data. Federal Aviation Administration, William J. Hughes Technical Center, DOT/FAA/TC-TN18/34. Available at: https://share.google/GmlvhLUVXJ0VRfnSl. Accessed: May 26, 2026.

[5] Nagaraj, V. T. & Chopra, I. (2008). Safety Study of Wire Strike Devices Installed on Civil and Military Helicopters. Federal Aviation Administration, DOT/FAA/AR-08/25. Available at: https://share.google/1fOEUTax0qKXu6WUj. Accessed: May 26, 2026.

[6] Mizero, L. (2021). Evaluation of Existing Technologies Designed for Helicopter Against Wire-Strike. Master's Thesis, Iowa State University.

[7] Zavila, O. (2025). Capabilities and Limitations of Military Helicopter Wire Strike Protection Systems. Advances in Military Technology, 20(1), 5–20. https://doi.org/10.3849/aimt.01933.

[8] Jackson, K. E., et al. (2004). A History of Full-Scale Aircraft and Rotorcraft Crash Testing and Simulation at NASA Langley Research Center. NASA Langley Research Center.

[9] Burrows, L. T. (1982). Verification Testing of a UH-1 Wire Strike Protection System (WSPS). USAAVRADCOM TR 82-D-35. U.S. Army Research and Technology Laboratories.

[10] Wire-Strike Defence System. (2008). US Patent US20080001034A1. Espacenet. Available at: https://worldwide.espacenet.com/patent/search/family/035729725/publication/US2008001034A1?q=US20080001034A1. Accessed: May 26, 2026.

[11] Brannon, W. W. (1994). Helicopter Wire Strike Cutter. US Patent US5286170A. Espacenet. Available at: https://worldwide.espacenet.com/patent/search/family/025528185/publication/US5286170A?q=pn%3DUS5286170A. Accessed: May 26, 2026.

[12] Garnons Williams, J. S. (1981). Cable Cutting Device. GB Patent GB2075940A. Espacenet. Available at: https://worldwide.espacenet.com/patent/search/family/010512928/publication/GB2075940A?q=GB2075940A. Accessed: May 26, 2026.

[13] Emigh, C. F. (1983). Tactical Wire-Cutter System for Helicopter. US Patent US4407467A. Espacenet. Available at: https://worldwide.espacenet.com/patent/search/family/023138838/publication/US4407467A?q=US4407467A. Accessed: May 26, 2026.

[14] Methibay, H. E. & Şahin, B. (2022). Kablo Kesici Sistem. TR Patent TR2022005071A2. Espacenet. Available at: https://worldwide.espacenet.com/patent/search/family/088203297/publication/TR2022005071A2?q=TR2022005071A2. Accessed: May 26, 2026.

[15] Parate, B. A. (2024). Development Aspects of Cable Cutter Cartridge for Helicopter Application. Discover Mechanical Engineering. https://doi.org/10.1007/s44245-024-00057-4.

[16] Ulrich, K. T. & Eppinger, S. D. (2016). Product Design and Development. 6th ed. McGraw-Hill Education.

[17] Lau, S. (2012). A Plan for Reducing Wire Strike Accidents. Professional Pilot, 84–87.

[18] Claeys, G. (2010). Cable-Cutter Device. US Patent Application Publication US20100064523A1. U.S. Patent and Trademark Office.

[19] Turkish Aerospace Industries, Inc. (2023). A Wire Cutter System. WO Patent WO2023191752A1. World Intellectual Property Organization.

[20] Altshuller, G. (1999). The Innovation Algorithm: TRIZ, Systematic Innovation and Technical Creativity. Technical Innovation Center.

[21] Mann, D. (2002). Hands-On Systematic Innovation. CREAX Press.

[22] Savransky, S. D. (2000). Engineering of Creativity: Introduction to TRIZ Methodology of Inventive Problem Solving. CRC Press.

[23] Smith, M., Tho, C.-H. & Marimuthu, A. K. (2017). Cable Cutter System. European Patent Office, EP3002216B1. Espacenet. Available at: https://worldwide.espacenet.com/patent/search?q=pn%3DEP3002216B1. Accessed: May 26, 2026.

[24] Maheshwarappa, R. & John, P. (2024). Electro-Pneumatic Cable Cutter Assembly for Aircraft Hoist. European Patent Office, EP4303168A1. Espacenet. Available at:

https://worldwide.espacenet.com/patent/search?q=pn%3DEP4303168A1. Accessed: May 26, 2026.

[25] Hibbeler, R. C. (2013). Engineering Mechanics: Dynamics (13th ed.). Pearson.

OPTIMAL DESIGN OF PI CONTROLLERS FOR BOOST AND SEPIC CONVERTERS USING FDB-SFS META-HEURISTIC ALGORITHM AND COMPARISON OF OPTIMIZATION RESULTS

FDB-SFS META-SEZGİSEL ALGORİTMASI İLE BOOST VE SEPIC DÖNÜŞTÜRÜCÜLER İÇİN OPTİMAL PI KONTROLCÜ TASARIMI VE OPTİMİZASYON SONUÇLARININ KARŞILAŞTIRMASI

Öğr. Gör. Umur ORUÇÖZ
Kastamonu Üniversitesi, Tosya Meslek Yüksekokulu
ORCID: 0009-0009-5090-2057

Doç. Dr. Yücel ÇETİNCEVİZ
Kastamonu Üniversitesi, Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi
ORCID: 0000-0001-6834-9442

ABSTRACT
This study presents the PI controller optimization utilizing the FDB-SFS (Fitness-Distance Balance Stochastic Fractal Search) algorithm to improve the transient response performance of Boost and SEPIC converters, which hold a critical position among DC-DC converter topologies. Control in DC-DC converters directly governs system stability and response speed. Within the scope of this work, both converters were operated under identical conditions regarding frequency, input voltage, output voltage, and load values. In light of the obtained data, the Boost converter optimized with the FDB-SFS algorithm exhibited a rise time of 0,0073 s and an overshoot of 1,07%, while the SEPIC converter demonstrated highly close and successful results with a rise time of 0,0074 s and an overshoot of 1,06%. The comparative results indicate that the FDB-SFS algorithm offers high precision in determining complex control parameters and provides a stable, fast, and low-overshoot control mechanism for both topologies.
Keywords: FDB-SFS, Boost Converter, SEPIC Converter, PI Control, Meta-Heuristic Optimization, DC-DC Converter.

ÖZET
Bu çalışma, DC-DC dönüştürücü topolojileri arasında kritik bir yere sahip olan Boost ve SEPIC dönüştürücülerin geçici rejim performanslarını iyileştirmek amacıyla FDB-SFS (Fitness Distance Balance Stochastic Fractal Search) algoritması kullanılarak gerçekleştirilen PI kontrolcü optimizasyonunu sunmaktadır. DC-DC dönüştürücülerde kontrol, sistem kararlılığını ve hızını doğrudan etkilemektedir. Çalışma kapsamında her iki dönüştürücü de aynı frekans, giriş gerilimi ve çıkış gerilimi ile aynı yük değerlerinde çalışması sağlanmıştır. Elde edilen veriler ışığında, FDB-SFS algoritması ile optimize edilen Boost dönüştürücü 0,0073 s yükselme süresi ve %1,07 aşım sergilerken SEPIC dönüştürücü 0,0074 s yükselme süresi ve %1,06 aşım ile oldukça yakın ve başarılı sonuçlar ortaya koymuştur. Karşılaştırmalı sonuçlar, FDB-SFS algoritmasının karmaşık kontrol parametrelerinin belirlenmesinde yüksek hassasiyet sunduğunu ve her iki topoloji için de kararlı, hızlı ve düşük aşımlı bir kontrol mekanizması sağladığını göstermektedir.
Anahtar Kelimeler: FDB-SFS, Boost Dönüştürücü, SEPIC Dönüştürücü, PI Kontrol, Meta-Sezgisel Optimizasyon, DC-DC Dönüştürücü.

INTRODUCTION
Today, the widespread adoption of renewable energy sources (solar, wind), the proliferation of microgrids, rapid advancements in electric vehicle technologies, and the rise of artificial intelligence servers have increased the need for efficient and dynamic converter systems (Liang et al., 2025). DC-DC converters play a critical role across a wide spectrum, from microprocessors to industrial motor drives, by regulating the input voltage to the desired level, and various studies are being conducted on them (Khamesipour et al., 2025). In this context, the SEPIC converter, which can maintain the output voltage both higher and lower than the input voltage (Oruçöz & Şehİrlİ, 2023), and the Boost converter, which only provides a voltage step-up function, are among the most widely preferred DC-DC converter topologies.

However, the control of these converters is highly complex due to their switching structures and dynamic components (Gupta et al., 2023). Particularly in Boost and SEPIC topologies, this induces a phase lag in the control system, challenging stability limits and restricting transient response performance (rise time, overshoot, etc.) (Sierra-Herrera et al., 2025). Determining the optimal PI (Proportional-Integral) parameters for these systems using traditional methods (such as Ziegler-Nichols) usually falls short due to the non-linear nature of the system and fourth-order dynamics (such as in SEPIC).
In recent years, meta-heuristic algorithms have come to the fore in solving these complex optimization problems. Various studies have been conducted to obtain PI gain parameters for converter circuits using algorithms such as the Firefly and Genetic algorithms (Kollati et al., 2024). The Stochastic Fractal Search (SFS) algorithm is utilized in closed-loop control systems. Studies have been carried out demonstrating its advantages, such as step response, compared to classical methods (Khanam & Parmar, 2017). Although this algorithm attracts attention due to its capability to find solutions in a wide search space, it occasionally carries the risk of getting trapped in local optima. In this study, the Fitness-Distance Balance (FDB)-based SFS algorithm, developed to enhance the search performance of SFS, was used. FDB-SFS ensures a more stable and faster convergence by balancing both the fitness values of the candidate solutions and their distribution within the solution space (DEMİRBAŞ et al., 2026).
The main objective of this study is to optimize the PI controller parameters of Boost and SEPIC converters under the same design criteria using the FDB-SFS algorithm and to perform a comparative analysis of their performances. Within the scope of the study, transient response analyses (Rise Time, Settling Time, Overshoot) of both systems were carried out. The obtained results demonstrate the success of the proposed method and reveal that it can generate control parameters with high precision even in fourth-order systems.

RESEARCH AND FINDINGS

In this study, to enable a comparison between the Boost and SEPIC topologies used, both systems were designed to have an input voltage of 4V and an output voltage of 12V. Under equal conditions, both converter circuits have an output power of 24W and are operated at a switching frequency of 20 kHz. The output load resistance is 6Ω, and operation in Continuous Conduction Mode (CCM) is targeted.
Converter circuit models for both topologies were prepared in the Matlab/Simulink environment. Their closed-loop controls were observed in Simulink using the Kp and Ki values obtained as a result of optimization via the FDB-SFS algorithm, and the results were compared.

Boost Converter Structure and Operating Principle

The Boost converter (step-up converter) is a switching mode power supply topology that increases the DC voltage applied to its input to a higher DC voltage level at its output with the help of internal energy storage elements and semiconductor switches. Figure 1 illustrates the Boost converter topology, which comprises a semiconductor switch, a diode, an inductor, and a capacitor (Noor et al., 2010).

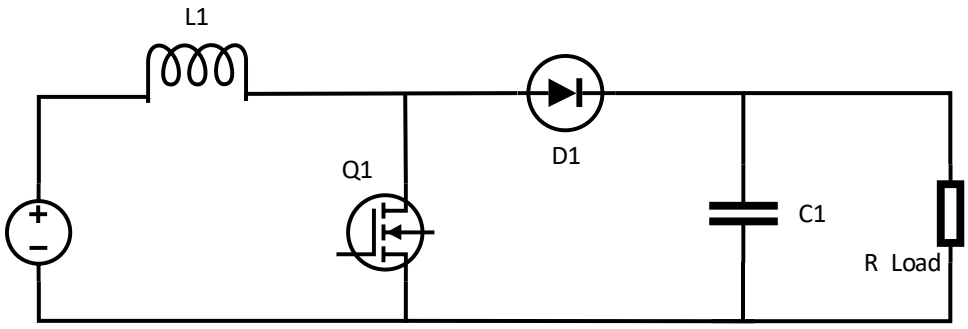


Figure 1. Boost Converter

The circuit output is controlled based on the conduction and non-conduction states of the semiconductor switch. The Boost converter is analyzed according to the ON and OFF states of the switch (Ioannou et al., 2020).
When the switch is in conduction, energy is stored in the inductor, and when it is in non-conduction, the energy accumulated in the inductor begins to flow through the diode toward the capacitor and the load.

The polarity across the inductor becomes the same as the input voltage. The circuit parameters can be calculated using the equations below (Chauhan et al., 2024).
The duty cycle of the Boost converter is calculated using the formula in Equation 1 (Karangale et al., 2025). According to this, it operates at an approximate rate of 67%.

$$D = 1 - \frac{V_{in}}{V_o} \tag{1}$$

The inductor current calculation is performed as shown in Equation 2. According to this calculation, the value is at the level of 1,334 A.

$$\Delta I_L = \frac{V_{in} D}{L_{fs}} \tag{2}$$

The critical inductance value is calculated as shown in Equation 3.

$$L = \frac{(1-D)^2}{2fs} \tag{3}$$

A value of 100 µH was chosen for the converter circuit. Because this exceeds the critical value, the circuit operates in continuous conduction mode.
The output voltage ripple can be calculated as shown in Equation 4. A 680 µF capacitor is used at the circuit output, which is a suitable value for the output stage.

$$\Delta V_o = \frac{I_o D}{C_{fs}} \tag{4}$$

SEPIC Converter Structure and Operating Principle
The SEPIC converter topology consists of two inductors, a coupling capacitor, an output capacitor, a diode, and a semiconductor switch. This converter topology allows the input voltage to be either stepped down or stepped up (Oruçöz & Şehİrlİ, 2023).

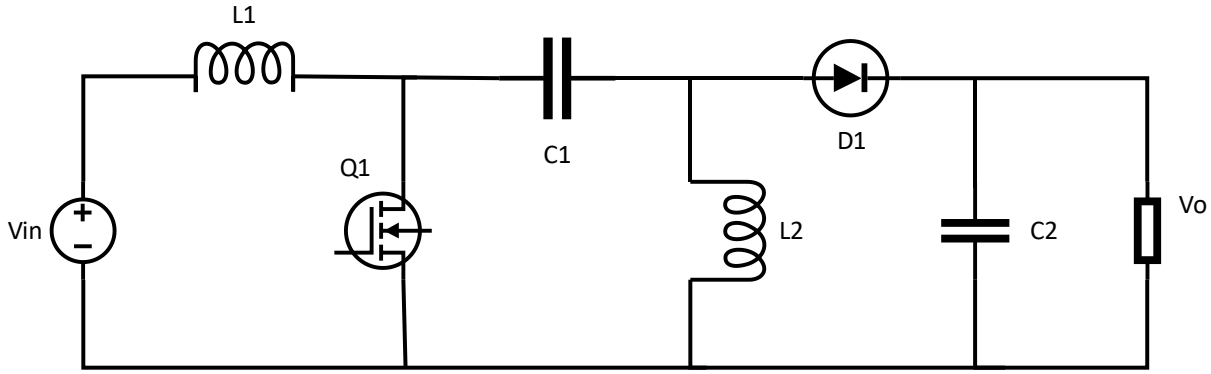


Figure 2. SEPIC Converter

The converter circuit is analyzed according to the ON and OFF states of the switching element. When the switch is ON, energy is stored in the first inductor. Energy flows into the second inductor via the coupling capacitor. The diode enters a reverse-biased state, and the output load is powered by the output capacitor (Sarowar et al., 2024).
When the switch turns OFF, the energy stored in the inductors is transferred to the output via the diode. At this stage, both the input source and the inductors contribute to powering the load. Meanwhile, the coupling capacitor helps maintain a stable output voltage by ensuring continuous energy transfer. The circuit parameters can be calculated using the equations provided (Oruçöz & Şehİrlİ, 2023). Based on Equation 5, the calculated duty cycle is approximately 76%.

$$V_o = \frac{D}{1-D} V_{in} \tag{5}$$

$$L_1 = \frac{V_{in} D}{\Delta I_{L1} f_s} \tag{6}$$

$$L_2 = \frac{V_{in} D}{\Delta I_{L2} f_s} \tag{7}$$

Inductors of 100 µH were utilized in the converter circuit.

$$C_1 = \frac{I_o D}{\Delta V_{C1} f_s} \tag{8}$$

A 100 µF coupling capacitor was utilized.

$$C_2 \geq \frac{I_o D}{0.5 \Delta V_o f_s} \tag{9}$$

A 680 µF capacitor is employed at the circuit output. This value is selected to match the one used in the Boost converter circuit, proving to be suitable for this topology as well. A key advantage of the SEPIC converter is its capability to stably regulate the output voltage regardless of input voltage fluctuations (Bala Duranay & Guldemir, 2022). Nevertheless, the inclusion of multiple energy storage elements renders its system dynamics more complex than those of the Boost converter.

PI Controller Structure

The Proportional-Integral (PI) controller represents a widely adopted linear feedback control method in industrial power electronics applications (Mishra et al., 2025). Owing to its straightforward structure, ease of implementation, and effectiveness in eliminating steady-state error, it is commonly preferred for DC-DC converter control (Soto et al., 2024). Within the PI control framework, the error signal between the system output and the reference value is continuously monitored. This error signal is then processed via proportional and integral components to generate the control signal. The mathematical formulation of the PI controller is provided in Equation 10 (Huang, 2023).

$$u(t) = K_p e(t) + K_i \int e(t) dt \tag{10}$$

Here, Kp, Ki, e(t), and u(t) represent the proportional gain, integral gain, error signal, and control signal, respectively. While the proportional component ensures a fast system response to error variations, the integral component minimizes the steady-state error. Nonetheless, inappropriate selection of PI parameters can lead to overshoot, oscillations, and instability issues within the system. Tuning these control parameters is especially critical for non-linear systems such as Boost and SEPIC converters (Ardana et al., 2021). Rather than relying on conventional tuning methods, this study utilizes the FDB-SFS meta-heuristic optimization algorithm to determine the PI controller parameters. The objective is to enhance the transient response performance of the systems, decrease the overshoot, minimize the settling time, and comprehensively evaluate their performances across both topologies. Within this control framework, the measured output voltage is compared against the reference output voltage, feeding the generated error signal into the PI controller. The controller output then drives the PWM generation block to dynamically adjust the converter's duty cycle, thereby regulating the output voltage at the targeted reference level.

Fitness-Distance Balance Stochastic Fractal Search Algorithm

In determining the control parameters (Kp, Ki), the FDB-SFS algorithm, which possesses high global search capability, was preferred instead of traditional methods. The FDB-SFS algorithm is a hybrid meta-heuristic optimization method enhanced with the Fitness-Distance Balance (FDB) mechanism to improve the search capability of the classical Stochastic Fractal Search algorithm (Aras et al., 2021a).

In the conventional SFS algorithm, candidate solutions undergo updates through a stochastic diffusion mechanism. Nonetheless, relying exclusively on the fitness value during the selection process may lead the algorithm to get trapped in local optima (Kahraman et al., 2024).

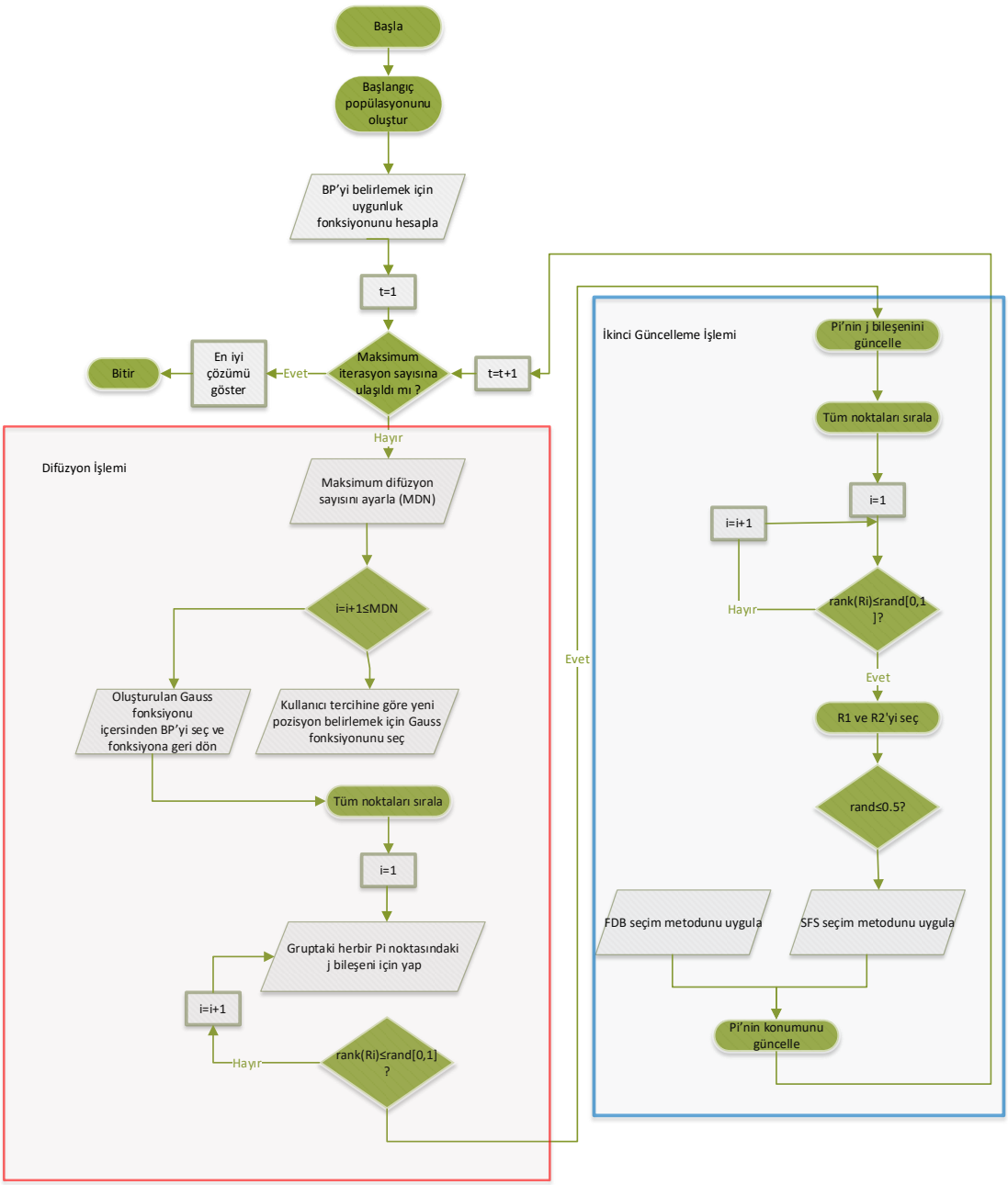


Figure 3. FDB-SFS Flowchart

In contrast, the FDB approach takes into account both the fitness values of candidate solutions and their spatial distances within the solution space. Consequently, population diversity is maintained, enabling a more effective exploration of the search space (Aras et al., 2021b).

In the optimization process, ITAE (Integral of Time-weighted Absolute Error) was used as the objective function. ITAE is an objective function that penalizes long-term errors, thereby enabling the system to reach a stable state quickly. It is demonstrated in Equation 11 (Ramadhan et al., 2025).

$$ITAE = \int_0^{Tend} t|e(t)|dt \tag{11}$$

It is frequently used in the optimization of PI controller parameters or coefficients in different control methods.

Analysis and Simulation Results

The performance outputs of the Kp and Ki parameters, optimized using the FDB-SFS (Fitness-Distance Balance - Stochastic Fractal Search) algorithm, on Boost and SEPIC converters were investigated. For both converters, the optimization algorithm was run using an equal setting of 5 runs with 50 iterations each. The time-domain characteristics obtained for both converters are presented in Table 1 and Table 2, and the dynamic responses of the systems were analyzed based on their transient and steady-state conditions.

Table 1. Performance parameters of the Boost converter optimized with FDB-SFS

Rise Time (s)	0.0073
Settling Time (±2%)	0.0094
Overshoot (%)	1.0795
Peak Value (V)	12.1295
Peak Time (s)	0.0190

The Boost converter controller optimized with the FDB-SFS algorithm exhibited a remarkably fast settling performance. When Table 1 is examined, it is observed that the system reaches its rise time (tr) in a short duration of 0,0073 s. The settling time (ts), which is the period for the system to reach a steady state, was recorded as 0,0094 s. The low overshoot value of 1,0795% proves that the algorithm provides high speed while preserving system stability.

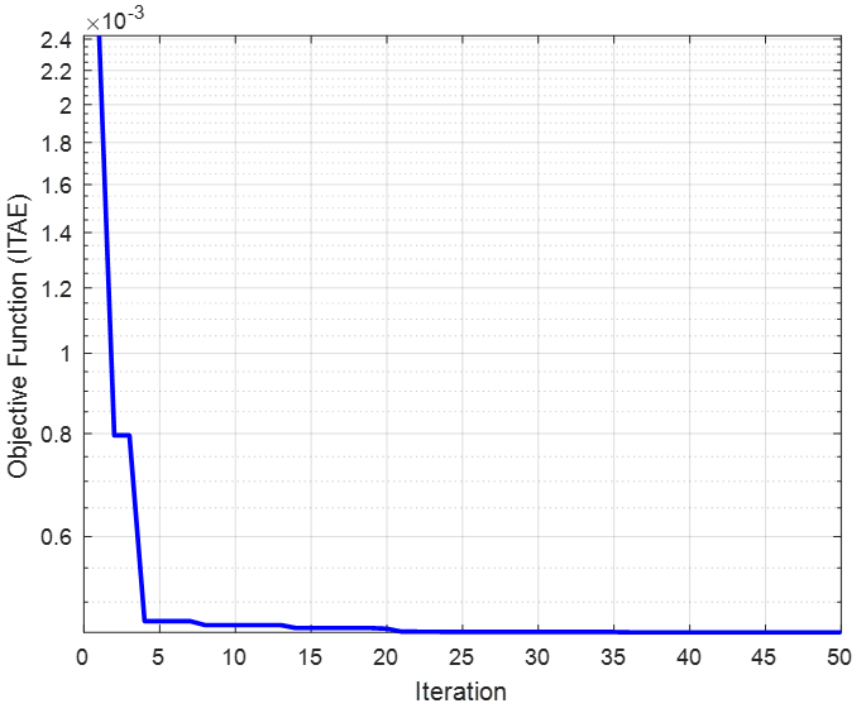


Figure 4. FDB-SFS convergence curve for the Boost converter

The convergence characteristics obtained using the FDB-SFS algorithm for the Boost converter are presented in Figure 4.

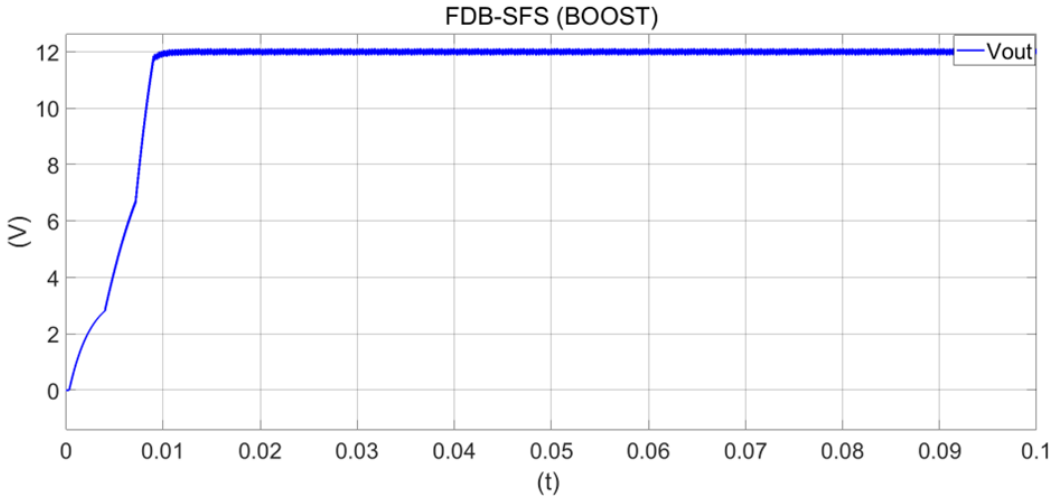


Figure 5. Output voltage response of the Boost converter

As seen in Figure 5, the Boost converter exhibits a linear and stable rising trend while reaching the 12V reference value, without demonstrating any excessive oscillation. This situation indicates that the algorithm optimized the Kp and Ki values in a manner that does not degrade the damping ratio of the system.

The results obtained for the SEPIC converter exhibit a similar speed profile to the Boost converter, while offering some advantages in terms of settling characteristics.

Table 2. Performance parameters of the SEPIC converter optimized with FDB-SFS

Rise Time (s)	0.0074
Settling Time (±2%)	0.0086
Overshoot (%)	1.0699
Peak Value (V)	12.1284
Peak Time (s)	0.0211

According to Table 2, while the rise time of the SEPIC converter is 0.0074 s, its settling time is 0.0086 s, providing a faster dynamic response than the Boost converter. Additionally, the overshoot amount of 1.0699% indicates that the SEPIC structure exhibits a more damped response under this optimization.

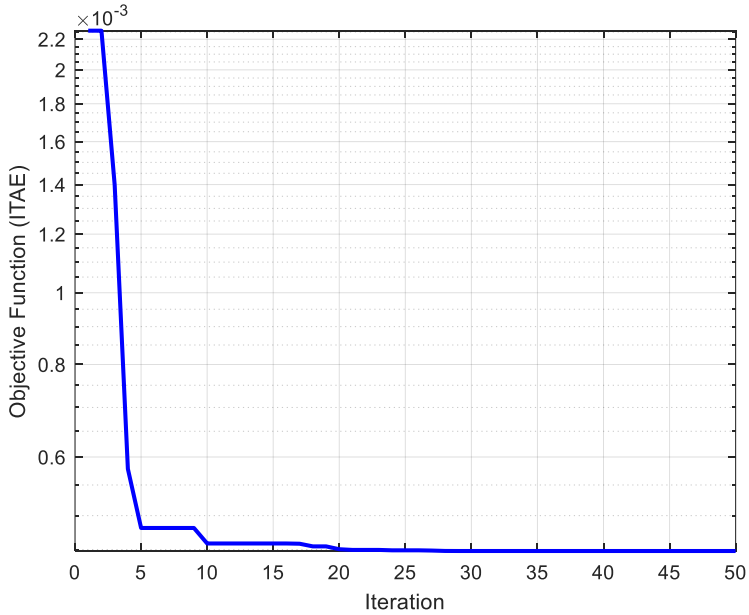


Figure 6. FDB-SFS convergence curve for the SEPIC converter

Figure 6 shows the convergence curve obtained with the FDB-SFS algorithm in the SEPIC converter.

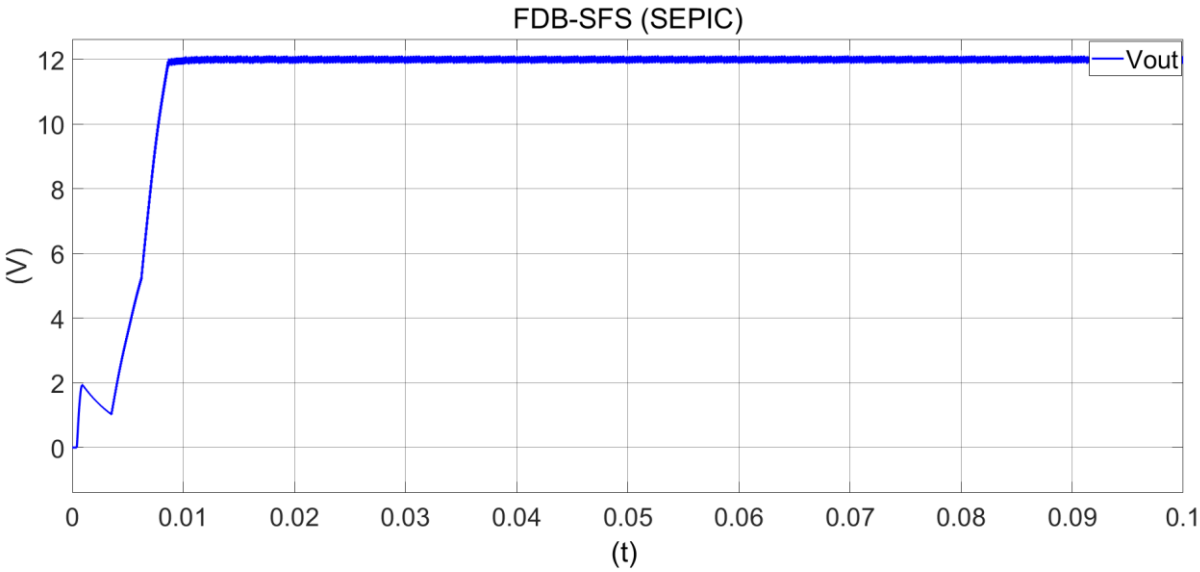


Figure 7. Output voltage response of the SEPIC converter

In the graph of Figure 7 belonging to the SEPIC converter, it is clearly observed that the system completely settles to the reference value around 0.01 seconds and the curve becomes smooth (steady-state) from this point onward. The remarkably low amount of ripple in the graphs symbolizes the success of the controller in minimizing the steady-state error.

CONCLUSION AND DISCUSSION

When both topologies are evaluated under FDB-SFS based PI control, both systems yielded very close results in terms of rise times (0.0073 s vs. 0.0074 s).

The SEPIC converter completed its transient state faster than the Boost converter, with a settling time of 0.0086 s compared to 0.0094 s.

An analysis of the peak values reveals that both systems successfully targeted the 12V reference with negligible deviation. Furthermore, the maximum overshoots remained strictly bounded within the 1% to 1.1% range, which falls well within the acceptable tolerances established in the literature.

In both graphs, no deviation or instability was observed in the output voltage after $t > 0.02$ seconds. This serves as visual proof that FDB-SFS not only provides a fast response but also ensures high stability in the control loop.

The slight oscillation at the beginning of the SEPIC graph (between 0 and 0.005 s) is a natural dynamic resulting from SEPIC being a fourth-order system; the algorithm successfully damped this complex structure very quickly and pulled it to the 12V level. This situation leads to the conclusion that it demonstrates high success even in challenging topologies.

Consequently, the FDB-SFS algorithm successfully computes highly precise Kp and Ki parameters for both converter configurations, facilitating rapid stabilization of the systems at a sub-millisecond scale.

REFERENCES

Aras, S., Gedikli, E., & Kahraman, H. T. (2021b). A novel stochastic fractal search algorithm with fitness-Distance balance for global numerical optimization. *Swarm and Evolutionary Computation*, *61*, 100821. https://doi.org/10.1016/j.swevo.2020.100821

Ardana, I. W. R., Wiranata, L. F., & Purnama, I. B. I. (2021). Simulation and Implementation PID Controlling Buck Converter DC. *Journal of Computer Science and Technology Studies*, *3*(2), 72–81. https://doi.org/10.32996/jcsts.2021.3.2.7

Bala Duranay, Z., & Guldemir, H. (2022). SIMULATION OF CLOSED LOOP VOLTAGE CONTROL OF SEPIC CONVERTER. *International Journal of Engineering Applied Sciences and Technology*, *7*(1), 01–08. https://doi.org/10.33564/IJEAST.2022.v07i01.001

Chauhan, M., Majumder, S., De, K., & Gope, S. (2024). Performance Analysis of a DC-DC Buck/Boost Power Converter for Energy Flow in Grid-to-Vehicle Systems. *2024 IEEE Silchar Subsection Conference (SILCON 2024)*, 1–6. https://doi.org/10.1109/SILCON63976.2024.10910407

DEMİRBAŞ, M., DUMAN, S., & Kenan DÖŞOĞLU, M. (2026, January 2). *OGR Sistemi için FDB-SFS Algoritması Kullanarak 2DOF PI Denetleyici Parametrelerinin Belirlenmesi*. International Istanbul Congress of Multidisciplinary Scientific Research. https://www.researchgate.net/publication/370039117_OGR_Sistemi_icin_FDB-SFS_Algoritmasi_Kullanarak_2DOF_PI_Denetleyici_Parametrelerinin_Belirlenmesi

Gupta, T., Gupta, A., & Joshi, D. (2023). Stability Analysis and Control of Non-Ideal SEPIC Converters Using Leverrier's Algorithm and PI Controller Considering Parasitic Elements. *2023 3rd International Conference on Emerging Frontiers in Electrical and Electronic Technologies (ICEFEET)*, 1–6. https://doi.org/10.1109/ICEFEET59656.2023.10452208

Huang, H. (2023). PI Control Technology Principal Analysis and Simulation. *Highlights in Science, Engineering and Technology*, *71*, 104–111. https://doi.org/10.54097/hset.v71i.12676

Ioannou, S., Argyrou, M. C., Christodoulides, P., & Marouchos, C. C. (2020). SMALL SIGNAL TRANSFER FUNCTIONS AND MATHEMATICAL MODEL OF THE BOOST POWER CONVERTER. *The 12th Mediterranean Conference on Power Generation, Transmission, Distribution and Energy Conversion (MEDPOWER 2020)*, *2020*, 245–250. https://doi.org/10.1049/icp.2021.1267

Kahraman, H. T., Hassan, M. H., Katı, M., Tostado-Véliz, M., Duman, S., & Kamel, S. (2024). Dynamic-fitness-distance-balance stochastic fractal search (dFDB-SFS algorithm): An effective metaheuristic for global optimization and accurate photovoltaic modeling. *Soft Computing*, *28*(9), 6447–6474. https://doi.org/10.1007/s00500-023-09505-x

Karangale, V., Ingale, M., & Jadhav, N. B. (2025). A Novel High Voltage Gain DC-DC Boost Converter. *2025 International Conference on Sustainable Technologies for Humanity and Smart World (HSWTech)*, 1–5. https://doi.org/10.1109/HSWTech64936.2025.11278141

Khamesipour, M., Shabani, A., & Khaburi, D. A. (2025). A Novel Modular Multi-level Converter Based on Interleaved Boost Converter Without Voltage Balancing For EV Application. *2025 16th Power Electronics, Drive Systems, and Technologies Conference (PEDSTC)*, 1–6. https://doi.org/10.1109/PEDSTC65486.2025.10912046

Khanam, I., & Parmar, G. (2017). Application of SFS algorithm in control of DC motor and comparative analysis. *2017 4th IEEE Uttar Pradesh Section International Conference on Electrical, Computer and Electronics (UPCON)*, 256–261. https://doi.org/10.1109/UPCON.2017.8251057

Kollati, S., Kishore, D. R., Mounika, K., Ajay, M. S. B. R. V., & Krishna, O. N. N. M. (2024). Firefly Optimized Interleaved Sepic Converter for EV Charging Applications. *2024 1st International Conference on Innovative Sustainable Technologies for Energy, Mechatronics, and Smart Systems (ISTEMS)*, 1–6. https://doi.org/10.1109/ISTEMS60181.2024.10560235

Liang, Z., Chung, C. Y., Zhang, W., Wang, Q., Lin, W., & Wang, C. (2025). Enabling High-Efficiency Economic Dispatch of Hybrid AC/DC Networked Microgrids: Steady-State Convex Bi-Directional Converter Models. *IEEE Transactions on Smart Grid*, *16*(1), 45–61. https://doi.org/10.1109/TSG.2024.3454050

Mishra, S., Srivastava, A., Ahmad, R., & Verma, N. (2025). Enhancing voltage regulation of a zeta converter using PI and PID controllers: A comparative study under input voltage and load variation. *Discover Electronics*, *2*(1), 82. https://doi.org/10.1007/s44291-025-00125-3

Noor, S. Z. M., Rahman, N. F. A., & Hamzah, M. K. (2010). Simulation of DC to DC Converter using Single Phase Matrix Converter topology. *2010 IEEE Symposium on Industrial Electronics and Applications (ISIEA)*, 149–154. https://doi.org/10.1109/ISIEA.2010.5679480

Oruçöz, U., & Şehİrlİ, E. (2023). WPT Charging System with Average Current Controlled PFC Sepic Converter. *2023 IEEE IAS Global Conference on Emerging Technologies (GlobConET)*, 1–5. https://doi.org/10.1109/GlobConET56651.2023.10150108

Ramadhan, M. H., Setiawan, I., & Handoko, S. (2025). Performance Evaluation of PSO-Optimized PI Controller for Quadratic Boost Converter: A Comparative Study of ITAE, IAE, ITSE, and ISE Objective Functions. *2025 12th International Conference on Information Technology, Computer,*

and Electrical Engineering (ICITACEE), 1–7. https://doi.org/10.1109/ICITACEE66165.2025.11232570

Sarowar, G., Ahmed, I., Rahman, S., Al Mamun, A., & Salim, K. M. (2024). Investigation of a power factor correction converter utilizing SEPIC topology with input current switching. *Results in Engineering*, *22*, 102271. https://doi.org/10.1016/j.rineng.2024.102271

Sierra-Herrera, O. H., Patarroyo-Gutiérrez, L. D., & González-Niño, M. E. (2025). Simulation-based comparison of ADRC, PI, and PID controllers on a SEPIC converter: Performance and complexity. *Ingeniería y Competitividad*, *27*(3), e-20315084. https://doi.org/10.25100/iyc.v27i3.15084

Soto, N., Riffo, S., Restrepo, C., González-Castaño, C., & Garcés-Ruiz, A. (2024). Feedback Linearization Control of Classical Second Order DC/DC Converters. *IECON 2024 - 50th Annual Conference of the IEEE Industrial Electronics Society*, 1–6. https://doi.org/10.1109/IECON55916.2024.10906007

ECONOMIC EVALUATION OF MXENE-BASED BIPOLAR MEMBRANE FABRICATION PROCESSES FOR SUSTAINABLE WASTEWATER TREATMENT

SÜRDÜRÜLEBİLİR ATIKSU ARITIMI İÇİN MXENE TABANLI BİPOLAR MEMBRAN ÜRETİM SÜREÇLERİNİN EKONOMİK DEĞERLENDİRİLMESİ

Research Asst. Mustafa YEGİN
Fırat University, Faculty of Engineering, Department of Environmental Engineering, 23119 Elazig/Türkiye
ORCİD: ID/0000-0002-6181-3115

Asst. Prof. Aytekin ÇELİK
Fırat University, Faculty of Engineering, Department of Environmental Engineering, 23119 Elazig/Türkiye
ORCİD: ID/ 0000-0003-1985-7701

Lecture Ekrem AYDIN
Munzur University, Rare Earth Elements Application and Research Center, Tunceli/Türkiye
ORCİD: ID/ 0000-0003-1985-7701

ABSTRACT

In recent years, membrane processes have gained significant attention for pollutant removal and desalination from various wastewaters. They are frequently preferred due to their advantages such as easy integration, low space requirements, and effective contaminant removal performance. However, despite these advantages, membrane processes still face several limitations, including scalability, sustainability, and cost-related challenges.This study presents a cost analysis of $Ti_3C_2T_x$ MXene synthesis from the MAX phase (Ti_3AlC_2), preparation of modified polymers (sulfonated polysulfone and aminated chloromethylated polysulfone), and bipolar membrane fabrication processes. Cost calculations were performed using updated Turkish Lira values for the year 2025 and converted into EURO based on an exchange rate of 1 EURO = 50 TL. Two different MXene synthesis methods were compared: direct etching of the MAX phase using hydrofluoric acid (4.95 EURO) and in situ HF generation using LiF + HCl for etching of the MAX phase (5.55 EURO). In both methods, the major cost contributions originated from electricity consumption associated with heating and mechanical stirring processes, as well as filtration procedures.During the polymer modification stage, the synthesis cost of SPS (sulfonated polysulfone) for the cationic layer was approximately 8.26 EURO, whereas the synthesis of AKPS (aminated chloromethylated polysulfone) for the anionic layer was determined to be higher at 12.1 EURO, mainly due to the use of expensive reagents such as benzyl chloromethyl ether. The membrane casting process was identified as the lowest-cost step, with an approximate cost of 0.88 EURO.Overall, the total production cost varied between approximately 26.2 and 26.8 EURO depending on the selected MXene synthesis technique. Consistent with the existing literature, energy consumption, reagent selection, and process optimization play critical roles in both cost efficiency and environmental sustainability. This analysis demonstrates the economic feasibility of laboratory-scale bipolar membrane production and highlights potential pathways for cost reduction in industrial-scale manufacturing.
Keywords: Bipolar membrane, Cost, Sustainability, MXene

ÖZET

Son yıllarda bir çok atıksudan kirletici giderim ve tuzluk gideriminde membran prosesler ön plana çıkmaktadır. Kolay entegrasyon, az alan ihtiyacı ve etkili kirletici giderimi sağlaması gibi avantajlarından dolayı sıklıkla kullanılmaktadırlar. Avantajlarının yanında ölçeklendirilebilirlik, sürdülebilirlik ve maliyet gibi dezavantajlarıda mevcuttur. Bu çalışma, MAX fazından (Ti_3AlC_2) $Ti_3C_2T_x$ MXene ($Ti_3C_2T_x$) sentezi, modifiye polimerin (Sülfonlanmış polisülfon ve Aminlenmiş klorometilasyonlu polisülfon) hazırlanması ve bipolar membran sentez süreçleri için bir maliyet analizi sunmaktadır. Maliyet hesaplamaları, 2025 yılına ait güncellenmiş Türk Lirası verileri kullanılarak yapılmış ve 1 EURO = 50 TL döviz kuru üzerinden EURO'ya çevrilmiştir.

İki farklı MXene sentez yöntemi karşılaştırılmıştır: doğrudan hidroflorik asit kullanılarak MAX fazının aşındırılması aşındırması (4.95 EURO) ve LiF + HCl kullanarak yerinde HF üreterek MAX fazının aşındırma işleminin yapılması (5.55 EURO). Her iki yöntemde de başlıca maliyet katkıları sıcaklık ve mekanik karşıtırma işlemlerinden kaynaklı elektrik sarfiyatları ve filtrasyon prosedürlerinden kaynaklanmıştır. Polimer modifikasyonu aşamasında, katyonik katman için SPS(Sülfonlanmış polisülfon) sentez maliyeti yaklaşık 8.26 EURO iken, anyonik katman için AKPS (aminlenmiş klorometilasyonlu polisülfon) sentezi esas olarak benzil klorometil eter gibi pahalı reaktifler nedeniyle daha yüksek olup 12.1 EURO olarak belirlenmiştir. Membran döküm sürecinin ise yaklaşık 0.88 EURO ile en düşük maliyetli adım olduğu bulunmuştur. Genel olarak, toplam üretim maliyeti seçilen MXene sentez tekniğine bağlı olarak yaklaşık 26.2 ile 26.8 EURO arasında değişmiştir. Mevcut literatürle uyumlu olarak, enerji tüketimi, reaktif seçimi ve süreç optimizasyonu hem maliyet verimliliği hem de çevresel sürdürülebilirlik açısından hayati roller oynamaktadır. Bu analiz, laboratuvar ölçeğinde bipolar membran üretiminin ekonomik uygulanabilirliğini göstermekte ve endüstriyel ölçekli üretimde maliyet azaltımı için potansiyel yolları vurgulamaktadır.
Anahtar Kelimeler: Bipolar membran, Maliyet, Sürdülebilirlik, MXene

1. INTRODUCTION

In recent years, two-dimensional (2D) materials have attracted significant attention in various fields, including energy, environmental technologies, and separation processes [1]. Among these materials, MXenes have emerged as promising candidates due to their high surface area, excellent electrical conductivity, and rich surface functional groups [2]. MXenes, generally represented by the formula $Mn_{+1}XnTx$, are typically synthesized through the selective etching of MAX phases. This selective etching process is commonly carried out by targeting the M–A bonds within the MAX phase using hydrofluoric acid. Owing to their outstanding physicochemical properties, MXene structures synthesized from MAX phases exhibit considerable potential for applications in environmental technologies and membrane systems [3].

$Ti_3C_2T_x$ MXene has attracted considerable attention owing to its high chemical stability and superior ionic conductivity. When incorporated as an interlayer within bipolar membrane (BPM) systems, it has been shown to enhance water dissociation performance while decreasing the electrical resistance of the membrane [4]. Nevertheless, the conventional hydrofluoric acid (HF) etching route widely employed for MXene synthesis presents substantial risks in terms of both environmental impact and human health. Consequently, an alternative etching strategy based on the in situ generation of HF through the LiF + HCl system has been developed as a safer and more sustainable approach, despite its relatively higher operational cost [5].

In the present study, an economic assessment was conducted for the production of $Ti_3C_2T_x$ from Ti_3AlC_2, the synthesis of SPS and AKPS polymers, and the membrane casting process. The analysis comprehensively considered all raw material inputs and energy consumption parameters involved in the production stages. Cost calculations were initially performed in Turkish Lira (TL) and subsequently converted into EURO using an exchange rate of 1 EURO = 50 TL to ensure international comparability. The findings provide insight into the contribution of each production stage to the overall cost and contribute valuable data to the limited body of literature concerning BPM manufacturing cost analysis.

2. METHODOLOGY

In this study, a detailed economic assessment was conducted for the production of $Ti_3C_2T_x$ MXene from the Ti_3AlC_2 precursor phase, the preparation of modified polymer solutions, and the casting processes of bipolar membranes. Within the scope of the study, cost analyses were performed for all production stages, including the synthesis of sulfonated polysulfone (SPS) and aminated chloromethylated polysulfone (AKPS) polymers.

2.1 Synthesis of $Ti_3C_2T_x$ MXene

The MXene synthesis procedure has been described in detail in our previous studies [7]. Two different etching approaches were employed for the synthesis of $Ti_3C_2T_x$ MXene: direct hydrofluoric acid (HF) etching and LiF + HCl-assisted etching. In both methods, 1 g of Ti_3AlC_2 MAX phase was used as the precursor material. In the direct HF method, the MAX phase was treated with a 30% HF solution at 25

°C in a water bath for 24 h. In the LiF + HCl method, LiF was gradually added into the HCl solution, and the resulting mixture was reacted with Ti_3AlC_2 at 60 °C for 57 h under continuous stirring in a water bath. Following the etching process, the obtained products were washed and purified through centrifugation and vacuum filtration in order to obtain MXene nanosheets. During the synthesis process, electrical energy consumption as well as consumables such as filter papers and gases were systematically recorded.

2.2 Preparation of Modified Polymer Solutions

The polymer synthesis procedures have been reported in detail in our previous studies [1]. SPS and AKPS polymers were synthesized to form the cationic and anionic layers of the bipolar membrane, respectively. For SPS synthesis, polysulfone was dissolved in chloroform and subjected to sulfonation by reaction with chlorosulfonic acid under controlled temperature conditions. In the synthesis of AKPS, polysulfone was initially chloromethylated using benzyl chloromethyl ether, followed by an amination reaction with triethylamine. Magnetic stirring and an oven were employed throughout the synthesis processes to obtain homogeneous polymer solutions. In addition, the quantities of chemicals used and the electrical energy consumption during synthesis were carefully documented.

2.3 Membrane Casting Process

The prepared SPS and AKPS solutions were dissolved in dimethylformamide (DMF) at predetermined concentrations and cast onto suitable substrates to fabricate the bipolar membrane layers. The membrane casting procedure was carried out under controlled temperature and humidity conditions. A water bath and oven were utilized for solvent evaporation and membrane solidification. The thickness and surface homogeneity of the fabricated membranes were evaluated by microscopic analyses. Throughout the casting process, energy consumption and solvent usage were closely monitored. Furthermore, a $Ti_3C_2T_x$ MXene interlayer was introduced between the SPS and AKPS layers during membrane fabrication.

2.4 Cost Analysis

The unit prices of all chemicals used in this study were determined based on the 2025 market prices in Turkish Lira (TRY). Electricity consumption costs were calculated according to current energy tariffs. The total production costs were subsequently converted into EURO using an exchange rate of 1 EURO = 50 TRY to ensure international comparability. Detailed cost distributions were prepared and evaluated for each stage of the production process.

3. Results and Discussion

In this study, a detailed cost assessment was carried out for the production of $Ti_3C_2T_x$ MXene from Ti_3AlC_2, the preparation of SPS and AKPS modified polymer solutions, and the membrane casting stages. All production-related costs were calculated based on the current 2025 market prices in Turkish Lira, and the obtained data were subsequently converted into EURO to enhance international comparability.

3.1 Cost Analysis of $Ti_3C_2T_x$ MXene Synthesis

$Ti_3C_2T_x$ MXene was synthesized using two different approaches, namely direct hydrofluoric acid (HF) etching and LiF + HCl-assisted etching (Tables 1 and 2). According to the cost evaluation, the total production cost of the direct HF method was calculated to be approximately 4.96 EURO, whereas the LiF + HCl process resulted in a total cost of approximately 5.55 EURO. In both synthesis routes, a substantial portion of the total cost originated from the electrical energy consumed to maintain the required reaction conditions in the water bath, together with consumables such as filter papers.

Previous studies in the literature have demonstrated that electricity consumption represents a major contributor to both the overall production cost and environmental impact of MXene synthesis processes [8]. In addition, owing to the high toxicity of HF and the associated safety concerns, the LiF + HCl method is frequently considered a safer and more industrially applicable alternative for MXene production [9].

Table 1. Detailed Cost Breakdown of Materials and Processing Steps (HF etching)

Cost Item	Cost (TRY)	Cost (EURO)
Materials		
Ti_3AlC_2 MAX phase	15.43	0.31
Hydrofluoric acid (HF)	2.85	0.06
Nitrogen gas (N_2)	15.00	0.30
Filter paper (0.22 µm)	121.86	2.44
Water bath	74.52	1.49
Centrifuge	3.31	0.07
Vacuum pump	0.03	0.001
Drying oven	14.90	0.30
Total	**247.90**	**4.96**

Table 2. Detailed Cost Breakdown of Materials and Processing Steps (LiF+HCl etching)

Cost Item	Cost (TRY)	Cost (EURO)
Materials		
Ti_3AlC_2 MAX phase	15.43	0.31
Lithium fluoride (LiF)	15.82	0.32
Hydrochloric acid (HCl)	0.84	0.017
Ethanol	40.00	0.80
Nitrogen gas (N_2)	7.50	0.15
Water bath	176.99	3.54
Centrifugation (2 cycles)	6.01	0.12
Drying oven	14.90	0.30
Total	**277.49**	**5.55**

3.2 Cost Analysis of Bipolar Membrane (BPM) Polymer Solution Preparation

According to the cost evaluation, the synthesis cost of the cationic SPS polymer was determined to be approximately 8.27 EURO. In contrast, the synthesis cost of the anionic AKPS polymer was found to be higher, reaching approximately 12.09 EURO (Tables 3 and 4). The increased cost associated with AKPS production primarily originated from the use of high-cost reagents, particularly benzyl chloromethyl ether. Previous studies reported in the literature have also demonstrated that the selection of reagents employed in polymer modification plays a critical role in terms of both production cost and environmental impact [1].

Table 3. Cost Analysis of Cationic Layer Preparation for BPM Synthesis

Cost Category	Cost (TRY)	Cost (EURO)
Total Material Costs	337.05	6.74
Processing and Energy Costs	76.29	1.53
Total Cost	**413.34**	**8.27**

Table 4. Cost Analysis of Anionic Layer Preparation for BPM Synthesis

Cost Category	Cost (TRY)	Cost (EURO)
Total Material Costs	559.19	11.18
Processing and Energy Costs	44.99	0.90
Total Cost	**605.15**	**12.10**

3.3 Cost Analysis of the Membrane Casting Process

According to the cost assessment, the membrane casting process was identified as the least costly stage of the overall production procedure, with a total cost of approximately 0.88 EURO (Table 5). A substantial portion of the cost in this stage originated from the use of dimethylformamide (DMF) solvent and the electrical energy consumed to maintain the required process conditions in the water bath.

Previous studies reported in the literature have primarily focused on process optimization strategies, particularly solvent recovery systems and improvements in energy efficiency, in order to further reduce operational costs.

Table 5. Cost Analysis of Membrane Casting Process

Cost Item	Cost (TRY)	Cost (EURO)
DMF (used for SPS solution)	3.43	0.069
DMF (used for AKPS solution)	2.15	0.043
Water bath	37.26	0.75
Drying oven	1.24	0.025
Total	**44.10**	**0.88**

3.4 Overall Cost Assessment

According to the cost analyses conducted in this study, the total production cost of laboratory-scale bipolar membranes was determined to range between approximately 26.20 and 26.79 EURO, depending on the selected MXene synthesis route. Although these cost levels can be considered acceptable for research-scale applications, it is anticipated that further reductions in production costs could be achieved through process scale-up, optimization of energy consumption, and bulk procurement of raw materials [8].

Within the scope of this study, detailed cost distributions associated with MXene synthesis, polymer modification, and membrane casting processes were comprehensively evaluated. The findings demonstrated that energy consumption, the selection of chemical reagents, and process safety requirements represent the primary parameters directly influencing the overall production cost. Previous studies reported in the literature similarly emphasize that these parameters should be optimized not only from an economic perspective but also in terms of environmental sustainability [8].

Table 6. Comparative Cost Analysis of $Ti_3C_2T_x$ MXene-Based BPM Fabrication Processes

Process Step	Method / Layer	Total Cost (TRY)	Total Cost (EURO)
MXene Synthesis	Direct HF	247.90	4.96
	LiF + HCl	277.49	5.55
Polymer Solution	SPS	413.34	8.27
Preparation	AKPS	605.15	12.10
Membrane Casting		44.10	0.88
Total Cost (SPS + AKPS + MXene + Casting)	**Using HF method**	**1,310.49**	**26.21**
	Using LiF + HCl method	**1,340.08**	**26.80**

4. Conclusion

In this study, a comprehensive cost analysis was conducted for the production of $Ti_3C_2T_x$ MXene from Ti_3AlC_2, the preparation of SPS- and AKPS-based modified polymer solutions, and the bipolar membrane casting processes. The obtained findings demonstrated that the selected MXene synthesis route directly influenced the overall production cost. Although the direct HF etching method was found to be more advantageous in terms of cost, the LiF + HCl method emerged as a promising alternative due to its improved safety profile and environmental sustainability despite its relatively higher cost.

A comparison of the SPS and AKPS polymer layers revealed that AKPS synthesis resulted in considerably higher production costs. This increase was mainly attributed to the use of high-cost chemical reagents during the synthesis process. In contrast, the membrane casting stage was identified as the least expensive step within the overall production chain. Considering the impact of solvent usage and energy consumption on process economics, the optimization of these parameters appears to be of critical importance.

According to the calculations performed in this study, the total production cost of a laboratory-scale bipolar membrane was determined to be approximately 26–27 EURO. These cost levels can be considered acceptable for research-oriented applications.

However, further optimization of the production process is required to improve the industrial applicability of the system, particularly through reducing energy consumption, increasing process efficiency, and optimizing raw material utilization. In addition, the adoption of environmentally friendly chemicals and the implementation of solvent recovery systems are expected to contribute significantly to both economic and environmental sustainability.

Overall, this study provides an economic perspective on the fabrication processes of MXene-based bipolar membranes and highlights the importance of balancing cost efficiency with sustainable production approaches for the broader implementation of advanced membrane technologies in industrial applications.

Acknowledgements

This work was supported by TÜBİTAK project number 122Y006. We thank TÜBİTAK for their support.

References

[1] Çelik, A., Aksoy, Y., Hanay, Ö., Yegin, M., Köse, Y., Demirelli, K., & Hasar, H. (2025). Fabrication and characterization of Ti3C2TX MXene-based bipolar membrane. Journal of Applied Electrochemistry, 55(5), 1281-1294.

[2] Naguib, M., Kurtoglu, M., Presser, V., Lu, J., Niu, J., Heon, M., ... & Barsoum, M. W. (2023). Two-dimensional nanocrystals produced by exfoliation of Ti3AlC2. In MXenes (pp. 15-29). Jenny Stanford Publishing.

[3] Ghidiu, M., Lukatskaya, M. R., Zhao, M. Q., Gogotsi, Y., & Barsoum, M. W. (2023). Conductive two-dimensional titanium carbide 'clay'with high volumetric capacitance. In MXenes (pp. 379-399). Jenny Stanford Publishing.

[4] Zhang, X., Li, Y., Yuan, Y., Wu, C., Wang, X., Liu, Y., & Han, X. (2024). Efficient bipolar membranes with Ti3C2Tx nanosheets as advanced catalysts in the interfacial layers for water splitting. Chemical Engineering Research and Design, 205, 39-46.

[5] Gogotsi, Y., & Anasori, B. (2023). The rise of MXenes. In MXenes (pp. 3-11). Jenny Stanford Publishing.

[6] Liu, L., Ma, H., Khan, M., & Hsiao, B. S. (2024). Recent advances and challenges in anion exchange membranes development/application for water electrolysis: A review. Membranes, 14(4), 85.

[7] Demirelli, K., Barim, E., Çelik, A., Yegin, M., Aksoy, Y., Hanay, Ö., & Hasar, H. (2024). Photoresponse, thermal and electrical behaviors of MXene-based polysulfone nanocomposite. Polymer Bulletin, 81(10), 9051-9072.

[8] Dadashi Firouzjaei, M., Nemani, S. K., Sadrzadeh, M., Wujcik, E. K., Elliott, M., & Anasori, B. (2023). Life-Cycle Assessment of Ti3C2Tx MXene Synthesis (Adv. Mater. 31/2023). Advanced Materials, 35(31), 2370217.

[9] Ungureanu, A., Francini, A., Neri, P., Girimonte, A., Giovanardi, R., Ferrari, A. M., & Rosa, R. (2024). Systematic Life Cycle Environmental Impact Comparison of Alternative Synthetic Strategies for Ti3C2T x MXene. ACS Sustainable Chemistry & Engineering, 12(15), 5893-5906.

AN EVIDENCE-LEVEL SCORECARD FRAMEWORK FOR PRIVACY-PRESERVING TDM TOOL ASSESSMENT

MAHREMİYET KORUYUCU TDM ARAÇLARI İÇİN KANIT DÜZEYİNE DAYALI BİR SCORECARD ÇERÇEVESİ

Asst. Prof. Dr. Ebru ERDEM
Marmara University, Faculty of Applied Sciences, Department of Artificial Intelligence and Machine Learning, Istanbul, Türkiye,
ORCID: 0000-0002-4042-7549

ABSTRACT

The direct use of production data in software testing environments can cause significant issues, including unauthorized access to personal data, violation of the data minimization principle, and increased privacy risks. Under Turkish Personal Data Protection Law (KVKK) and General Data Protection Regulation (GDPR), privacy-preserving methods such as data masking, pseudonymization, anonymization, and synthetic data generation should be applied in test data management (TDM) processes to mitigate these risks. Recent literature has contributed important insights into the privacy risks of synthetic data, re-identification possibilities, and the privacy–utility trade-off. However, studies that jointly evaluate TDM tools using multidimensional criteria – such as GDPR/KVKK-oriented compliance support, Development, Security, and Operations (DevSecOps) integration, data masking capability, synthetic data generation, and data virtualization – remain limited. To address this gap, this study examines DATPROF, Delphix, Tonic.ai, and K2View based on publicly available technical documentation and proposes a documentation-based, evidence-level scorecard framework. The proposed framework includes static data masking, dynamic data masking, synthetic data generation, sensitive data discovery, referential integrity, GDPR/KVKK-oriented compliance support, DevSecOps/CI/CD integration, and data virtualization criteria. Additionally, dashboard-based comparative visualizations are used to enhance the interpretability of the evidence-level assessment results. The findings indicate that the evaluated tools have different strengths across the selected criteria. Overall, this study provides a conceptual decision-support framework that may help organizations reduce personal data risks in testing environments and systematically assess privacy-preserving TDM tools.
Keywords: TDM, KVKK, GDPR, Scorecard Model.

ÖZET

Yazılım test ortamlarında üretim verilerinin doğrudan kullanılması, kişisel verilere yetkisiz erişim, veri minimizasyonu ilkesinin ihlali ve mahremiyet risklerinin artması gibi önemli sorunlara yol açabilmektedir. Kişisel Verileri Koruma Kanunu (KVKK) ve Genel Veri Koruma Tüzüğü (GDPR) kapsamında bu risklerin azaltılması için test verisi yönetimi (TDM) süreçlerinde veri maskeleme, takma ad verme, anonimleştirme ve sentetik veri üretimi gibi mahremiyet koruyucu yöntemlerin uygulanması gerekmektedir. Güncel literatür, sentetik verinin gizlilik riskleri, yeniden tanımlama olasılığı ve gizlilik-yararlılık dengesi üzerine önemli katkılar sunmaktadır. Bununla birlikte, TDM araçlarının GDPR/KVKK odaklı uyum desteği, Development, Security, and Operations (DevSecOps) entegrasyonu, veri maskeleme kapasitesi, sentetik veri üretimi ve veri sanallaştırma gibi çok boyutlu ölçütler üzerinden birlikte değerlendirildiği çalışmalar sınırlıdır. Bu çalışma, söz konusu boşluktan hareketle DATPROF, Delphix, Tonic.ai ve K2View araçlarını açık erişimli teknik dokümantasyonları temelinde incelemekte ve dokümantasyon tabanlı, kanıt düzeyine dayalı bir scorecard çerçevesi önermektedir. Önerilen çerçeve; statik veri maskeleme, dinamik veri maskeleme, sentetik veri üretimi, hassas veri keşfi, referans bütünlüğü, GDPR/KVKK odaklı uyum desteği, DevSecOps/CI/CD entegrasyonu ve veri sanallaştırma ölçütlerini içermektedir. Ayrıca, kanıt düzeyi değerlendirme sonuçlarının yorumlanabilirliğini artırmak amacıyla dashboard tabanlı karşılaştırmalı görselleştirmeler kullanılmıştır. Bulgular, değerlendirilen araçların seçilen ölçütler açısından farklı güçlü yönlere sahip olduğunu göstermektedir. Genel olarak bu çalışma, kurumların test ortamlarında kişisel veri risklerini azaltmasına ve mahremiyet koruyucu TDM araçlarını sistematik biçimde değerlendirmesine yardımcı olabilecek kavramsal bir karar destek çerçevesi sunmaktadır.
Anahtar Kelimeler: TDM, KVKK, GDPR, Scorecard Modeli.

INTRODUCTION

In the software development life cycle, testing environments are a critical stage for evaluating the functional correctness, performance, and reliability of applications. However, these environments are often supported by real user, customer, patient, student, or employee data obtained from production systems. The direct transfer of production data to testing and development environments can create privacy and security risks, such as unauthorized access to personal data, excessive data processing, violation of the data minimization principle, and uncontrolled data dissemination within the software supply chain (Regulation (EU) 2016/679, 2016; Türkiye Cumhuriyeti, 2016; Kişisel Verileri Koruma Kurumu, 2018). Therefore, TDM should be considered a strategic component not only for software quality assurance but also for data protection compliance, corporate information security, and secure software development processes (Kişisel Verileri Koruma Kurumu, 2018; European Commission, n.d.). The GDPR is based on the principles of lawfulness, transparency, purpose limitation, data minimization, storage limitation, integrity, and confidentiality in the processing of personal data (Regulation (EU) 2016/679, 2016). Similarly, the KVKK requires personal data to be processed for specific, explicit, and legitimate purposes, and to be relevant, limited, and proportionate to the purposes for which they are processed (Türkiye Cumhuriyeti, 2016). Considering these principles, the uncontrolled use of real personal data in testing environments may create both legal compliance and technical security risks under the GDPR and KVKK (Regulation (EU) 2016/679, 2016; Türkiye Cumhuriyeti, 2016; European Commission, n.d.). When the GDPR's "privacy by design and by default" approach and the technical and administrative measures emphasized in the KVKK Data Security Guide are considered together, access control, data masking, authorization, logging, and secure test data provisioning are key protective measures for testing environments (Regulation (EU) 2016/679, 2016; Kişisel Verileri Koruma Kurumu, 2018; European Commission, n.d.).

TDM, as commonly described in English-language literature, includes the processes of creating, selecting, subsetting, masking, transforming, synthetically generating, and securely provisioning data for software testing environments. The primary goal of TDM is to enable testing teams to use realistic and consistent data while preventing the exposure of actual personal or sensitive data in testing environments (Regulation (EU) 2016/679, 2016; Türkiye Cumhuriyeti, 2016; Kişisel Verileri Koruma Kurumu, 2018). In this context, techniques such as data masking, pseudonymization, anonymization, generalization, and synthetic data generation are core components of privacy-preserving TDM (Regulation (EU) 2016/679, 2016; Kişisel Verileri Koruma Kurumu, 2018).

Data masking is the process of modifying or concealing sensitive fields while preserving certain structural or semantic characteristics of the original data. Static data masking involves permanently transforming data before it is transferred to testing environments, while dynamic data masking refers to masking data during real-time access based on user authorization levels. Pseudonymization replaces directly identifying attributes with pseudonymous values; anonymization transforms data to reasonably prevent the re-identification of individuals; and generalization represents detailed data under broader categories (Regulation (EU) 2016/679, 2016; Türkiye Cumhuriyeti, 2016; Kişisel Verileri Koruma Kurumu, 2018). These techniques are directly related to the principles of data minimization, purpose limitation, and data security under the GDPR and KVKK frameworks (Regulation (EU) 2016/679, 2016; Türkiye Cumhuriyeti, 2016).

In recent years, synthetic data generation has emerged as an alternative to using real personal data in testing environments. Synthetic data refers to artificial data that replicates the statistical characteristics of real datasets but is not expected to contain records directly linked to real individuals. This approach offers significant opportunities for software testing, artificial intelligence model development, data sharing, and privacy-preserving analytics. However, recent studies show that synthetic data cannot always be considered anonymous or risk-free (Regulation (EU) 2016/679, 2016; Türkiye Cumhuriyeti, 2016; Stadler et al., 2022; Giomi et al., 2022; Pilgram et al., 2025).

Stadler et al. (2022) experimentally demonstrate that synthetic data may not be as safe as commonly assumed from an anonymization perspective, while Giomi et al. (2022) propose the Anonymeter framework to measure "singling out," "linkability," and "inference" risks in synthetic tabular data. These studies indicate that synthetic data generation should be evaluated not only for data utility but also for re-identification and inference attack risks. Similarly, Pilgram et al. (2025) present an expert-based framework for evaluating synthetic data privacy metrics and emphasize that the balance between

synthetic data quality and privacy should be measured systematically. Pezoulas et al. (2024) review synthetic data generation methods, open-source tools, and the privacy–utility trade-off, particularly in highly sensitive domains such as healthcare. In the context of software testing, Rusum and Anasuri (2023) discuss the use of generative models for synthetic test data generation to provide realistic test data and reduce the risk of sensitive data leakage. Overall, the literature shows that synthetic data generation offers significant opportunities for testing processes; however, it should be carefully evaluated for privacy risks and suitability for the intended use.

In TDM, it is important to thoroughly compare not only technical data transformation methods but also the tools that implement these methods. Current TDM solutions provide various capabilities, including static data masking, dynamic data masking, synthetic data generation, sensitive data discovery, referential integrity preservation, subsetting, compliance reporting, data virtualization, and Continuous Integration / Continuous Delivery (CI/CD) integration. The DATPROF, Delphix, Tonic.ai, and K2View tools examined in this study are among the leading commercial solutions in the field of TDM and have different technical strengths. DATPROF's technical documentation offers detailed information on data masking, synthetic data generation, subsetting, and automation processes (DATPROF, n.d.-a, n.d.-b, n.d.-c, n.d.-d). Delphix documentation covers sensitive data discovery, data masking, data virtualization, and DevOps integration (Delphix, n.d.-a, n.d.-b, n.d.-c, n.d.-d). Tonic.ai documentation describes privacy-preserving data generation processes through column-based data transformation, data masking, and synthetic data generation components (Tonic.ai, n.d.-a, n.d.-b, n.d.-c, n.d.-d, n.d.-e, n.d.-f, n.d.-g). K2View resources address TDM processes such as test data generation, data masking, referential integrity, and CI/CD integration in the context of multi-source data management (K2View, n.d.-a, n.d.-b, n.d.-c, n.d.-d, n.d.-e).

DevSecOps and CI/CD processes are also an important dimension in evaluating TDM tools. In modern software development, preparing test data solely through manual processes is insufficient; test data must be securely, traceably, and automatically provisioned to testing environments. DevSecOps guidelines published by National Institute of Standards and Technology (NIST) emphasize integrating secure software development, automated security controls, CI/CD processes, and operational security practices into the software development life cycle (Chandramouli, 2022; National Cybersecurity Center of Excellence, n.d.; Kerman et al., 2026). Guidance from the National Security Agency (NSA) and Cybersecurity and Infrastructure Security Agency (CISA) on protecting CI/CD environments also outlines key principles for CI/CD pipeline security, access control, signing, development environment security, and software supply chain integrity (National Security Agency & Cybersecurity and Infrastructure Security Agency, 2023). Similarly, the Supply-chain Levels for Software Artifacts (SLSA) framework is a current framework that complements the DevSecOps approach regarding software supply chain security and software artifact integrity (SLSA, n.d.). Therefore, TDM tools should be evaluated not only for their data masking or synthetic data generation capabilities, but also for their integration capacity with DevSecOps and CI/CD environments (DATPROF, n.d.-c; Delphix, n.d.-b; K2View, n.d.-d).

However, much of the existing literature focuses on the privacy risks of synthetic data, re-identification possibilities, the privacy–utility trade-off, or specific technical generation methods (Stadler et al., 2022; Giomi et al., 2022; Pilgram et al., 2025; Pezoulas et al., 2024). In contrast, studies that jointly evaluate TDM tools using multidimensional criteria such as GDPR/KVKK-oriented compliance support, data masking capability, synthetic data generation, referential integrity, data virtualization, and DevSecOps/CI/CD integration are limited. This makes it difficult to systematically determine which TDM tool is most suitable for specific privacy and security requirements, particularly in enterprise software testing environments. The primary motivation of this study is to address this gap by proposing a documentation-based, multi-criteria, evidence-level scorecard evaluation framework.

The existing literature primarily addresses individual aspects such as synthetic data privacy risks, anonymization, re-identification, DevSecOps principles, and data protection regulations (Table 1). However, there is still limited research that jointly evaluates TDM tools in terms of GDPR/KVKK compliance, masking capability, synthetic data generation, DevSecOps/CI/CD integration, and data virtualization. To address this gap, this study proposes a documentation-based evidence-level scorecard and compares four commercial TDM tools using a 0–3 evaluation scale supported by dashboard-based visualizations.

Table 1. Position of the proposed study in relation to prior literature

Study	Research Focus	Approach / Tool	Relevance to TDM	Identified Research Gap	Role within the Proposed Study
Stadler et al. (2022)	Risks of synthetic data regarding anonymization	Synthetic data–anonymization discussion	Supports the security rationale for using synthetic data instead of real data in test environments	Does not provide enterprise-level TDM tool selection or multi-criteria tool comparison	Provides a basis for evaluating synthetic data in terms of both availability and evidence level
Giomi et al. (2022)	Measurement of privacy risks in synthetic data	Anonymeter / privacy risk framework	Demonstrates evaluation of synthetic data through re-identification, linkability, and inference risks	Does not present a commercial TDM tool comparison or a GDPR/KVKK-oriented selection model	Justifies considering the synthetic data generation criterion together with privacy risk
Pilgram et al. (2025)	Privacy metrics for synthetic data	Expert-opinion-based metric framework	Emphasizes the need to measure the trade-off between synthetic data quality and privacy	Does not include tool comparison or DevSecOps integration	Supports including synthetic data generation as a separate evaluation dimension in the scorecard
Pezoulas et al. (2024)	Synthetic data generation methods in healthcare	Review of open-source tools and methods	Explains opportunities and risks of synthetic data use in sensitive data domains	Provides limited comparison of commercial TDM tools regarding GDPR/KVKK and enterprise testing processes	Supports the need for careful evaluation of synthetic data in sensitive-data contexts
Rusum & Anasuri (2023)	Synthetic test data generation in software testing	Synthetic test data generated through generative models	Directly contributes to the test data generation dimension of TDM	Does not provide an integrated evaluation with masking, DevSecOps, compliance, and virtualization	Demonstrates that TDM tools should be evaluated not only for data generation, but also through multidimensional capability assessment
DATPROF documentation (DATPROF, n.d.-a, n.d.-b, n.d.-c, n.d.-d)	Data masking, subsetting, runtime, and automation	DATPROF Privacy, Subset, and Runtime documentation	Provides direct evidence for TDM tool capabilities	Documentation alone does not present a comparative academic evaluation	Used as an evidence source for the scorecard-based evaluation of DATPROF
Delphix documentation (Delphix, n.d.-a, n.d.-b, n.d.-c, n.d.-d)	Continuous compliance, masking, data virtualization, and control tower	Delphix Continuous Compliance and Data Control Tower	Provides evidence for enterprise TDM, data virtualization, and DevOps-oriented capabilities	Does not constitute an independent academic multi-criteria benchmark	Supports the evaluation of Delphix in terms of masking, virtualization, and DevSecOps dimensions
Tonic.ai documentation (Tonic.ai, n.d.-a, n.d.-b, n.d.-c, n.d.-d, n.d.-e, n.d.-f, n.d.-g)	Data generation, masking, privacy report, and Fabricate	Tonic.ai Generators, Privacy Report, and Fabricate	Provides strong documentation for synthetic data generation and privacy reporting	May be limited in dimensions such as enterprise data virtualization or on-premises control	Supports the evaluation of Tonic.ai in terms of synthetic data generation and compliance visibility
K2View documentation (K2View, n.d.-a, n.d.-b, n.d.-c, n.d.-d, n.d.-e)	TDM, masking, synthetic data, referential integrity, and CI/CD	K2View TDM and synthetic data documentation	Provides evidence for multi-source TDM and automation processes	Although tool features are documented, no independent academic scorecard is provided	Provides a basis for evaluating K2View in terms of TDM, automation, and governance dimensions
NIST, NSA/CISA, SLSA, and DevSecOps sources (Chandramouli, 2022; National Cybersecurity Center of Excellence, n.d.; Kerman et al., 2026; National Security Agency & Cybersecurity and Infrastructure Security Agency, 2023; SLSA, n.d.)	Secure software development, CI/CD security, and supply chain security	DevSecOps and CI/CD guidelines	Demonstrates that TDM is not only a data preparation activity, but also a component of the secure software development lifecycle	Does not provide a TDM-tool-specific comparative evaluation	Justifies the inclusion of the DevSecOps / CI/CD Integration dimension in the scorecard
This study	Multi-criteria evaluation of privacy-preserving TDM tools	Documentation-based 0–3 evidence-level scorecard; heat map and dashboard visualizations	Compares DATPROF, Delphix, Tonic.ai, and K2View across masking, synthetic data, compliance, DevSecOps, and virtualization dimensions	Does not conduct real-world benchmarking; scores are based on documentation-level evidence	Proposes a GDPR/KVKK-oriented, multi-criteria, and interpretable decision-support framework by integrating fragmented approaches in the literature

Accordingly, this study examines DATPROF, Delphix, Tonic.ai, and K2View using publicly available vendor documentation and proposes an evidence-based decision-support model for GDPR/KVKK-oriented TDM. The model includes criteria such as static data masking, dynamic data masking, synthetic data generation, sensitive data discovery, referential integrity, GDPR/KVKK-oriented compliance support, DevSecOps/CI/CD integration, and data virtualization. These criteria are mapped into five higher-level evaluation dimensions to simplify comparative analysis, and the resulting evaluation output is positioned within a conceptual governance and DevSecOps architecture for privacy-preserving TDM (Figure 1). Thus, the study aims to provide an evaluation framework to help organizations reduce personal data risks in testing environments and systematically assess TDM tools according to their specific needs (Regulation (EU) 2016/679, 2016; Türkiye Cumhuriyeti, 2016; Kişisel Verileri Koruma Kurumu, 2018; European Commission, n.d.; DATPROF, n.d.-a, n.d.-b, n.d.-c, n.d.-d; Delphix, n.d.-a, n.d.-b, n.d.-c, n.d.-d; Tonic.ai, n.d.-a, n.d.-b, n.d.-c, n.d.-d, n.d.-e, n.d.-f, n.d.-g; K2View, n.d.-a, n.d.-b, n.d.-c, n.d.-d, n.d.-e; Chandramouli, 2022; National Cybersecurity Center of Excellence, n.d.; Kerman et al., 2026; National Security Agency & Cybersecurity and Infrastructure Security Agency, 2023; SLSA, n.d.).

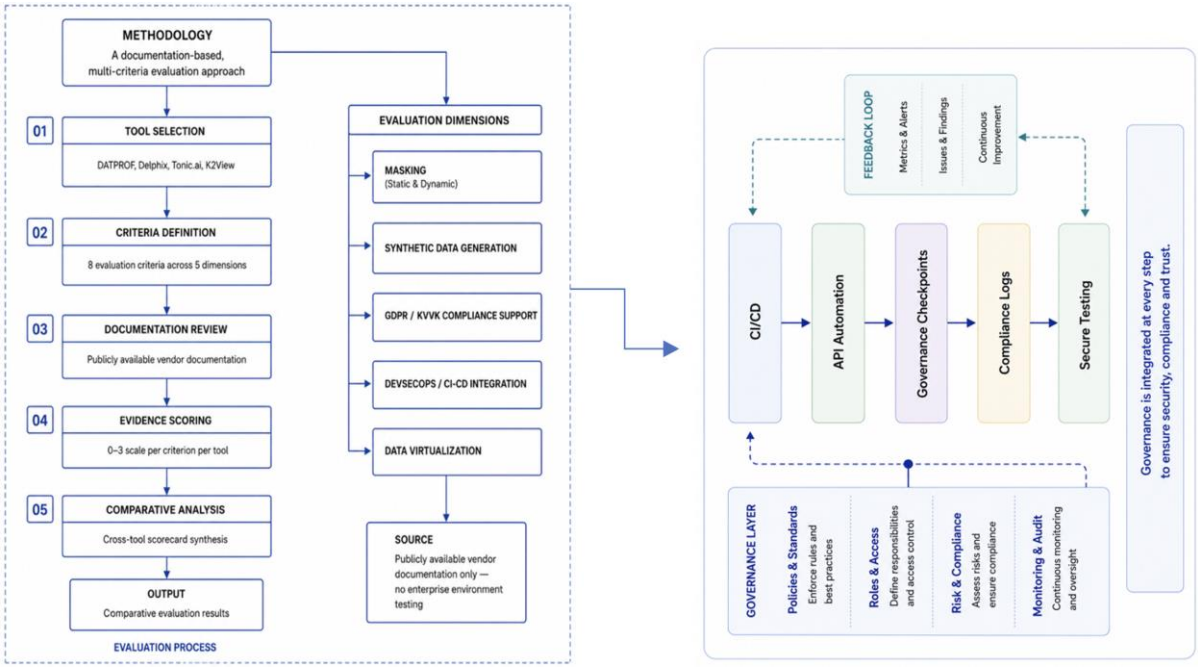


Figure 1. Integrated documentation-based evidence-level evaluation framework and conceptual governance/DevSecOps architecture for privacy-preserving TDM

The main contributions of this study are as follows (Figure 1):

• Proposing a documentation-based evidence-level scorecard framework for privacy-preserving TDM tools,
• Aligning the proposed framework with privacy engineering and privacy-by-design principles in secure software development processes,
• Comparatively evaluating commercial TDM platforms based on GDPR/KVKK-oriented technical capabilities,
• Integrating DevSecOps and CI/CD considerations into TDM assessment,
• Supporting organizations in privacy-oriented TDM tool selection and governance processes,
• Presenting dashboard-based comparative visualizations to enhance interpretability and decision-support capability.

RESEARCH & RESULTS

RESEARCH

Documentation-Based Multi-Criteria Scorecard Analysis

This study does not involve running the selected TDM tools in a real software testing environment or conducting experimental benchmark tests. Instead, the evaluation is based on a qualitative scorecard analysis using publicly available technical documentation, product descriptions, GDPR/KVKK principles, and DevSecOps guidelines. Therefore, the study is not designed as an experimental performance analysis to measure the absolute technical superiority of the tools, but as a conceptual, multi-criteria, evidence-based tool assessment model for GDPR/KVKK-oriented TDM.

Tool Selection

This study examines DATPROF, Delphix, Tonic.ai, and K2View. These tools were selected because they provide publicly available technical product documentation on TDM, data masking, synthetic data generation, data virtualization, automation, and DevSecOps/CI/CD integration. The technical capabilities of the tools were evaluated based on relevant vendor documentation and product descriptions (DATPROF, n.d.-a, n.d.-b, n.d.-c, n.d.-d; Delphix, n.d.-a, n.d.-b, n.d.-c, n.d.-d; Tonic.ai, n.d.-a, n.d.-b, n.d.-c, n.d.-d, n.d.-e, n.d.-f, n.d.-g; K2View, n.d.-a, n.d.-b, n.d.-c, n.d.-d, n.d.-e). Additionally, these tools were chosen because they are widely documented and commercially recognized platforms in the field of TDM.

Determination of Evaluation Criteria

The evaluation criteria used in the scorecard model were determined from three main sources. First, features reported in the technical documentation of TDM tools – such as masking, synthetic data generation, sensitive data discovery, referential integrity, data virtualization, and automation – were examined (DATPROF, n.d.-a, n.d.-b, n.d.-c, n.d.-d; Delphix, n.d.-a, n.d.-b, n.d.-c, n.d.-d; Tonic.ai, n.d.-a, n.d.-b, n.d.-c, n.d.-d, n.d.-e, n.d.-f, n.d.-g; K2View, n.d.-a, n.d.-b, n.d.-c, n.d.-d, n.d.-e). Second, the DevSecOps and CI/CD integration criteria were structured based on the NIST, NSA/CISA, and SLSA frameworks (Chandramouli, 2022; National Cybersecurity Center of Excellence, n.d.; Kerman et al., 2026; National Security Agency & Cybersecurity and Infrastructure Security Agency, 2023; SLSA, n.d.). Third, the GDPR/KVKK-oriented compliance support dimension was evaluated according to the GDPR principles of data minimization, secure processing, and privacy by design, as well as the data security obligations under the KVKK (Regulation (EU) 2016/679, 2016; Türkiye Cumhuriyeti, 2016; Kişisel Verileri Koruma Kurumu, 2018; European Commission, n.d.).

Accordingly, eight main criteria were defined for the scorecard model: static data masking, dynamic data masking, synthetic data generation, sensitive data discovery, referential integrity, GDPR/KVKK-oriented compliance support, DevSecOps/CI/CD integration, and data virtualization.

In the findings section, these eight criteria were summarized under five higher-level evaluation dimensions to present the assessment results in a simpler and more comparable manner. These higher-level dimensions were defined as masking, synthetic data generation, GDPR/KVKK-oriented compliance support, DevSecOps/CI/CD integration, and data virtualization.

Evidence-Level Scorecard Evaluation Approach

Table 2 presents the evidence-level classification approach. The values from 0 to 3 are not experimental success scores measuring the real-world performance of the tools, but qualitative evidence levels indicating the extent to which a given feature is supported in publicly available technical documentation. Therefore, the evaluation does not indicate the absolute superiority of the tools; instead, it reflects the scope of support provided in the documentation for the predefined criteria.

Table 2. Evidence-level classification approach

Evidence level	Description
0	No explicit documentation evidence is available for the relevant feature.
1	The feature is mentioned generally, but technical details or usage examples are limited.

2	The feature is supported by technical explanations, configuration information, or usage examples.
3	The feature is strongly supported by detailed technical documentation, use cases, Application Programming Interface (API) or automation support, integration information, or compliance reporting.

This classification approach aims to make the evaluation process more traceable, comparable, and reproducible. However, the obtained values do not represent the performance of the tools in real enterprise testing environments; instead, they reflect only the evidence levels presented in publicly available documentation. Scoring decisions were based on the consistency, technical depth, implementation detail, and automation support explicitly reported in publicly available documentation. Therefore, the proposed scorecard should be interpreted as a conceptual decision-support framework rather than a statistically validated scoring instrument. The scores reflect the level of support identified in publicly available documentation at the time of review and should not be interpreted as a complete or final assessment of the products' full technical capabilities.

Proposed Conceptual Scorecard Algorithm

The scorecard model proposed in this study is based on a systematic examination of each TDM tool according to predefined evaluation criteria. First, relevant evidence is collected from the technical documentation for each tool. Then, each criterion is assigned an evidence level on a 0–3 scale. Next, the total evidence scores for the tools are calculated, and the tools are comparatively evaluated. This process is presented in pseudocode to make the documentation-based multi-criteria evaluation approach more explicit and traceable. The pseudocode for the proposed evaluation process is provided in Table 3, and the conceptual flowchart is shown in Figure 2.

Table 3. Pseudocode for the privacy-preserving TDM tool evaluation algorithm

Algorithm: Documentation-Based Privacy-Preserving TDM Tool Evaluation

```
Input:
 TDM_Tools = {DATPROF, Delphix, Tonic.ai, K2View}
 Criteria = {StaticMasking, DynamicMasking, SyntheticData,
    DataDiscovery, ReferentialIntegrity,
    ComplianceSupport, DevSecOpsIntegration,
    DatabaseVirtualization}
Output:
 Ranked_TDM_Tools
Begin
 For each tool in TDM_Tools:
  total_evidence_score = 0
  For each criterion in Criteria:
   evidence = collect_documentation_evidence(tool, criterion)
   evidence_level = assign_evidence_level(evidence, scale = 0–3)
   total_evidence_score = total_evidence_score + evidence_level
  store(tool, total_evidence_score)
 Ranked_TDM_Tools = sort_by_total_evidence_score_descending(TDM_Tools)
 Return Ranked_TDM_Tools
End
```

Note: *The pseudocode in Table 3 was not directly taken from any existing source; it was developed by the author as an algorithmic representation of the documentation-based scorecard methodology proposed in this study. The evaluation criteria were determined based on TDM tool documentation, DevSecOps guidelines, and GDPR/KVKK-related sources (Regulation (EU) 2016/679, 2016; Türkiye Cumhuriyeti, 2016; Kişisel Verileri Koruma Kurumu, 2018; European Commission, n.d.; DATPROF, n.d.-a, n.d.-b, n.d.-c, n.d.-d; Delphix, n.d.-a, n.d.-b, n.d.-c, n.d.-d; Tonic.ai, n.d.-a, n.d.-b, n.d.-c, n.d.-d, n.d.-e, n.d.-f, n.d.-g; K2View, n.d.-a, n.d.-b, n.d.-c, n.d.-d, n.d.-e; Chandramouli, 2022; National Cybersecurity Center of Excellence, n.d.; Kerman et al., 2026; National Security Agency & Cybersecurity and Infrastructure Security Agency, 2023; SLSA, n.d.).*

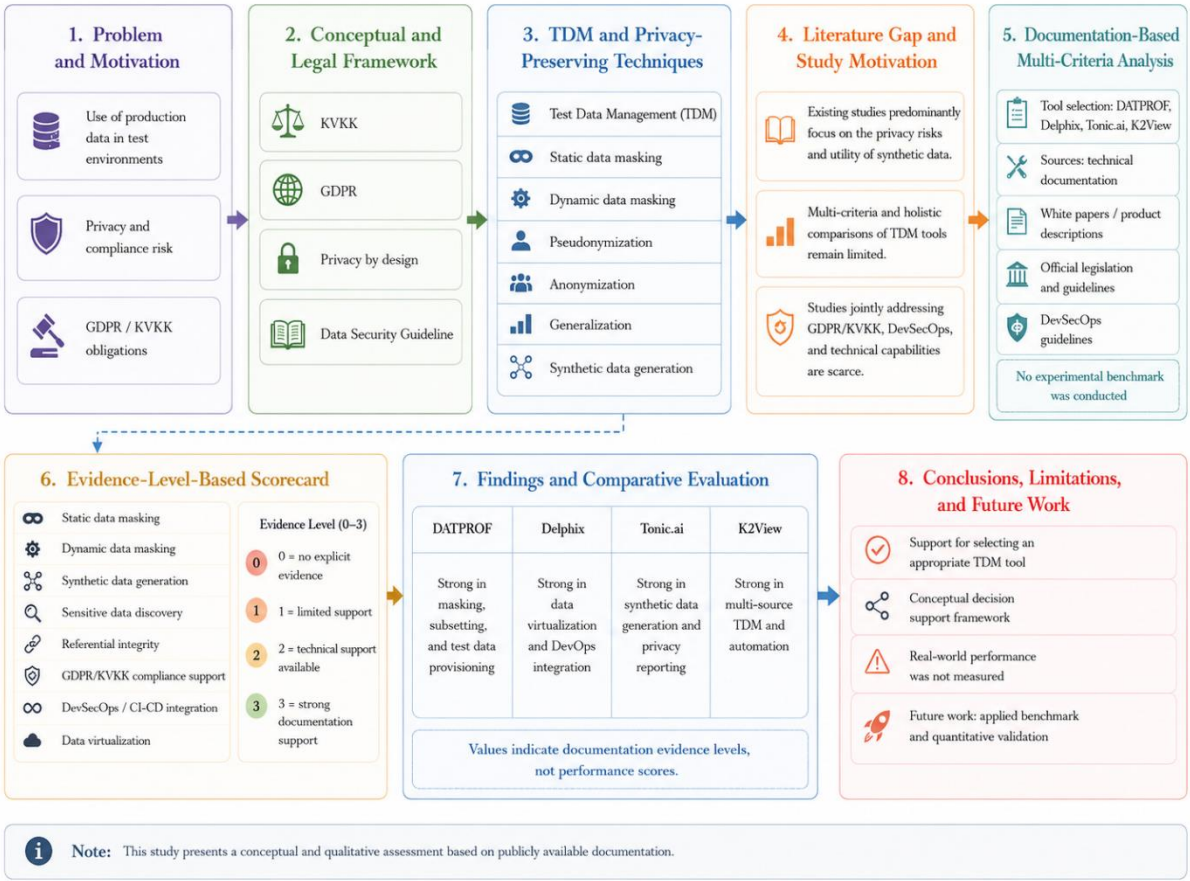


Figure 2. Conceptual flowchart of the documentation-based TDM tool evaluation process
Note: *The flowchart illustrates the evidence-level scorecard evaluation process proposed in this study.*

RESULTS

Evidence-Level Scorecard Findings and Comparative Evaluation

In this section, DATPROF, Delphix, Tonic.ai, and K2View are comparatively evaluated based on the predefined scorecard criteria. The five higher-level dimensions presented in Table 4 provide a summarized comparison of the eight evaluation criteria defined in the methodology section. The values in the table should not be interpreted as experimental success scores or real-world performance measurements; instead, they should be viewed as qualitative evidence levels indicating the extent to which the relevant features are supported in publicly available documentation.

Table 4. Evidence-level comparative scorecard evaluation of TDM tools across five higher-level dimensions

Tool	Masking	Synthetic Data Generation	GDPR/KVKK-Oriented Compliance Support	DevSecOps / CI/CD Integration	Data Virtualization	General Evaluation
DATPROF	3	2	2–3	3	1–2	Provides strong documentation support for rule-based masking, subsetting, and test data provisioning processes.
Delphix	3	1–2	2	3	3	Has a strong documentation foundation in masked

Tonic.ai	3	3	3	2–3	1	virtual data copies, data virtualization, and DevOps integration. Provides strong documentation support for synthetic data generation, column-based data transformation, and privacy-oriented reporting processes.
K2View	3	3	2–3	3	2	Provides strong documentation support for multi-source TDM, synthetic data generation, masking actors, and automation processes.

Note: *The five higher-level dimensions in Table 4 summarize the eight evaluation criteria defined in the methodology section. The evidence levels do not represent experimental performance scores; instead, they reflect the level of support reported in publicly available technical documentation. Values shown as ranges indicate varying levels of support across different product components or documentation modules related to the relevant feature.*

As shown in Table 4, all examined tools provide strong documentation support for data masking functionalities. For synthetic data generation, Tonic.ai and K2View offer more detailed product components and use cases, while DATPROF, although it supports this area, is more prominent in masking, subsetting, and test data provisioning processes. Delphix, by contrast, is distinguished primarily by its data virtualization, masking, and DevOps-oriented test data provisioning, rather than synthetic data generation.

Regarding GDPR/KVKK-oriented compliance support, the features offered by the tools do not directly guarantee legal compliance. However, technical capabilities such as sensitive data discovery, masking, access control, reporting, and traceability may support the implementation of data protection principles in testing environments. Therefore, the scores assigned in this study do not represent formal legal certification; rather, they reflect the extent to which technical and managerial support for compliance-related processes is documented in publicly available sources. Accordingly, compliance support is evaluated not as a declaration of legal conformity, but as the level of technical and managerial support presented in the documentation.

For DevSecOps and CI/CD integration, the automation- and integration-oriented documentation of DATPROF Runtime, Delphix Data Control Tower, and K2View provides strong support. Although Tonic.ai also offers API-based and product-level features that can be integrated into automation processes, the evaluation in this study is limited to the evidence available in publicly accessible documentation.

The eight evaluation criteria defined in the methodology section were summarized under five higher-level evaluation dimensions in Table 4 to present the findings in a more readable and comparable manner. The evidence-level matrix based on these five higher-level dimensions is visually presented in Figure 3 as a scorecard. The scorecard visualization was used to facilitate comparative interpretation across the tools.

Overall, the findings indicate that no single TDM tool is absolutely superior in all scenarios. If an organization's primary need is data virtualization and rapid provisioning of masked virtual data copies, Delphix stands out. If synthetic data generation and privacy-focused data transformation are priorities, Tonic.ai and K2View are stronger options. For rule-based masking, subsetting, and test data provisioning, DATPROF offers a balanced alternative. These findings suggest that the proposed scorecard model provides a conceptual decision-support framework to help structure tool selection according to organizational needs.

To improve interpretability and comparative analysis, dashboard-based visualizations were generated from the evidence-level assessment results.

Figure 3. Documentation-based evidence level scorecard visualization for comparing privacy-preserving TDM tools

Note: *The evidence levels indicate the degree of support reported in publicly available technical documentation and should not be interpreted as experimental performance scores. The five dimensions summarize the eight evaluation criteria defined in the methodology section.*

To complement the core scorecard evaluation presented in Table 4, the database and ecosystem support, deployment and data sovereignty indicators, and comparative technical positioning of the commercial tools were also visualized based on documentation evidence.

Database and Ecosystem Support Matrix

Figure 4 summarizes the evidence levels reported in the documentation regarding masking/TDM ecosystem support, synthetic data workflow, automation/API support, CI/CD integration, and data virtualization. The findings indicate that Delphix excels in data virtualization and enterprise data provisioning; K2View in multi-source TDM and automation support; Tonic.ai in synthetic data generation; and DATPROF in masking, subsetting, and runtime-based automation support. The evaluation dimensions in the figure were developed based on features explicitly reported in the technical documentation of DATPROF, Delphix, Tonic.ai, and K2View (DATPROF, n.d.-a, n.d.-b, n.d.-c, n.d.-d; Delphix, n.d.-a, n.d.-b, n.d.-c, n.d.-d; Tonic.ai, n.d.-a, n.d.-b, n.d.-c, n.d.-d, n.d.-e, n.d.-f, n.d.-g; K2View, n.d.-a, n.d.-b, n.d.-c, n.d.-d, n.d.-e).

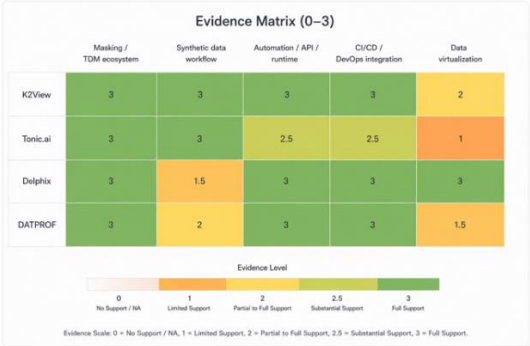


Figure 4. Documentation-based evidence level matrix for database and ecosystem support of TDM tools

Note: *The evidence levels shown reflect support reported in publicly available technical documentation and should not be interpreted as experimental or benchmark performance measurements.*

Conceptual Evaluation in Terms of Deployment and Data Sovereignty

This evaluation does not indicate that the tools provide legal data sovereignty certification. The matrix reflects only the technical evidence levels presented in publicly available documentation regarding deployment and provisioning, organizational control, cloud or managed workflow, governance, and traceability dimensions (Figure 5). The evaluation dimensions in the figure were developed based on features explicitly reported in the technical documentation of DATPROF, Delphix, Tonic.ai, and K2View (DATPROF, n.d.-a, n.d.-b, n.d.-c, n.d.-d; Delphix, n.d.-a, n.d.-b, n.d.-c, n.d.-d; Tonic.ai, n.d.-a, n.d.-b, n.d.-c, n.d.-d, n.d.-e, n.d.-f, n.d.-g; K2View, n.d.-a, n.d.-b, n.d.-c, n.d.-d, n.d.-e).

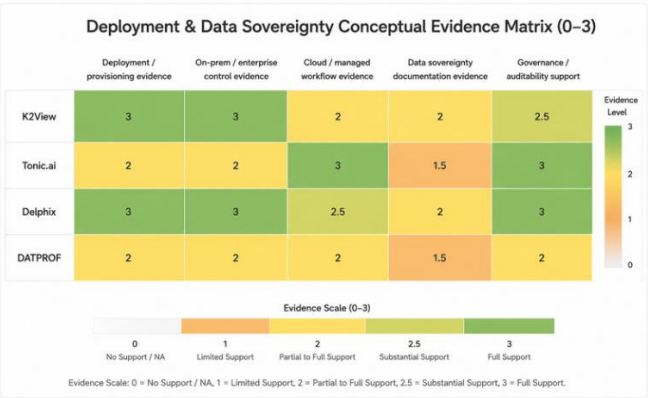


Figure 5. Conceptual evidence level matrix for deployment and data sovereignty indicators

Note: *The evidence levels presented reflect support reported in publicly available technical documentation and should not be interpreted as real-world benchmark or experimental performance measurements.*

Comparative Positioning Among Commercial TDM Tools

Figure 6 shows that the examined commercial TDM tools differ across the dimensions of masking, synthetic data generation, compliance support, DevSecOps/CI/CD integration, and data virtualization. These results support the view that no single tool is superior for all use cases; rather, tool selection should be based on the organization's primary needs. The evaluation dimensions in the figure were developed based on features explicitly reported in the technical documentation of DATPROF, Delphix, Tonic.ai, and K2View (DATPROF, n.d.-a, n.d.-b, n.d.-c, n.d.-d; Delphix, n.d.-a, n.d.-b, n.d.-c, n.d.-d; Tonic.ai, n.d.-a, n.d.-b, n.d.-c, n.d.-d, n.d.-e, n.d.-f, n.d.-g; K2View, n.d.-a, n.d.-b, n.d.-c, n.d.-d, n.d.-e).

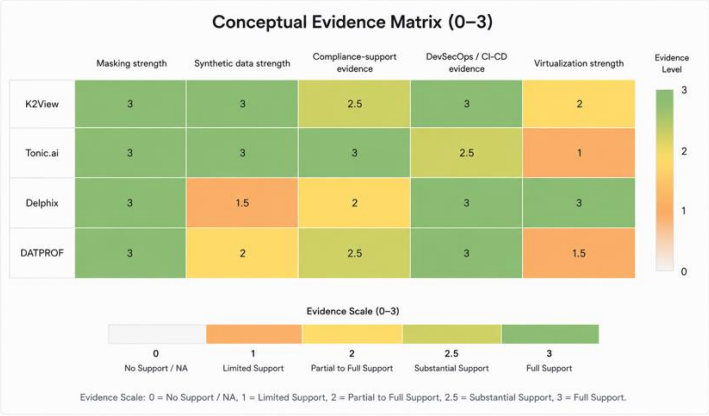


Figure 6. Documentation-based comparative positioning of commercial TDM tools

Note: *The evidence levels shown reflect support reported in publicly available technical documentation and should not be interpreted as real-world benchmark or experimental performance measurements.*

CONCLUSION

The findings should be interpreted as documentation-based, evidence-level assessments rather than real-world benchmark performance results. In this study, data masking and synthetic data generation tools used in software testing environments were evaluated from the perspective of privacy-preserving TDM under the GDPR and KVKK frameworks. The direct use of production data in testing environments may create significant compliance challenges related to data minimization, purpose limitation, data security, and unauthorized access risks. Therefore, techniques such as data masking, pseudonymization, anonymization, generalization, and synthetic data generation are key components of secure TDM.

In the study, DATPROF, Delphix, Tonic.ai, and K2View were examined based on publicly available technical documentation, and a documentation-based, evidence-level scorecard model was proposed. The findings show that the examined tools have different strengths. Delphix excels in data virtualization and DevOps-oriented test data provisioning, while Tonic.ai and K2View are notable for their synthetic data generation and privacy-oriented data transformation capabilities. DATPROF is a strong option for rule-based data masking, subsetting, and test data provisioning.

The main contribution of this study is the presentation of a documentation-based, multi-criteria, evidence-level tool evaluation model for GDPR/KVKK-oriented TDM. The proposed scorecard approach provides a conceptual decision-support framework that may help organizations reduce personal data risks in testing environments and evaluate TDM tools more systematically according to their specific needs. Additionally, the extended dashboard-based comparative visualizations developed in the study enabled comparison of the tools not only in terms of the core scorecard dimensions, but also with respect to database and ecosystem support, deployment and data sovereignty indicators, and comparative technical positioning among commercial tools. The dashboard-based comparative visualizations enhanced the interpretability of the proposed scorecard framework by enabling multi-dimensional comparison across TDM tools. The proposed framework also contributes to privacy-oriented software engineering and governance-oriented TDM assessment processes.

Limitations and Future Work

The main limitation of this study is that the evaluated TDM tools were not tested in a real enterprise environment, and no experimental performance measurements were conducted.

Therefore, the findings do not reflect the actual performance of the tools but instead represent the features and support levels described in publicly available technical documentation. As such, this study should be regarded as a conceptual and qualitative documentation-based evaluation rather than an experimental benchmark analysis. The dashboard-based comparative visualizations should not be interpreted as experimental performance analyses or actual data sovereignty audits; they only illustrate the evidence levels found in publicly available technical documentation.

In future work, the proposed scorecard model is intended to be applied to real or synthetic enterprise datasets. In this context, the model may be experimentally validated using quantitative metrics such as masking accuracy, data utility, re-identification risk, preservation of referential integrity, processing time, automation performance, and CI/CD integration performance. This approach would support the proposed conceptual evaluation framework with practical testing scenarios and transform it into a more objective and measurable tool selection model.

STATEMENTS & DECLARATIONS

Funding

The author declares that no funds, grants, or other support were received during the preparation of this manuscript.

Conflicts of Interest

The author declares no conflicts of interest.

Author Contributions

Ebru ERDEM conceived the study, conducted the analysis, and wrote the manuscript.

REFERENCES

Chandramouli, R. (2022). Implementation of DevSecOps for a microservices-based application with service mesh. *NIST Special Publication*, 800(2022), 204C.

DATPROF. (n.d.-a). *Data Masking*. Available at https://docs.datprof.com/privacy/latest/masking. Accessed May 1, 2026.

DATPROF. (n.d.-b). *DATPROF Privacy Manual*. Available at https://docs.datprof.com/privacy/latest/. Accessed May 1, 2026.

DATPROF. (n.d.-c). *DATPROF Runtime Manual*. Available at https://docs.datprof.com/runtime/latest/. Accessed May 1, 2026.

DATPROF. (n.d.-d). *DATPROF Subset Manual*. Available at https://docs.datprof.com/subset/latest/. Accessed May 1, 2026.

Delphix. (n.d.-a). *Continuous Compliance Documentation*. Available at https://help.delphix.com/cc/. Accessed May 1, 2026.

Delphix. (n.d.-b). *Data Control Tower Documentation*. Available at https://documentation.delphix.com/. Accessed May 1, 2026.

Delphix. (n.d.-c). *Glossary of Major Delphix Concepts*. Available at https://cd.delphix.com/docs/latest/glossary-of-major-delphix-concepts. Accessed May 1, 2026.

Delphix. (n.d.-d). *Masking Use Cases*. Available at https://cd.delphix.com/docs/latest/masking-use-cases. Accessed May 1, 2026.

European Commission. (n.d.). *Legal framework of EU data protection*. Available at https://commission.europa.eu/law/law-topic/data-protection/legal-framework-eu-data-protection_en. Accessed May 1, 2026.

Giomi, M., Boenisch, F., Wehmeyer, C., & Tasnádi, B. (2022). A unified framework for quantifying privacy risk in synthetic data. *arXiv preprint arXiv:2211.10459*.

K2View. (n.d.-a). *Data Masking Tools*. Available at https://www.k2view.com/solutions/data-masking-tools/. Accessed May 1, 2026.

K2View. (n.d.-b). *Knowledge Base*. Available at https://support.k2view.com/knowledge-base.html. Accessed May 1, 2026.

K2View. (n.d.-c). *Masking and Sequence Actors*. Available at https://support.k2view.com/Academy/articles/19_Broadway/actors/07_masking_and_sequence_actors.html. Accessed May 1, 2026.

K2View. (n.d.-d). *Synthetic Data Generation Tools*. Available at https://www.k2view.com/solutions/synthetic-data-generation-tools/. Accessed May 1, 2026.

K2View. (n.d.-e). *TDM Data Generation Implementation*. Available at https://support.k2view.com/Academy/articles/TDM/tdm_implementation/16_tdm_data_generation_implementation.html. Accessed May 1, 2026.

Kerman, A., Ogata, M., Grayeli, P., Klosterman, J., Millwee, P., Stanley, D., ... & Nebenzah, D. (2026). Secure Software Development, Security, and Operations (DevSecOps) Practices.

Kişisel Verileri Koruma Kurumu. (2018). *Veri Güvenliği Rehberi*. Available at https://www.kvkk.gov.tr/yayinlar/veri_guvenligi_rehberi.pdf. Accessed May 1, 2026.

National Cybersecurity Center of Excellence. (n.d.). Secure software development, security, and operations: DevSecOps practices. *National Institute of Standards and Technology*. Available at https://www.nccoe.nist.gov/projects/secure-software-development-security-and-operations-devsecops-practices. Accessed May 1, 2026.

National Security Agency, & Cybersecurity and Infrastructure Security Agency. (2023). *Defending continuous integration/continuous delivery (CI/CD) environments*. Available at https://media.defense.gov/2023/Jun/28/2003249466/-1/-1/0/CSI_DEFENDING_CI_CD_ENVIRONMENTS.PDF. Accessed May 1, 2026.

Pezoulas, V.C., Zaridis, D.I., Mylona, E., Androutsos, C., Apostolidis, K., Tachos, N.S., & Fotiadis, D.I. (2024). Synthetic data generation methods in healthcare: A review on open-source tools and methods. *Computational and Structural Biotechnology Journal*, 23, 2892-2910.

Pilgram, L., Dankar, F.K., Drechsler, J., Elliot, M., Domingo-Ferrer, J., Francis, P., ... & El Emam, K. (2025). A consensus privacy metrics framework for synthetic data. *Patterns*, 6(10).

Regulation (EU) 2016/679 of the European Parliament and of the Council. (2016). *General Data Protection Regulation.* Official Journal of the European Union.

Rusum, G.P., & Anasuri, S. (2023). Synthetic Test Data Generation Using Generative Models. *International Journal of Emerging Trends in Computer Science and Information Technology*, 4(4), 96-108.

SLSA. (n.d.). *Safeguarding artifact integrity across any software supply chain*. Available at https://slsa.dev/. Accessed May 1, 2026.

Stadler, T., Oprisanu, B., & Troncoso, C. (2022). Synthetic data–anonymisation groundhog day. In *31st USENIX Security Symposium (USENIX Security 22)* (pp. 1451-1468).

Tonic.ai. (n.d.-a). *Generator Information.* Available at https://docs.tonic.ai/app/generation/generators. Accessed May 1, 2026.

Tonic.ai. (n.d.-b). *JSON Mask.* Available at https://docs.tonic.ai/app/generation/generators/generator-reference/json-mask. Accessed May 1, 2026.

Tonic.ai. (n.d.-c). *Product Documentation.* Available at https://www.tonic.ai/docs. Accessed May 1, 2026.

Tonic.ai. (n.d.-d). *Regex Mask.* Available at https://docs.tonic.ai/app/generation/generators/generator-reference/regex-mask. Accessed May 1, 2026.

Tonic.ai. (n.d.-e). *Tonic Fabricate*. Available at https://www.tonic.ai/products/fabricate. Accessed May 1, 2026.

Tonic.ai. (n.d.-f). *Using the Privacy Report to Verify Data Protection*. Available at https://docs.tonic.ai/app/generation/privacy-report. Accessed May 1, 2026.

Tonic.ai. (n.d.-g). *XML Mask.* Available at https://docs.tonic.ai/app/generation/generators/generator-reference/xml-mask. Accessed May 1, 2026.

Türkiye Cumhuriyeti. (2016). 6698 sayılı Kişisel Verilerin Korunması Kanunu. *Resmî Gazete* (Sayı: 29677). Available at https://www.mevzuat.gov.tr/mevzuat?MevzuatNo=6698&MevzuatTur=1&MevzuatTertip=5. Accessed May 1, 2026.

SYNTHESIS OF A NANO-CHITOSAN/ASPERGILLUS NIGER COMPOSITE ADSORBENT AND EVALUATION OF ITS PERFORMANCE FOR REACTIVE DYE REMOVAL FROM AQUEOUS SOLUTIONS

NANO-KİTOSAN/ASPERGİLLUS NİGER KOMPOZİT ADSORBENTİN SENTEZİ VE REAKTİF BOYALARIN SULU ORTAMDAN GİDERİM PERFORMANSININ İNCELENMESİ

Hatice AKKOYUN
Mersin University, Faculty of Engineering, Department of Mechanical Engineering, Division of Construction and Manufacturing, Mersin, Türkiye

Asst. Prof. Banu SUGÖZÜ
Mersin University, Faculty of Engineering, Department of Mechanical Engineering, Division of Construction and Manufacturing, Mersin, Türkiye
ORCİD: ID/ 0000-0002-7798-2677

Dr. Barbaros DURMUS
Batman University, Faculty of Engineering and Architecture, Batman, Türkiye, 72000
ORCİD: ID/ 0000-0002-4991-2436

Abstract
Textile industry effluents cause significant environmental concerns, particularly due to reactive dyes that may lead to persistent coloration, reduced light penetration, inhibition of photosynthetic activity, and ecotoxic effects in receiving aquatic environments. The high water solubility, complex aromatic structures, and limited removability of reactive dyes by conventional treatment processes highlight the need for sustainable, low-cost, and reusable adsorbent materials. In this study, a bio-based composite adsorbent combining nano-chitosan and *Aspergillus niger* biomass is proposed for the removal of reactive dyes from aqueous media.
The nano-chitosan structure will be prepared using the ionic gelation method, and pre-treated *A. niger* biomass will be incorporated into this matrix to obtain the composite adsorbent. The structural, morphological, surface, and thermal properties of the developed material will be characterized by FTIR, SEM, pH_PZC, TGA, and, if available, zeta potential analysis. The adsorption performance will be investigated in batch systems by evaluating the effects of key process variables, including pH, adsorbent dosage, contact time, initial dye concentration, temperature, and ionic strength. The experimental data will be interpreted using kinetic models such as pseudo-first-order, pseudo-second-order, and intraparticle diffusion models, together with Langmuir and Freundlich isotherm models. In addition, regeneration and reusability experiments will be conducted to assess the sustainable application potential of the adsorbent.
The originality of this study lies in combining the functional group richness of nano-chitosan with the biosorption potential of *A. niger* biomass within a single hybrid adsorbent structure. The comparative evaluation of the composite adsorbent with pure nano-chitosan and pure biomass will allow the possible synergistic contribution of the hybrid structure to be experimentally assessed. Therefore, this study has the potential to provide an environmentally friendly, low-cost, and applicable adsorbent strategy for the removal of reactive dye pollution from textile wastewater.
Keywords: Nano-chitosan, *Aspergillus niger*, composite adsorbent, reactive dye, adsorption, textile wastewater, biosorption

Özet
Tekstil endüstrisi kaynaklı atıksular, özellikle reaktif boyalar nedeniyle alıcı su ortamlarında kalıcı renklenme, ışık geçirgenliğinde azalma, fotosentetik aktivitenin baskılanması ve ekotoksik etkiler gibi önemli çevresel sorunlara yol açmaktadır. Reaktif boyaların yüksek suda çözünürlüğe sahip olmaları, kompleks aromatik yapıları ve geleneksel arıtma proseslerinde her zaman yeterli düzeyde giderilememeleri, sürdürülebilir, düşük maliyetli ve tekrar kullanılabilir adsorbentlerin geliştirilmesini gerekli kılmaktadır. Bu çalışma kapsamında, reaktif boyaların sulu ortamlardan giderimi amacıyla nano-

kitosan ile *Aspergillus niger* biyokütlesini bir araya getiren biyobazlı bir kompozit adsorbentin geliştirilmesi amaçlanmaktadır.

Çalışmada nano-kitosan yapısı iyonik jelasyon yöntemiyle hazırlanacak, ön işlemden geçirilmiş *A. niger* biyokütlesi bu yapıya dâhil edilerek kompozit adsorbent elde edilecektir. Geliştirilen materyalin yapısal, morfolojik, yüzeysel ve termal özellikleri FTIR, SEM, pH_PZC, TGA ve uygun altyapı sağlanması halinde zeta potansiyeli analizleri ile karakterize edilecektir. Adsorpsiyon performansı kesikli sistemde pH, adsorbent dozu, temas süresi, başlangıç boya derişimi, sıcaklık ve iyonik güç gibi temel proses değişkenleri açısından değerlendirilecektir. Elde edilecek deneysel veriler, pseudo-first-order, pseudo-second-order ve intrapartikül difüzyon gibi kinetik modeller ile Langmuir ve Freundlich izoterm modelleri kullanılarak yorumlanacaktır. Ayrıca adsorbentin rejenerasyon ve tekrar kullanım performansı incelenerek sürdürülebilir uygulama potansiyeli değerlendirilecektir.

Çalışmanın özgün yönü, nano-kitosanın fonksiyonel grup zenginliği ile *A. niger* biyokütlesinin biyosorpsiyon potansiyelini tek bir hibrit adsorbent yapıda birleştirmesidir. Kompozit adsorbentin saf nano-kitosan ve saf biyokütle ile karşılaştırmalı olarak değerlendirilmesi, olası sinerjik etkinin deneysel olarak ortaya konmasına imkân sağlayacaktır. Bu yönüyle çalışma, tekstil atıksularındaki reaktif boya kirliliğinin giderimi için çevre dostu, düşük maliyetli ve uygulanabilir yeni bir adsorbent yaklaşımı sunma potansiyeline sahiptir.

Anahtar kelimeler: Nano-kitosan, *Aspergillus niger*, kompozit adsorbent, reaktif boya, adsorpsiyon, tekstil atıksuyu, biyosorpsiyon

UREA-CROSSLINKED ULEXITE-REINFORCED POLY(GMS)-BASED ADHESIVES FOR METAL–METAL BONDING: SYNTHESIS AND MECHANICAL EVALUATION

ÜRE İLE ÇAPRAZ BAĞLANMIŞ ULEKSİT TAKVİYELİ POLİ(GMS) BAZLI YAPIŞTIRICILAR: METAL-METAL BAĞLAMA İÇİN SENTEZ VE MEKANİK DEĞERLENDİRME

Harun GÜLER
Bursa Uludağ University, Faculty of Science and Arts, Chemistry, Bursa, Turkey.
ORCID: 0009-0000-8224-5084

Arş. Gör. Dr. ŞAHİN ÖZEL
Bursa Uludağ University, Faculty of Science and Arts, Chemistry, Bursa, Turkey.
ORCID: 000-0002-7958-4533

Doç. Dr. MESUT GÖRÜR
Bursa Uludağ University, Faculty of Science and Arts, Chemistry, Bursa, Turkey
ORCID: 0000-0002-5502-6561

ABSTRACT

In this study, urea-crosslinked Poly(GMS)-based adhesive systems reinforced with ulexite particles were developed for metal–metal bonding applications. Poly(2,3-epithiopropyl methacrylate) (Poly(GMS)) was synthesized and subsequently cured using a urea-based crosslinking agent to enhance network formation and mechanical stability. To further improve interfacial adhesion and load-bearing capacity, micro-sized ulexite particles were incorporated into the adhesive matrix at varying filler loadings. The prepared adhesive formulations were applied to aluminum substrates, and single-lap shear joints were fabricated and tested in accordance with ASTM D1002. The results revealed that both urea- induced crosslinking and controlled ulexite incorporation significantly influenced joint performance. The crosslinked systems exhibited improved stiffness and shear strength compared to non-crosslinked counterparts, indicating enhanced network integrity. Ulexite reinforcement provided additional mechanical enhancement up to an optimum filler content, beyond which performance deterioration was observed due to particle agglomeration and reduced stress transfer efficiency. Overall, the findings demonstrate that urea crosslinking combined with controlled ulexite reinforcement offers an effective strategy for developing high-performance Poly(GMS)-based structural adhesives suitable for advanced metal–metal bonding applications.

Keywords: Ulexite reinforcement, Metal–metal bonding, Poly(GMS)-based system.

ÖZET

Bu çalışmada, metal-metal birleştirme uygulamaları için uleksit parçacıkları ile güçlendirilmiş, üre ile çapraz bağlanmış Poli(GMS) bazlı yapıştırıcı sistemleri geliştirilmiştir. Poli(2,3-epitiyopropil metakrilat) (Poli(GMS)) sentezlenmiş ve ağ oluşumunu ile mekanik stabiliteyi artırmak amacıyla üre bazlı bir çapraz bağlayıcı kullanılarak kürlenmiştir. Arayüzey yapışmasını ve yük taşıma kapasitesini daha da iyileştirmek için, mikro boyutlu uleksit parçacıkları farklı dolgu oranlarında yapıştırıcı matrisine dahil edilmiştir. Hazırlanan yapıştırıcı formülasyonları alüminyum veya çelik substratlara uygulanmış, tek-bindirmeli kesme (single-lap shear) bağlantıları üretilmiş ve ASTM D1002 standartlarına göre test edilmiştir. Sonuçlar, üre indüklü çapraz bağlanmanın ve kontrollü uleksit ilavesinin eklem performansını önemli ölçüde etkilediğini ortaya koymuştur. Çapraz bağlı sistemler, çapraz bağlı olmayan muadillerine kıyasla artan sertlik ve kesme mukavemeti sergileyerek gelişmiş ağ bütünlüğünü işaret etmiştir. Uleksit takviyesi, optimum dolgu içeriğine kadar ilave mekanik iyileştirme sağlamış; bunun ötesinde partikül aglomerasyonu ve azalan stres transfer verimliliği nedeniyle performans bozulmaları gözlemlenmiştir. Genel olarak bulgular, üre çapraz bağlanmasının kontrollü uleksit takviyesi ile birleştirilmesinin, gelişmiş metal-metal bağlama uygulamaları için yüksek performanslı Poli(GMS) bazlı yapısal yapıştırıcılar geliştirmek adına etkili bir strateji sunduğunu göstermektedir.

Anahtar Kelimeler: Üleksit takviyesi, Metal-metal bağlanması, Poli(GMS)-bazlı sistem.

INTRODUCTION

Otomotiv ve havacılık sektörlerinde, araç ve yapıların toplam ağırlığını düşürerek enerji tasarrufu sağlamak kritik bir hedeftir. Bu bağlamda, ağırlık tasarrufu sağlamak için kaynak ve perçin gibi geleneksel yöntemlerin yerini giderek yapısal polimer yapıştırıcılar almaktadır. Bu yapıştırıcılar, metal yüzeyler arasındaki stres dağılımını optimize ederek üstün bir yapışma gücü sunmakta ve yorulma direncini artırmaktadır.

Endüstrinin bu teknolojik ihtiyacını karşılarken sürdürülebilirliği de göz önünde bulundurmak amacıyla, Poli(GMS) (Gliserol monostearat) biyo-uyumlu ve esnek bir polimerik temel (matris) olarak seçilmiştir. Ancak yalnızca organik bir matris, yüksek mekanik dayanım gerektiren endüstriyel standartları karşılamada yetersiz kalabilmektedir. Malzemenin dayanımını ve termal stabilitesini artırmak için polimer zincirleri arasında hidrojen bağları kuran güçlü bir çapraz bağlayıcı olarak "Üre (Urea)" sisteme entegre edilmiştir. Yapıya inorganik bir dolgu maddesi olarak Türkiye'nin zengin bor kaynaklarından olan Üleksit katılarak hibrit bir formül (organik-inorganik) elde edilmiştir.

Bu çalışma, geliştirilen formülün çevreci yaklaşımını, düşük maliyetini ve yüksek kesme dayanımını (shear strength) değerlendirmek üzerine odaklanmıştır.

CONCEPTUAL FRAMEWORK

Üleksit ve Üre Sinerjisi Geliştirilen yapıştırıcının elde ettiği başarı ve teorik altyapısı, sistem içerisindeki üçlü bir etkileşim ağına (sinerjiye) dayanmaktadır.

- **Kimyasal Esneklik:** Ana polimer matrisi olan Poli(GMS), viskoelastik özellikleri sayesinde uygulanacağı metal yüzeye tam uyum sağlar ve yapıya temel bir esneklik kazandırır.
- **Ağ Yapısı:** Çapraz bağlayıcı üre, polimer matris içerisinde moleküler hareketliliği kısıtlar, sisteme rijitlik katar ve güçlü bir ağ yapısı oluşturur.
- **Fiziksel Bariyer:** İnorganik faz olan üleksit kristalleri, kompozit içerisinde fiziksel bir bariyer oluşturarak muhtemel çatlak ilerlemelerini durdurur ve uygulanan mekanik yükü yüzeye homojen bir şekilde dağıtır.

METHODOLOGY

Hammadde ve Sentez Bileşenleri

Yapıştırıcının üretim sürecinde üç ana bileşen kullanılmıştır:

- *Poli(GMS):* Esnek yapısıyla yüzey uyumunu sağlayan ana matristir.
- *Üre:* Termoset bir karakter kazandıran çapraz bağlayıcıdır.
- *Üleksit:* Yapısal bütünlüğü ve sertliği dengeleyen inorganik dolgudur.

Test Metodolojisi (Lap-Shear Düzeni) Mekanik performans analizleri, endüstri standardı olan Lap-Shear test düzeni ile gerçekleştirilmiştir.

1. İki metal plaka (çelik veya alüminyum) belirlenen standart bir alanda sentezlenen yapıştırıcı formülü ile birleştirilmiştir.
2. Sistem, polimerizasyon ve çapraz bağlanma sürecinin tamamlanması için oda sıcaklığında veya kontrollü ısı altında kürlenmeye bırakılmıştır.
3. Kürlenme sonrası test plakaları çekme cihazına (pres/tensile tester) yerleştirilerek zıt yönlere doğru çekilmiş ve yapıştırıcının koptuğu andaki maksimum yük kapasitesi ölçülmüştür.

FINDINGS AND RESULTS

Spektroskopik Analiz: FT-IR Bulguları Sentezlenen yapıştırıcının kimyasal bağ yapısı ve gerçekleşen reaksiyonlar FT-IR analizi ile doğrulanmıştır.

- **1630 cm^{-1} Piki:** Üre gruplarına ait karbonil (C=O) gerilme titreşimleridir. Bu bulgu, çapraz bağlanma reaksiyonunun sistemde başarıyla gerçekleştiğini kanıtlamaktadır.
- **1100 cm^{-1} Piki:** Poli(GMS) yapısındaki C-O bağlarını ve üleksitin katılımıyla oluşan bor- oksijen etkileşimlerini göstermektedir.
- **3300 cm^{-1} Bandı:** Moleküller arası güçlü hidrojen bağlarını temsil eden N-H ve O-H gruplarının varlığını kanıtlar.

Mekanik Performans: Kesme Dayanımı (Shear Strength) Üleksit katkısının yapıştırıcı performansına etkisi incelendiğinde, inorganik dolgu oranının artmasıyla Kesme Dayanımında (Shear Strength) lineer bir artış görülmüştür.

- **P1 (%1 Üleksit Dolgulu):** 0.22 MPa
- **P2 (%2 Üleksit Dolgulu):** 0.26 MPa
- **P4 (%4 Üleksit Dolgulu):** 0.28 MPa

Sonuçlar incelendiğinde, %4 oranındaki üleksit takviyesinin, çatlak ilerlemesini başarılı bir şekilde durdurarak polimer matrisin uygulanan yükü taşıma kapasitesini maksimuma çıkardığı tespit edilmiştir.

CONCLUSION AND DISCUSSION

Yapılan bu araştırma, metal-metal bağlanması için tasarlanan üre çapraz bağlı yapısal sistemlerin, endüstriyel gereksinimleri karşılayacak düzeyde yüksek performans sergilediğini ortaya koymaktadır. FT-IR spektroskopik analizleri ile formülün moleküler düzeydeki sentez sürecinin başarılı bir şekilde tamamlandığı bilimsel olarak doğrulanmıştır.

Deney sonuçlarına göre, matris yapısına inorganik üleksit takviyesi yapılması, malzemenin mekanik dayanım (MPa) değerlerini belirgin bir biçimde iyileştirmektedir ve endüstriyel kullanımlar için maliyet-etkin bir formül sunmaktadır. Hem düşük maliyetli bor minerali kullanımı hem de biyo-bazlı Poli(GMS) matris tercih edilmesi, formülü sürdürülebilir yapıştırıcı teknolojilerine çok iyi bir örnek yapmaktadır.

Bu niteliklere sahip sistem; otomotiv endüstrisinde kapı panelleri ile iç aksamların birleştirilmesinde , havacılıkta kompozit-metal hibrit yapılarının inşasında , ve inşaat sektöründe metal levha kaplamaları ile montaj yapıştırıcılarında güçlü bir ticari potansiyel barındırmaktadır.

REFERENCES

ASTM International. (2010). *ASTM D1002-10: Standard Test Method for Apparent Shear Strength of Single-Lap-Joint Adhesively Bonded Metal Specimens by Tension Loading (Metal- to-Metal)*. West Conshohocken, PA: ASTM International.

Ebewele, R. O. (2000). *Polymer Science and Technology*. CRC Press.

Güler, H. (2024). *Metal-Metal Bağlanması İçin Üre Çapraz Bağlı Üleksit Takviyeli Yapıştırıcılar: Sentez ve Mekanik Değerlendirme Süreçleri*. Bursa Uludağ Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi, Kimya Bölümü, Fizikokimya A.B.D., Bursa, Türkiye.

Kıpçak, A. S., & Moroydor Derun, E. (2014). The role of boron minerals in polymer composites and their effect on mechanical properties. *Journal of Composite Materials*, 48(12), 1485-1492.

Sarı, B., & Aksoy, E. A. (2021). Friction and wear behavior of fiber-reinforced polymer-matrix composites containing ulexite. *Polymer Composites*, 42(5), 2314-2323.

Wang, Y., & Chen, X. (2020). Poly(ester urea)-Based Adhesives: Improved Deployment and Adhesion by Incorporation of Polar Segments. *ACS Applied Materials & Interfaces*, 12(4), 5120-5128.

Zhang, L., et al. (2018). Segregation and crosslinking in urea-formaldehyde/epoxy resins: A study by high-resolution XPS and FT-IR. *International Journal of Adhesion and Adhesives*, 84, 11-19.

BAKIR VE HALOJENLİ ALEV GECİKTİRİCİ İÇERMEYEN YANMAZ VE CAM ELYAF TAKVİYELİ PA 6/PA6.6 KOMPOZİTLERİNİN GELİŞTİRİLMESİ

DEVELOPMENT OF HALOGEN-FREE AND COPPER-FREE FLAME-RETARDANT POLYAMIDE 6.6 MATERIALS REINFORCED WITH GLASS FIBER

Hatice ÇİÇEKÇİ
Technology&Innovation Engineer, Epsan Plastik
ORCID: 0009-0003-6531-1029

Özet
Elektrik ve elektronik (E&E) sektöründe kullanılan polimerik malzemelerin yanmazlık, düşük elektriksel geçirgenlik ve çevresel uyumluluk gibi özellikleri, özellikle elektrikli araçların yüksek gerilim sistemlerinde güvenli ve uzun ömürlü kullanım açısından kritik öneme sahiptir. Geleneksel yanma geciktirici sistemlerde yaygın olarak kullanılan halojen ve bakır içeren alev geciktirici katkılar, çevresel regülasyonlar ve yeni nesil uygulama gereksinimleri doğrultusunda sürdürülebilir ve yüksek performanslı alternatiflerle yer değiştirmektedir. Bu çalışmada cam elyaf takviyeli Poliamid 6 (PA6)/ Poliamid 6.6 (PA6.6) karışımı esaslı, halojen ve bakır içermeyen, yanmaz kompozit malzemelerin geliştirilmesi amaçlanmıştır. Çalışmada, farklı oranlarda kullanılan alev geciktirici katkının etkisi incelenmiştir. Farklı oranlarda kullanılan katkının matrisin kristalin yapı, erime sıcaklığı ve mekanik performans, yanmazlık ve elektriksel özellikler üzerindeki etkisi sistematik olarak değerlendirilmiştir. Kompozitler çift vidalı ekstrüzyon yöntemi ile üretilmiş, granül haline getirilmiş ve standart test numuneleri enjeksiyon kalıplama yöntemi ile elde edilmiştir. Kompozitler; mekanik (çekme, eğilme, darbe), ısı sapma sıcaklığı (HDT) ve yangın performansı (UL94, GWIT, GWFI) açısından kapsamlı olarak karakterize edilmiştir. Geliştirilen halojen ve bakır içermeyen malzemelerin, UL94 V-0 seviyesinde yanmazlık performansı ve yüksek kızgın tel dayanımı sağladığı belirlenmiştir. Ayrıca, düşük elektriksel geçirgenlik değerleri sayesinde elektrikli araçların yüksek gerilim uygulamalarında güvenle kullanılabileceği gösterilmiştir. Sonuç olarak, bu çalışma PA6/PA6.6 karışımı esaslı, çevre dostu ve yüksek performanslı yanmaz kompozitlerin geliştirilmesine katkı sağlamakta; elektrikli araçlar başta olmak üzere E&E sektöründe kullanımına yönelik önemli bir alternatif malzeme sunmaktadır. Aynı zamanda, yerli üretim ve endüstriyel uygulama potansiyeli açısındanda önemli bir katma değer oluşturmaktadır.
Anahtar Kelimeler: Cam Elyaf, Halojensiz Alev Geciktirici, Elektrikli Araçlar, Bakır İçermeyen Yanma Geciktirici, UL94, GWIT/GWFI

Abstract
Polymeric materials used in the electrical and electronic (E&E) sector must have important properties such as flame resistance, low electrical conductivity, and environmental compatibility. These properties are very important for safe and long-term use, especially in high-voltage systems of electric vehicles. Traditional flame-retardant systems usually contain halogen and copper. However, because of environmental regulations and new application needs, these materials are being replaced by more sustainable and high-performance alternatives. In this study, it is aimed to develop flame-retardant composite materials based on glass fiber reinforced Polyamide 6 (PA6)/Polyamide 6.6 (PA6.6) blend, without halogen and copper. The effect of flame-retardant additives used in different ratios was investigated. The effects of these additives on the crystalline structure, melting temperature, mechanical performance, flame resistance, and electrical properties of the material were evaluated systematically. The composites were produced by twin-screw extrusion, converted into granules, and standard test samples were prepared by injection molding. The materials were tested in terms of mechanical properties (tensile, flexural, impact), heat deflection temperature (HDT), and fire performance (UL94, GWIT, GWFI). Results showed that the developed materials achieved UL94 V-0 flame resistance level and high glow wire resistance. In addition, due to their low electrical conductivity, they can be safely used in high-voltage applications of electric vehicles. In conclusion, this study contributes to the development of environmentally friendly and high-performance flame-retardant composites based on PA6/PA6.6 blends.

These materials offer an important alternative for use in the E&E sector, especially in electric vehicles. It also provides added value in terms of local production and industrial application potential.

Keywords: Glass Fiber, Halogen-Free Flame Retardant, Copper-Free Flame Retardant, Electric Vehicles, UL94, GWIT/GWFI

HAVACILIK UYGULAMALARINA YÖNELİK METAL EKLEMELİ İMALAT İLE ÜRETİLEN Ti_6AL_4V ALAŞIMI ÜZERİNE KAPLANAN PVD-TİN FİLMLERİNİN KOROZYON DAVRANIŞININ İNCELENMESİ

INVESTIGATION OF THE CORROSION BEHAVIOR OF PVD-TIN FILMS COATED ON ADDITIVELY MANUFACTURED TI_6AL_4V ALLOY FOR AEROSPACE APPLICATIONS

Dr. Merve TAFTALI KÖSEOĞLU
Erzurum Technical University, High Technology Application and Research Center (YUTAM), Erzurum, Turkey,
ORCİD: ID/0000-0003-2455-9725

Abstract
Titanium alloys, particularly Ti_6Al_4V, play an indispensable role in the production of critical structural components and engine parts in the aerospace industry due to their high specific strength and superior corrosion resistance. Today, metal additive manufacturing (AM) methods are increasingly preferred for these alloys owing to the design flexibility and material efficiency they provide in fabricating complex-geometry parts. However, the inherent nature of the AM process can induce high surface roughness, residual stresses, and microstructural heterogeneities, which may adversely affect the corrosion performance of the components under harsh service conditions. Particularly in aerospace engines and aircraft operating in marine atmospheres, hot corrosion and electrochemical degradation caused by sulfate salts (e.g., Na_2SO_4) severely limit the service life of these components.
In this study, Titanium Nitride (TiN) ceramic coatings were synthesized using the cathodic arc physical vapor deposition (PVD) technique to improve the surface properties and enhance the corrosion resistance of Ti_6Al_4V alloy produced via metal additive manufacturing for aerospace applications. The surface morphologies and structural properties of both coated and uncoated samples were characterized. The corrosion behaviors of the specimens were investigated using electrochemical methods in a 3.5% Na_2SO_4 solution, simulating a sulfate-induced corrosive environment. The findings demonstrated that the dense, homogeneous, and highly adherent TiN ceramic coating applied via the cathodic arc PVD method formed a physical barrier between the corrosive electrolyte and the substrate material (Ti64).
Keywords: Additive Manufacturing, Ti_6Al_4V, PVD, TiN Ceramic Coating, Corrosion, Aerospace.

Özet
Titanyum alaşımları, özellikle Ti_6Al_4V, yüksek özgül mukavemetleri ve üstün korozyon dirençleri nedeniyle havacılık endüstrisinde kritik yapısal bileşenlerin ve motor parçalarının üretiminde vazgeçilmez bir role sahiptir. Günümüzde karmaşık geometrili parçaların üretiminde sağladığı tasarım esnekliği ve malzeme verimliliği ile metal eklemeli imalat (AM) yöntemleri bu alaşımlar için giderek daha fazla tercih edilmektedir. Ancak, eklemeli imalat prosesi doğası gereği yüksek yüzey pürüzlülüğü, kalıntı gerilmeler ve mikroyapısal heterojenlikler yaratabilmekte; bu durum bileşenlerin zorlu servis koşulları altındaki korozyon performansını olumsuz etkileyebilmektedir. Özellikle havacılık motorlarında ve denizel atmosferde faaliyet gösteren hava araçlarında, sülfat tuzlarının (örn. Na_2SO_4) neden olduğu sıcak korozyon ve elektrokimyasal bozunmalar parçaların servis ömrünü ciddi şekilde kısıtlamaktadır.
Bu çalışmada, havacılık uygulamalarında kullanılmak üzere metal eklemeli imalat yöntemiyle üretilen Ti_6Al_4V alaşımının yüzey özelliklerini iyileştirmek ve korozyon dayanımını artırmak amacıyla, katodik ark fiziksel buhar biriktirme (PVD) tekniği kullanılarak Titanyum Nitrür (TiN) seramik kaplamalar sentezlenmiştir. Kaplanmış ve kaplanmamış numunelerin yüzey morfolojileri ve yapısal özellikleri karakterize edilmiştir. Numunelerin korozyon davranışları, sülfat kaynaklı korozyon ortamını simüle eden %3.5'luk Na_2SO_4 çözeltisi içerisinde elektrokimyasal yöntemler kullanılarak incelenmiştir. Elde edilen bulgular, katodik ark PVD yöntemiyle uygulanan yoğun, homojen ve yüksek tutunma mukavemetine sahip TiN seramik kaplamanın, korozif elektrolit ile altlık malzeme (Ti64) arasında fiziksel bir bariyer oluşturduğunu kanıtlamıştır.
Anahtar kelimeler: Eklemeli İmalat, Ti_6Al_4V, PVD, TiN Seramik Kaplama, Korozyon, Havacılık.

INVESTIGATION OF THE CORROSION BEHAVIOR OF SOL-GEL DERIVED ZR-DOPED PDMS COATINGS ON METAL LASER POWDER BED FUSION ADDITIVELY MANUFACTURED TI6AL4V ALLOY

SOL-JEL YÖNTEMİYLE ELDE EDİLEN ZR KATKILI PDMS KAPLAMALARIN TOZ YATAĞINDA METAL EKLEMELİ İMALAT YÖNTEMİYLE ÜRETİLEN Tİ6AL4V ALAŞIMI ÜZERİNDEKİ KOROZYON DAVRANIŞININ İNCELENMESİ

Asst. Prof. Dr. Hilmi TEKDİR
Erzurum Technical University, Faculty of Engineering and Architecture, Department of Mechanical Engineering, Erzurum, Turkey
ORCİD: ID/0000-0002-9141-9514,

Abstract
Additive manufacturing technologies such as Laser Powder Bed Fusion (L-PBF) enable the fabrication of Ti6Al4V ELI (Extra Low Interstitial) alloys with complex geometries owing to their high strength-to-weight ratio and superior biocompatibility. However, improving the surface characteristics and corrosion resistance of these materials is essential to ensure long-term performance under harsh service conditions. In this study, a zirconium (Zr)-doped polydimethylsiloxane (PDMS) hybrid coating was applied onto L-PBF fabricated Ti6Al4V ELI alloy surfaces via the sol-gel dip-coating method in order to enhance corrosion resistance, and the electrochemical behavior of the coated material was investigated. Within the scope of surface modification, specimens with dimensions of 10×10×5 mm³ were immersed three times into the prepared Zr-PDMS solution and subsequently cured at 130°C for 27 h to ensure structural stability of the coating layer. The physical, chemical, and morphological characterizations of the uncoated and coated samples were carried out using microhardness measurements, X-ray diffraction (XRD), Fourier transform infrared spectroscopy (FT-IR), and scanning electron microscopy coupled with energy-dispersive spectroscopy (SEM-EDS). Corrosion behavior was evaluated in a 3.5 wt.% NaCl solution by means of open circuit potential (OCP), potentiodynamic polarization (Tafel), and electrochemical impedance spectroscopy (EIS) analyses. The characterization results revealed that the surface hardness of the untreated L-PBF Ti6Al4V ELI alloy, initially measured at approximately 395 $HV_{0.1}$, increased by nearly 16% after the application of the Zr-doped PDMS coating, reaching approximately 460 $HV_{0.1}$. Electrochemical test results demonstrated that the hybrid coating formed an effective barrier layer on the surface, reducing corrosion kinetics and improving corrosion resistance compared to the untreated substrate. The findings indicate that the sol-gel derived Zr-doped PDMS hybrid coating is an effective approach for enhancing both the surface mechanical properties and corrosion protection performance of additively manufactured Ti6Al4V ELI alloys.
Keywords: Laser Powder Bed Fusion (L-PBF), Ti6Al4V ELI, Sol-Gel Dip Coating, Zr-Doped PDMS, Corrosion

Özet
Lazer Toz Yatağı Füzyonu (L-PBF) gibi eklemeli imalat teknolojileri, yüksek mukavemet/ağırlık oranı ve üstün biyouyumluluk özellikleri sayesinde Ti6Al4V ELI (Extra Low Interstitial) alaşımının karmaşık geometrilerde üretimine olanak sağlamaktadır. Bununla birlikte, bu yöntemle üretilen parçaların zorlu çalışma koşullarındaki uzun dönem performansı açısından yüzey özelliklerinin ve korozyon direncinin iyileştirilmesi önem arz etmektedir. Bu çalışmada, L-PBF yöntemiyle üretilen Ti6Al4V ELI alaşımının korozyon direncini artırmak amacıyla yüzeye sol-jel daldırma (dip-coating) yöntemi ile zirkonyum (Zr) katkılı polidimetilsiloksan (PDMS) hibrit kaplama uygulanmış ve malzemenin elektrokimyasal davranışı incelenmiştir. Yüzey modifikasyonu kapsamında, 10×10×5 mm³ boyutlarındaki numuneler hazırlanan Zr-PDMS çözeltisine üç kez daldırılmış ve kaplamaların yapısal kararlılığını sağlamak amacıyla 130°C'de 27 saat kürleme işlemine tabi tutulmuştur. İşlemsiz ve kaplanmış numunelerin fiziksel, kimyasal ve morfolojik karakterizasyonları; mikrosertlik ölçümleri, X-ışını kırınımı (XRD), FT-IR ve SEM-EDS analizleri kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Korozyon davranışları ise %3.5 NaCl çözeltisinde açık devre potansiyeli (OCP), potansiyodinamik polarizasyon (Tafel) ve elektrokimyasal empedans spektroskopisi (EIS) yöntemleri ile değerlendirilmiştir.

Karakterizasyon sonuçları, işlemsiz L-PBF Ti6Al4V ELI alaşımının yaklaşık 395 $HV_{0.1}$ olan yüzey sertliğinin, Zr katkılı PDMS kaplama sonrasında yaklaşık %16 artış göstererek 460 $HV_{0.1}$ seviyesine ulaştığını ortaya koymuştur. Elektrokimyasal test sonuçları ise hibrit kaplamanın yüzeyde etkin bir bariyer tabakası oluşturduğunu ve işlemsiz numuneye kıyasla korozyon kinetiğini yavaşlatarak korozyon direncini iyileştirdiğini göstermiştir. Elde edilen bulgular, sol-jel yöntemiyle uygulanan Zr katkılı PDMS hibrit kaplamanın, eklemeli imalatla üretilen Ti6Al4V ELI alaşımının hem yüzey mekanik özelliklerini hem de koruyucu performansını geliştirmede etkili bir yaklaşım olduğunu göstermektedir.
Anahtar kelimeler: Lazer Toz Yatağı Füzyonu (L-PBF), Ti6Al4V ELI, Sol-gel Daldırma, Zr Katkılı PDMS, Korozyon

INTRODUCTION

Additive manufacturing (AM) technologies, such as Laser Powder Bed Fusion (L-PBF), enable the highly precise production of complex-geometry parts in advanced engineering fields like biomedical and aerospace (Rovetta et al. 2023). In these processes, the Ti6Al4V alloy is considered one of the most critical components due to its high specific strength and compatibility with biological tissues (Zul et al. 2024). However, surface roughness and corrosion resistance issues observed in parts produced by additive manufacturing can negatively affect the material's performance under harsh operating conditions (Gopal and Sudarshan 2025). To improve the surface quality of the material and prevent degradation processes such as corrosion, secondary operations like surface modification and coating have become an inevitable necessity (Çomakli et al. 2019; Yetim 2017).

Sol-gel technology stands out as a low-temperature applicable and environmentally friendly method that enables the molecular-level integration of inorganic networks with organic components (Budziak, Martendal, and Carasek 2008). Hybrid coatings prepared by this method form a dense protective barrier on the metallic substrate, preventing the diffusion of corrosive species to the surface (Gallardo, Durán, and de Damborenea 2004; Suleiman et al. 2024). Furthermore, sol-gel films establish strong chemical bonds with the substrate, exhibiting high thermal stability and mechanical resistance (Vivar Mora et al. 2017; Yetim et al. 2023).

Polydimethylsiloxane (PDMS) is widely used to provide water repellency and structural flexibility in protective coatings owing to its low surface energy and hydrophobic character (Xu et al. 2020). PDMS-based hybrid systems have the ability to seal micro-cracks on the surface and impart elasticity to the structure (Zul et al. 2024). On the other hand, Zirconium dioxide (ZrO_2) acts as an armoring agent that enhances the mechanical properties of coatings through its high hardness, chemical resistance, and superior wear durability (Lithography et al. 2022). The incorporation of zirconium into the silica-based network structure increases cross-linking density, optimizing the corrosion barrier performance and structural integrity of the material (Suleiman et al. 2024).

Hybrid systems containing silica-zirconia-PDMS not only create a hydrophobic character on metallic surfaces but also offer a hard, glass-ceramic-like structure (Ak and Çiçek 2021). The reactive alkoxide form of zirconium triggers hetero-condensation (Zr-O-Si) reactions in the Si-O-Si network, resulting in a denser and more durable microstructure (Almeida et al. 2015). Such systems have been proven to exhibit excellent corrosion resistance and long-term stability in chloride-containing environments, such as seawater (Wu et al. 2025). Additionally, zirconium doping improves the weather resistance of the coating, protecting the active components within from environmental effects (Manna et al. 2025).

Current literature reveals that the use of zirconium and silane precursors in the correct proportions significantly improves surface topography and barrier properties (Sulym et al. 2011). However, the protective performance and electrochemical effects of these innovative hybrid coatings on high-tech alloys with unique microstructures and surface defects (porosity, roughness) produced by additive manufacturing, such as Ti6Al4V, have not been fully elucidated in the literature, creating a broad research area (Zakaria, Hamidon, and Hussin 2023). Based on this gap in the literature, the main objective of this study is to maximize the corrosion resistance and surface quality of the L-PBF-produced Ti6Al4V ELI alloy by creating a synergy that combines the flexibility of the polymer (PDMS) with the hardness of the ceramic (Zr). Accordingly, Zr-doped PDMS coatings were synthesized using the sol-gel dip-coating method. To comprehensively evaluate the performance of this newly obtained protective barrier, electrochemical corrosion behaviors were assessed in a 3.5% NaCl solution utilizing Open Circuit Potential (OCP), potentiodynamic polarization (Tafel), and Electrochemical Impedance

Spectroscopy (EIS) methods. Furthermore, to support these electrochemical findings with comprehensive structural and morphological data, phase identifications were performed via X-Ray Diffraction (XRD), chemical bonding characteristics were analyzed using Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FT-IR), surface morphologies and elemental compositions were examined using Scanning Electron Microscopy coupled with Energy Dispersive Spectroscopy (SEM-EDS), and mechanical properties were evaluated through Vickers microhardness measurements.

MATERIAL AND METHODS

Base Material and Laser Powder Bed Fusion (L-PBF) Process

The substrate materials for this study were fabricated using commercial Grade 23 Ti6Al4V ELI (Extra Low Interstitial) metal powders, supplied under the designation 'CL41 Ti ELI' by Concept Laser. These precursor powders are characterized by a highly spherical morphology, which guarantees excellent powder flowability across the build platform, and have a particle size distribution varying from 20 to 80 µm. The elemental composition of the starting powder, based on the manufacturer's specifications, is detailed in Table 1.

Table 1. Chemical composition of the precursor Ti6Al4V ELI powder (wt.%).

Material	Ti	Al	V	Fe	O	N	H
Ti6Al4V ELI	Balance	5.5–6.5	3.5–4.5	0–0.25	0–0.13	0–0.5	0–0.012

For the additive manufacturing phase, rectangular block specimens with dimensions of 10 × 10 × 5 mm³ were printed using a commercial L-PBF 3D printing system (MLab Cusing, Concept Laser). This machine operates with a 100 W continuous-wave Ytterbium (Yb) fiber laser. Because titanium is exceptionally susceptible to oxidation at elevated temperatures, the entire fabrication procedure was carried out in a controlled, high-purity argon environment. The build chamber was continuously purged to ensure that the residual oxygen content remained strictly below 0.5% throughout the operation. The production of the specimens was conducted using a single, optimized parameter combination. The specific processing variables applied during the L-PBF build were established as follows: a laser power of 50 W, a laser scanning speed of 400 mm/s, a layer thickness of 25 µm, and a hatch distance of 45 µm.

Synthesis of the Zr-Doped PDMS Sol and Dip Coating Procedure

The sol-gel solution utilized for the protective coating was prepared using hexane as the primary solvent. The formulation was designed with a hexane-to-PDMS mass ratio of 2:1, and a zirconium (Zr) doping concentration of 10 wt.% relative to the PDMS matrix. In the initial step of the synthesis, 0.5 g of Zr precursor was introduced into 10 g of hexane. To achieve a homogeneous and agglomeration-free dispersion, this suspension was subjected to an ultrasonic bath treatment for 1 hour. Following the sonication process, 5 g of the PDMS base elastomer was gradually incorporated into the mixture under continuous stirring. Subsequently, the standard commercial curing agent was added to the blend at a weight ratio of 10:1 (PDMS base to curing agent). Prior to the coating application, the fully mixed sol was degassed in a vacuum chamber to meticulously eliminate any entrapped air bubbles, which are detrimental to the final coating integrity and barrier performance.

The surface modification of the L-PBF printed Ti6Al4V ELI substrates was executed utilizing a programmable, motorized dip-coater (Model PTL-MMB02, MTI Corporation). To ensure uniform film thickness, the immersion (downward) and withdrawal (upward) speeds were precisely maintained at 40 mm/min. During each coating cycle, the specimens were allowed to dwell within the hybrid sol for 20 seconds. A total of three consecutive dipping cycles were applied to the substrates. To promote the evaporation of the solvent and stabilize the deposited layer, an intermediate drying step was performed between each consecutive cycle by placing the specimens in a thermal electricity oven at 80 °C for 10 minutes. Upon the completion of the third and final dipping cycle, the coated specimens were placed back into the thermal electricity oven and subjected to a comprehensive final curing process at 130 °C for 27 hours. This extended thermal treatment ensured the complete cross-linking of the PDMS network and the structural consolidation of the Zr-doped hybrid barrier.

Characterization and Electrochemical Measurements

The surface morphologies and elemental compositions of the untreated and coated Ti6Al4V specimens were thoroughly investigated using a scanning electron microscope (SEM, FEI Quanta 250) equipped with an energy-dispersive X-ray spectroscopy (EDS) detector. To identify the functional groups and verify the successful structural integration of the Zr-doped PDMS coating, Fourier-transform infrared (FT-IR) spectroscopy was conducted. The IR spectra were recorded utilizing a Shimadzu IRAffinity-1S spectrophotometer equipped with an attenuated total reflectance (ATR) accessory, scanning within the wavenumber range of 4000 to 400 cm^{-1}. Furthermore, the mechanical integrity of the sample surfaces was evaluated via Vickers microhardness testing (Shimadzu HMV-G-20). A uniform test load of 100 g was applied for a dwell time of 20 s. To ensure statistical reliability and homogeneity, the mean microhardness value for each specimen was calculated by averaging ten independent indentations randomly distributed across the surface.

The electrochemical behavior and corrosion resistance of the samples were comprehensively assessed in a 3.5 wt.% NaCl electrolyte at room temperature using a Gamry Series G750 potentiostat/galvanostat. The tests were carried out in a conventional three-electrode cell configuration. The bare and coated Ti6Al4V samples, with a precisely exposed surface area of 0.502 cm^2, functioned as the working electrode, while a graphite rod and a silver/silver chloride (Ag/AgCl) electrode were utilized as the counter and reference electrodes, respectively.

Prior to the dynamic measurements, the specimens were allowed to freely corrode in the electrolyte for 1000 s to attain a stable open-circuit potential (OCP). Once steady-state conditions were established, electrochemical impedance spectroscopy (EIS) measurements were performed at the OCP, applying an alternating current (AC) sinusoidal amplitude of 10 mV over a wide frequency spectrum from 100 kHz down to 0.01 Hz. Immediately following the EIS, potentiodynamic polarization (PDP) tests were conducted by sweeping the potential from −1.0 V to +2.0 V relative to the OCP at a constant scan rate of 0.5 mV/s. All acquired electrochemical data were normalized to the exposed active area and meticulously interpreted using Gamry Echem Analyst software.

RESULTS AND DISCUSSION

3.1. Phase Composition and Chemical Structure

To elucidate the crystallographic structure of the specimens, XRD analysis was performed (Fig. 1a). The phase analysis of the untreated L-PBF Ti6Al4V reveals a microstructure overwhelmingly dominated by the α phase and the metastable α' martensite phase, with only insignificant traces of the β phase. This specific phase distribution is a direct consequence of the exceptionally rapid cooling rates inherent to the L-PBF process, where extreme thermal gradients thermodynamically bypass equilibrium cooling and trigger a diffusionless martensitic ($\beta \rightarrow \alpha'$) phase transformation (Dai et al. 2020).

For the Zr-doped PDMS coated sample, the characteristic peaks of the Ti6Al4V substrate remain clearly visible, alongside the specific diffraction peak of the Zr dopant. Notably, since the synthesized PDMS matrix possesses an amorphous structure, no additional sharp crystalline peaks corresponding to the polymer were observed.

The successful synthesis of the hybrid coating and its structural integration were further confirmed by FT-IR spectroscopy (Fig. 1b and Table 2). While the bare Ti6Al4V exhibited a predictably flat spectrum lacking organic functional groups, both the PDMS gel and the Zr-doped PDMS coating displayed strong characteristic absorption bands. The absorption at 2960 cm^{-1} is attributed to the C-H stretching of the methyl groups, which imparts critical hydrophobic characteristics to the surface. The distinct peak at 1261 cm^{-1} corresponds to the symmetric bending of $Si\text{-}CH_3$. Furthermore, the robust inorganic siloxane backbone is evidenced by the intense, broad Si-O-Si stretching band at 1012 cm^{-1}, while the Si-C bond linking the organic and inorganic phases is confirmed at 798 cm^{-1}. The integration of zirconium into the silica network occurs amorphously through hetero-condensation, forming stable Zr-O-Si linkages that reinforce the hybrid network structure without disrupting the hydrophobic methyl groups of the PDMS matrix (Almeida et al. 2015; Manna et al. 2025).

Furthermore, the structural integration of the hybrid matrix directly influenced the mechanical properties of the specimens.

Vickers microhardness measurements revealed that the application of the Zr-doped PDMS coating significantly increased the average surface hardness from 395 $HV_{0.1}$ (untreated Ti6Al4V) to 460 $HV_{0.1}$, indicating an enhanced surface mechanical resistance attributed to the formation of a dense, cross-linked siloxane network.

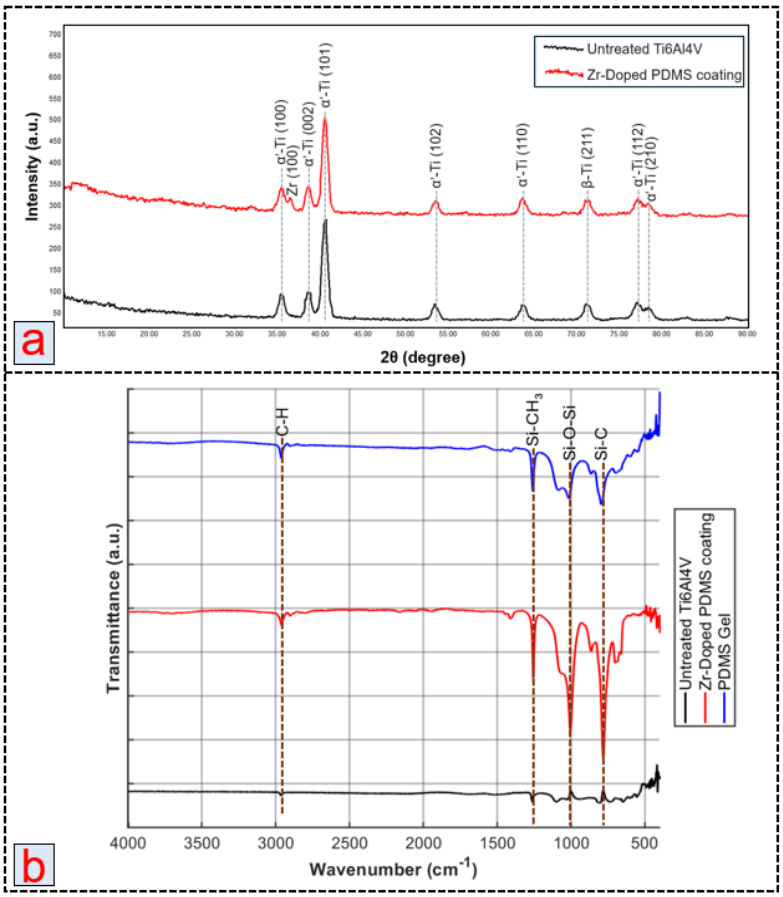


Fig. 1. (a) X-ray diffraction (XRD) patterns of the untreated Ti6Al4V and Zr-doped PDMS coating, and (b) Fourier-transform infrared (FT-IR) spectra of the untreated Ti6Al4V, PDMS gel, and Zr-doped PDMS coating.

Table 2. FT-IR absorption data of the functional groups (Wavenumber cm^{-1}).

Peak assignment	Untreated Ti6Al4V	PDMS Gel	Zr-Doped PDMS coating
C-H stretching	- (2958)	2960	2960
Si-CH_3 bending	- (1259)	1261	1261
Si-O-Si stretching	- (999)	1012	1012
Si-C stretching/bending	- (783)	798	798

3.2. Electrochemical Corrosion Behavior

The open-circuit potential (OCP) variations of the samples monitored in a 3.5 wt.% NaCl solution are presented in Fig. 2a. The untreated Ti6Al4V experiences an initial rapid potential drop (down to approximately -0.18 V), indicating the activation and dissolution of its native oxide film. In contrast, the Zr-doped PDMS coated sample exhibits an immediate and highly stable OCP plateau at approximately +0.31 V. This significant noble shift confirms that the hybrid sol-gel coating acts as an instant and robust physical barrier against electrolyte penetration.

The potentiodynamic polarization (PDP) curves are illustrated in Fig. 2b, and the corresponding quantitative parameters extracted via Tafel extrapolation are summarized in Table 3. The untreated Ti6Al4V exhibits an active-passive transition followed by a severe transpassive breakdown at potentials

exceeding +1.0 V, signifying localized pitting corrosion. Conversely, the application of the hybrid coating shifts the corrosion potential (Ecorr) from -0.501 V to a significantly nobler value of -0.209 V. More importantly, the corrosion current density (Icorr) is drastically reduced by nearly two orders of magnitude, from 1.73×10^{-6} A/cm² to 3.68×10^{-8} A/cm². Furthermore, the coated specimen exhibits a remarkably high polarization resistance (Rp) of 1329.1 kΩ·cm², compared to only 3.85 kΩ·cm² for the bare substrate. These results, coupled with the complete absence of anodic breakdown up to +2.0 V, definitively demonstrate the superior protective efficiency of the dense, cross-linked Zr-O-Si network.

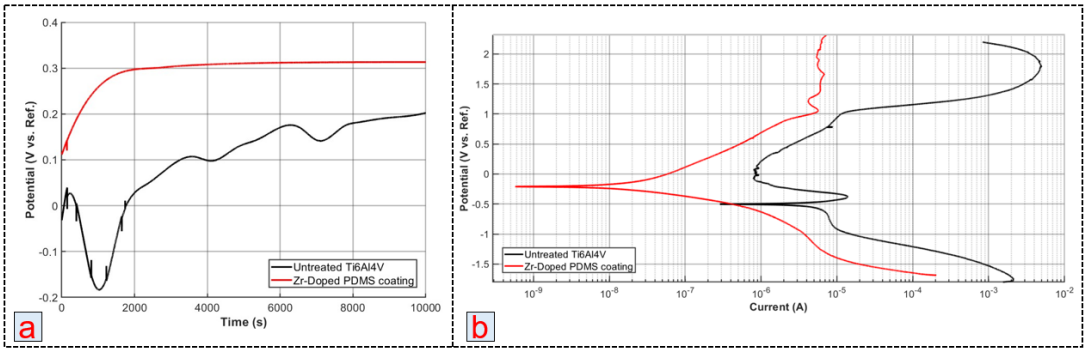


Fig. 2. Electrochemical corrosion test results of the untreated and Zr-doped PDMS coated Ti6Al4V samples in 3.5 wt.% NaCl solution: (a) Open-circuit potential (OCP) vs. time curves, and (b) Potentiodynamic polarization (Tafel) curves.

Table 3. Potentiodynamic polarization test results for all the samples.

Type of sample	E_{corr} (V)	I_{corr} (A/cm^2)	β_a (V/decade)	β_c (V/decade)	R_p (kΩ.cm^2)
Untreated Ti6Al4V	-0.501	1.73×10^{-6}	0.026	0.037	3.85
Zr-Doped PDMS coating	-0.209	3.68×10^{-8}	0.285	0.187	1329.1

The corrosion behavior and barrier performance of the sol-gel prepared PDMS-based hybrid coatings were comprehensively evaluated using EIS, with the corresponding Nyquist and Bode plots depicted in Fig. 3. In the Nyquist plots (Fig. 3a), the hybrid coatings exhibit highly expanded capacitive impedance loops with a significantly larger arc radius compared to the untreated substrate, demonstrating superior barrier properties and a drastically increased charge transfer resistance (R_{ct}) (Suleiman et al. 2024; Zakaria, Hamidon, and Hussin 2023).

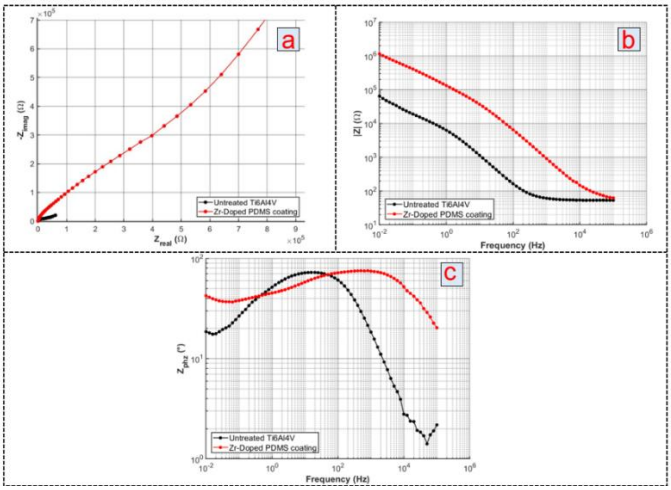


Fig. 3. EIS spectra of the untreated and Zr-doped PDMS coated Ti6Al4V samples recorded in 3.5 wt.% NaCl solution: (a) Nyquist plots, (b) Bode modulus plots, and (c) Bode phase angle plots.

This protective efficiency is further confirmed by the Bode modulus plots (Fig. 3b), where the PDMS-based formulation displays remarkably higher impedance values across the entire frequency spectrum. Particularly in the critical low-frequency region (10^{-2} Hz), which serves as the primary indicator of overall corrosion resistance, the impedance modulus (|Z|) of the coated specimen is several orders of magnitude greater than that of the bare metal (Yang et al. 2025).

The phase angle spectra (Fig. 3c) suggest a characteristic three-time-constant relaxation behavior: the high-frequency response reflects the outer hybrid film, the middle-frequency region represents the native surface oxide layer, and the low-frequency domain represents the electrochemical processes at the metal/film interface (Suleiman et al. 2024). Equivalent circuit modeling indicates that the R_{ct} of the hydrophobic PDMS coating increases drastically—often by tenfold or more compared to bare substrates—thereby exponentially decreasing the corrosion rate.

To visually evaluate the protective capability of the synthesized layer and verify the electrochemical results, post-corrosion SEM surface analyses were performed after polarization testing (Fig. 4). The untreated Ti6Al4V surface (Fig. 4a) exhibits severe material degradation, characterized by widespread, distinctive corrosion-induced cracks propagating across the rough, laser powder bed fusion (L-PBF) processed surface morphology. This severe cracking confirms that the aggressive chloride ions easily disrupted the unstable natural passive film, causing rapid localized dissolution and surface mechanical breakdown.

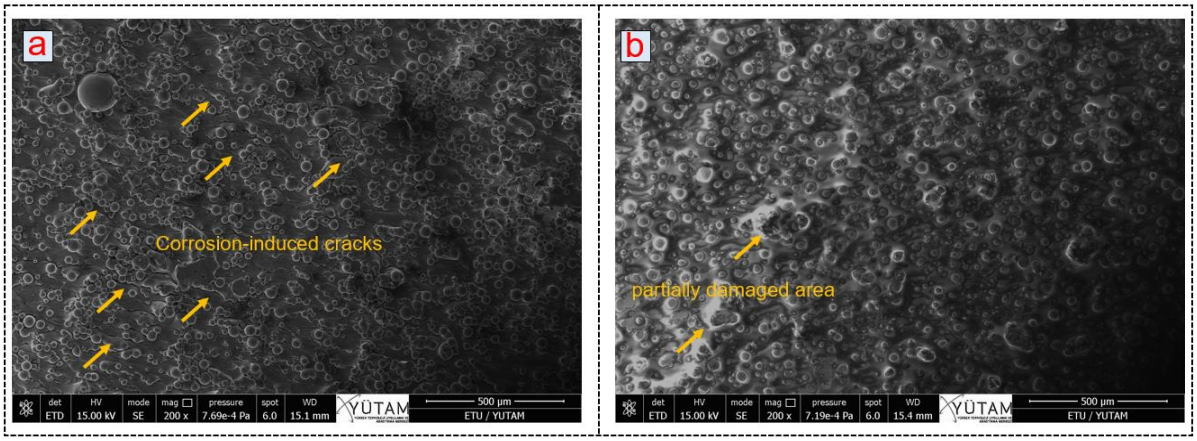


Fig. 4. Post-corrosion SEM surface morphologies of the L-PBF Ti6Al4V specimens after electrochemical tests in 3.5 wt.% NaCl solution: (a) Untreated substrate, and (b) Zr-doped PDMS coated sample

In sharp contrast, the Zr-doped PDMS coated specimen (Fig. 4b) maintains a remarkably dense, continuous, and well-preserved surface appearance. The hybrid coating effectively covered the underlying rough features, restricting the corrosive attack to a highly localized, partially damaged area under extreme anodic polarization. This outstanding corrosion mitigation is governed by two synergistic mechanisms. First, the micro/nano-rough surface architecture of the coating traps air bubbles to form a stable "air film", physically blocking aggressive chloride ions (Cl^-) from contacting the metallic surface (Wu et al. 2025). Second, the integration of PDMS precursors into the silane network substantially lowers the surface energy, yielding a robust hydrophobic barrier that effectively delays the onset of localized corrosion (Suleiman et al. 2024). Overall, EIS and post-corrosion morphology analysis definitively confirm that the stable hybrid network successfully isolates the metal substrate from the aggressive environment by suppressing the corrosion current density and elevating the total system impedance (Zakaria, Hamidon, and Hussin 2023).

CONCLUSION

This study successfully developed and evaluated a Zr-doped PDMS hybrid sol-gel coating to enhance the corrosion resistance of Laser Powder Bed Fusion (L-PBF) processed Ti6Al4V alloy in an aggressive 3.5 wt.% NaCl environment. The main findings are summarized as follows:

- **Superior Electrochemical Stability:** The application of the hybrid coating shifted the corrosion potential (E_{corr}) to a significantly nobler value (-0.209 V) and reduced the corrosion current density (I_{corr}) by nearly two orders of magnitude. Crucially, the stable siloxane network completely suppressed the severe transpassive pitting breakdown observed in the untreated bare substrate.
- **Enhanced Barrier Mechanism:** EIS measurements revealed a massive increase in the total impedance modulus and charge transfer resistance. The synergistic combination of the dense Zr-O-Si network and the low-surface-energy PDMS matrix creates a robust hydrophobic barrier. This structure traps air to form a protective "air film," physically isolating the metallic substrate from aggressive Cl^- ion infiltration.
- **Preserved Structural Integrity:** Post-corrosion morphological analyses visually corroborated the electrochemical data. While the untreated L-PBF alloy suffered from widespread corrosion-induced cracking, the Zr-doped PDMS coating maintained a continuous, dense surface, effectively confining any structural degradation to highly restricted, localized zones.

In summary, the sol-gel derived Zr-doped PDMS coating presents a highly effective and stable surface modification strategy to overcome the inherent localized corrosion susceptibility of additively manufactured Ti6Al4V alloys, ensuring their long-term reliability and structural integrity in chloride-containing environments.

REFERENCES

Ak, Aykut, and Buğra Çiçek. 2021. “Synthesis and Characterization of Hydrophobic Glass-Ceramic Thin Film Derived from Colloidal Silica, Zirconium(IV) Propoxide and Methyltrimethoxysilane via Sol–Gel Method.” *Journal of Sol-Gel Science and Technology* 98(1): 252–63. doi:10.1007/s10971-021-05482-5.

Almeida, J. Carlos, A. Wacha, A. Bóta, L. Almásy, M. Helena Vaz Fernandes, Fernanda M.A. Margaça, and Isabel M. Miranda Salvado. 2015. “PDMS-SiO2 Hybrid Materials - A New Insight into the Role of Ti and Zr as Additives.” *Polymer* 72: 40–51. doi:10.1016/j.polymer.2015.06.053.

Budziak, Dilma, Edmar Martendal, and Eduardo Carasek. 2008. “Application of Poly(Dimethylsiloxane) Fiber Sol - Gel Coated onto NiTi Alloy Electrodeposited with Zirconium Oxide for the Determination of Organochlorine Pesticides in Herbal Infusions.” *Journal of Separation Science* 31(15): 2875–81. doi:10.1002/jssc.200800130.

Çomakli, Onur, Mustafa Yazici, Tuba Yetim, Fatih Yetim, and Ayhan Celik. 2019. “Tribological and Electrochemical Behavior of Ag2O/ZnO/NiO Nanocomposite Coating on Commercial Pure Titanium for Biomedical Applications.” *Industrial Lubrication and Tribology* 71(10): 1166–76. doi:10.1108/ILT-11-2018-0414.

Dai, Weibing, Jin Hao, Changyou Li, David He, Dawei Jia, Yimin Zhang, and Zhi Tan. 2020. “Residual Stress Relaxation and Duty Cycle on High Cycle Fatigue Life of Micro-Arc Oxidation Coated AA7075-T6 Alloy.” *International Journal of Fatigue* 130(August 2019): 105283. doi:10.1016/j.ijfatigue.2019.105283.

Gallardo, J., A. Durán, and J. J. de Damborenea. 2004. “Electrochemical and in Vitro Behaviour of Sol-Gel Coated 316L Stainless Steel.” *Corrosion Science* 46(4): 795–806. doi:10.1016/S0010-938X(03)00185-9.

Gopal, Lakshmi, and Tirumalai Sudarshan. 2025. “Surface Modification for Additive Manufacturing.” *Surface Engineering* 41(4): 457–62. doi:10.1177/02670844251352916.

Lithography, Nano-imprint, Nicolas Crespo-monteiro, Arnaud Valour, Emilie Gamet, Yves Jourlin, Victor Vallejo-otero, and Marie Traynar. 2022. “Versatile Zirconium Oxide (ZrO 2) Sol-Gel Development for The.”

Manna, Srikrishna, Milan Kanti Naskar, Debolina Saha, Prabir Pal, and Samar Kumar Medda. 2025. “Long-Term Stability of Ag NPs in a Room Temperature Cured SiO2-ZrO2 Crosslinking Hybrid Robust Coating towards Enhanced Weather Resistance Properties and Its Antibacterial Applications.” *New Journal of Chemistry* 49(17): 6914–29. doi:10.1039/d5nj00611b.

Rovetta, Rosaria, Paola Ginestra, Rosalba Monica Ferraro, Keren Zohar-Hauber, Silvia Giliani, and Elisabetta Ceretti. 2023. “Building Orientation and Post Processing of Ti6Al4V Produced by Laser Powder Bed Fusion Process.” *Journal of Manufacturing and Materials Processing* 7(1). doi:10.3390/jmmp7010043.

Suleiman, Rami K., Ogunlakin Nasirudeen Olalekan, Mohammad Mizanur Rahman, Fadi A. Al-Badour, Mohammed Hadj Meliani, Ahmed Abu-Rayyan, and Tawfik A. Saleh. 2024. "Synthesis of Hybrid Organosilicon Materials of Various Chemistries as Efficient Protective Coatings for Mild Steels in NaCl Media." *Materials Today Communications* 38(December 2023): 107984. doi:10.1016/j.mtcomm.2023.107984.

Sulym, I. Y., M. V. Borysenko, O. V. Goncharuk, K. Terpilowski, D. Sternik, E. Chibowski, and V. M. Gun'Ko. 2011. "Structural and Hydrophobic-Hydrophilic Properties of Nanosilica/Zirconia Alone and with Adsorbed PDMS." *Applied Surface Science* 258(1): 270–77. doi:10.1016/j.apsusc.2011.08.045.

Vivar Mora, Laura, Sanjeev Naik, Shiladitya Paul, Richard Dawson, Anne Neville, and Richard Barker. 2017. "Influence of Silica Nanoparticles on Corrosion Resistance of Sol-Gel Based Coatings on Mild Steel." *Surface and Coatings Technology* 324: 368–75. doi:10.1016/j.surfcoat.2017.05.063.

Wu, Yingqing, Xiangyou Lu, Dong Xu, Jie Liang, Honghong Wei, and Yuanlai Xie. 2025. "Multifunctional Superhydrophobic ZrO2–TiO2/PDMS/EP Coatings for Ice Protection, Corrosion Resistance, and Self-Cleaning." *Journal of Inorganic and Organometallic Polymers and Materials* 35(11): 9157–70. doi:10.1007/s10904-024-03585-4.

Xu, Chang an, Zhencai Qu, Zhiyou Tan, Bingfei Nan, Huifa Meng, Kun Wu, Jun Shi, Mangeng Lu, and Liyan Liang. 2020. "High-Temperature Resistance and Hydrophobic Polysiloxane-Based Polyurethane Films with Cross-Linked Structure Prepared by the Sol-Gel Process." *Polymer Testing* 86(March): 106485. doi:10.1016/j.polymertesting.2020.106485.

Yang, Lingxu, Haojun Geng, Zhou Guan, Huijun Liu, Xiaofeng Zhang, Liankui Wu, Fuxiang Zhang, and Chaoliu Zeng. 2025. "The Role of La and Nd in Enhancing CMAS Corrosion Resistance of High-Entropy (La, Nd, Tm, Yb, Lu)2Zr2O7 Thermal Barrier Coating Materials." *Journal of the European Ceramic Society* 45(12): 117466. doi:10.1016/j.jeurceramsoc.2025.117466.

Yetim, T. 2017. "An Investigation of the Corrosion Properties of Ag-Doped TiO2-Coated Commercially Pure Titanium in Different Biological Environments." *Surface and Coatings Technology* 309: 790–94. doi:10.1016/j.surfcoat.2016.10.084.

Yetim, T., H. Tekdir, M. Taftalı, K. Turalıoğlu, and A. F. Yetim. 2023. "Synthesis and Characterisation of Single and Duplex ZnO/TiO2 Ceramic Films on Additively Manufactured Bimetallic Material of 316L Stainless Steel and Ti6Al4V." *Surface Topography: Metrology and Properties* 11(2). doi:10.1088/2051-672X/accf6c.

Zakaria, Farah Athena, Tuan Sherwyn Hamidon, and M. Hazwan Hussin. 2023. "Electrochemical and Surface Characterization Studies of Winged Bean Extracts Doped TEOS-PDMS Sol-Gel Protective Coatings on Reinforcing Bar in Acidic Medium." *Industrial Crops and Products* 202(March): 117030. doi:10.1016/j.indcrop.2023.117030.

Zul, Mohd Harizan, Ramdziah Md Nasir, Mahadzir Ishak, and Moinuddin Mohammed Quazi. 2024. "The Effect of PDMS on Ti6Al4V for Surface Anti-Wear and Corrosion Resistance." *Jurnal Tribologi* 43(October): 138–57.

MAPPING BIOPHYSICS RESEARCH: A COMPARATIVE BIBLIOMETRIC ANALYSIS OF ADDRESS-BASED AND CATEGORY-BASED APPROACHES USING 200,000 DOCUMENTS FROM THE LAST DECADE

BİYOFİZİK ARAŞTIRMALARININ HARİTALANDIRILMASI: SON ON YILDAN 200.000 BELGE KULLANILARAK ADRES BAZLI VE KATEGORİ BAZLI YAKLAŞIMLARIN KARŞILAŞTIRMALI BİBLİYOMETRİK ANALİZİ

Asst. Prof. Veli Kaan AYDIN
Pamukkale University, Faculty of Medicine, Department of Biophysics, Pamukkale, Denizli
ORCİD: ID/ 0000-0001-8371-6239

ABSTRACT
Biophysics is a rapidly evolving, interdisciplinary field that not only combines physics and biology to explain complex biological systems and is a key connection for other fields such as medicine and biochemistry. However, despite its scientific impact, a comprehensive assessment of its research status is the missing link in the literature. This study presents an extensive bibliometric analysis of 200,000 biophysics-related publications from the Web of Science Core Collection (WoSCC) over the past decade, comparing two different approaches: address-based (A-B) and category-based (C-B) searches to also assess the different methodological approaches. By using bibliometric tools, this study investigates key research trends, author networks, institutional contributions, and thematic shifts in biophysics. My analysis reveals important differences between the datasets with an emphasis on the limitations of journal categorization and the wider interdisciplinary reach of affiliation-based queries. The findings revealed emerging research clusters of biophysics as molecular dynamics, cancer biology, oxidative stress, and neurodegenerative diseases, while also pointing out the growing role of computational biophysics and nanotechnology. This study not only provides an in-depth overview of biophysics research but also offers critical insights into bibliometric methodologies, emphasizing the need for refined search strategies to get closer to the true borders of a scientific discipline.
Key words: Biophysics, Bibliometric Analysis, Web of Science, Research Trends, Scientific Impact

ÖZET
Biyofizik, karmaşık biyolojik sistemleri açıklamak için yalnızca fizik ve biyolojiyi birleştirmekle kalmayan, aynı zamanda tıp ve biyokimya gibi diğer alanlar için de kilit bir bağlantı noktası olan, hızla gelişen, disiplinler arası bir alandır. Ancak bilimsel etkisine rağmen, araştırma durumunun kapsamlı bir şekilde değerlendirilmesi literatürdeki eksik halkadır. Bu çalışma, farklı metodolojik yaklaşımları da değerlendirmek amacıyla adres bazlı (A-B) ve kategori bazlı (C-B) aramalar olmak üzere iki farklı yaklaşımı karşılaştırarak, son on yılda Web of Science Çekirdek Koleksiyonu'ndan (WoSCC) alınan biyofizikle ilgili 200.000 yayının kapsamlı bir bibliyometrik analizini sunmaktadır. Bibliyometrik araçlar kullanan bu çalışma; biyofizikteki temel araştırma eğilimlerini, yazar ağlarını, kurumsal katkıları ve tematik değişimleri incelemektedir. Analizim, dergi kategorizasyonunun sınırlamalarına ve kurumsal aidiyet tabanlı sorguların daha geniş disiplinler arası erişimine vurgu yaparak veri setleri arasındaki önemli farklılıkları ortaya koymaktadır. Bulgular, moleküler dinamik, kanser biyolojisi, oksidatif stres ve nörodejeneratif hastalıkların biyofiziğin yeni ortaya çıkan araştırma kümeleri olduğunu ortaya koyarken, aynı zamanda hesaplamalı biyofizik ve nanoteknolojinin artan rolüne de dikkat çekmektedir. Bu çalışma sadece biyofizik araştırmalarına derinlemesine bir genel bakış sağlamakla kalmayıp, aynı zamanda bir bilim dalının gerçek sınırlarına daha da yaklaşmak için daha rafine arama stratejilerine duyulan ihtiyacı vurgulayarak bibliyometrik metodolojilere dair kritik içgörüler de sunmaktadır.
Anahtar kelimeler: Biyofizik, Bibliyometrik Analiz, Web of Science, Araştırma Eğilimleri, Bilimsel Etki

INTRODUCTION
Approaching biological questions with physics has been widely used since the ancient time, yet Karl Pearson is the first scientist to introduce the biophysics field (Franceschetti & Press, 2012; Pearson, 1892). Thanks to many scientists such as Weber, Ludwig, Schrödinger and many others, biophysics led to groundbreaking discoveries such as determination of DNA structure, revealing many molecular

mechanisms to properties of ion channels (Franceschetti & Press, 2012; Rosen & Gothard, 2009). At the 1958, scientist began to gather under the biophysical society and currently has over 7000 members (Biophysical Society, 2019).

Given the biophysics' interdisciplinary nature, evaluating its research landscape is important to determine scientific impact alongside with guiding the research's direction. However, due to increasing data becoming available in time, processing this is also getting harder and creates limitations. Bibliometrics is a good statistic candidate for revealing the status of any set of documents gathered. It can give quantitative information about the topics, authors and organizations (Aria & Cuccurullo, 2017; Chen et al., 2014; Donthu et al., 2021). One of the major tools that developed for this is bibliometrix, alongside with its R-based web interface software (biblioshiny) it allows any scientist to compose a bibliometric analysis (Aria & Cuccurullo, 2017).

Unfortunately, field of biophysics lacks this kind of information and only two published papers can be found in the literature. Wang et al (Wang et al., 2021), and Iman Sengupta (Sengupta, 1985) are the only documents which are focusing of biophysics field with a limited sample size. Wang et al focused only to one journal source (*Biochemical and Biophysical Research Communications, BBRC*) between 2000-2019 and revealed "activation", "cells" and "expression" were the main keywords for both decades and "apoptosis", "inflammation" and "autophagy" gained interest gradually alongside with the other information such as most relevant countries (Wang et al., 2021). Sengupta focused on the journal of "*Annual Review of Biophysics*" vols 7 and 8 (1978-1979) and gathered the total citations (reported as 4228). His work mostly focused on relevant sources and countries, yet research revealed that majority of the publications were from the biochemistry journals (21.23%) and physiology journals (11.3%) which also showing the initial science communities adapting physics (Sengupta, 1985).

Many scientific databases are present such as Web of Science Core Collection (WoSCC), Scopus, PubMed and many more. WoSCC is one of the largest indexing more than 34000 journals(Clarivate, n.d.) and has categories that they assigned the journal up to 6 different one including biophysics (Clarivate, 2023). Since the possible unique approaches for bibliometric analysis is present, results can be intentionally or unintentionally biased (Stephan et al., 2017). Alongside with this, interpreting the results by categories can be wrong since almost all fields becoming multidisciplinary.

Importance of biophysics being key field for many connections with other, lacking the general information in the literature and possible different approaches have created these two questions.

First what is the status of biophysics in the last decade, and secondly which method could represent the whole field? Whether authors' affiliation since many institutions named after aimed field or category where the journal assigned? The objective of this study is to systematically compare address-based and category-based bibliometric search strategies for mapping biophysics research, using a large-scale dataset from the Web of Science Core Collection (WoSCC) covering the last decade. Main contributions that are aimed are:

1-) Providing the first large-scale, comparative analysis of biophysics research using both address-based and category-based approaches.
2-) Evaluating the methodological strengths and limitations of each approach, with empirical evidence.
3-) Connecting bibliometric patterns to major scientific developments in biophysics.
4-) Offering practical recommendations for future bibliometric studies in interdisciplinary fields.

METHODOLOGY

To understand the status of biophysics and compare the difference methods (address-base and category-based) two different search were made in web of science core collection database (WoSCC). The Web of Science Core Collection (WoSCC) was selected for this study due to its comprehensive coverage of high-impact journals, robust citation indexing, and compatibility with advanced bibliometric tools such as Bibliometrix and Biblioshiny (Falagas et al., 2008; Mongeon & Paul-Hus, 2016). WoSCC is widely used in bibliometric research for its data quality and standardized indexing, which facilitates reproducible and comparable analyses (Zhu & Liu, 2020). Years in between 2014-2023 was chosen to capture recent trends and major technological advances in biophysics, such as the cryo-EM revolution and the rise of computational biophysics (Kühlbrandt, 2014; Shaw et al., 2014) and English was selected to ensure consistency and comparability, as it is the dominant language in scientific publishing (van Weijen Dr, 2012). Filters were applied to focus on biophysics and closely related fields, ensuring

relevance and reducing noise from unrelated disciplines. Bibliometrix (Aria & Cuccurullo, 2017) and its web interface Biblioshiny were used for data analysis due to their open-source nature, reproducibility, and advanced features for thematic mapping, network analysis, and science mapping. These tools are widely adopted in bibliometric research for their flexibility and transparency.

For the address-based (A-B) results:

AD=(biophys*) and 2023 or 2022 or 2021 or 2020 or 2019 or 2018 or 2017 or 2016 or 2015 or 2014 (Final Publication Year) Date Run: Fri Jan 31 2025 16:27:39 GMT+0300 (GMT+03:00) Results: 133458

This search query searches authors' addresses and determines the publications which have at least one author that has any term that starts with "biophys" in his/her address which aims to obtain final publications only from biophysics named organisation in between 2014-2023.

For the category-based (C-B) results:

WC=(Biophysics) and 2023 or 2022 or 2021 or 2020 or 2019 or 2018 or 2017 or 2016 or 2015 or 2014 (Final Publication Year) Date Run: Mon Jan 06 2025 16:20:14 GMT+0300 (GMT+03:00) Results: 186596

This search query only focuses WoSCC biophysics category and obtains final publications in between 2014-2023. For both queries top 100.000 most cited documents extracted as batches of 500 and the datasets combined with merging all saved plain text files to one file. WoSCC only allows 500 documents with full records to be extracted up to 100.000th document in the query. For the analysis, bibliometrix and biblioshiny (R based web browser interface) was used to determine authors, sources, keywords, countries, institutions and thematic maps and networks. GraphPad (version 10) used with regression analyses for statics. For the category-based dataset there were no duplicates or missing documents, however, for the address-based dataset 130 duplicates found alongside with the missing 26 records in the batch 48001-48500 document, after the checking the WoSCC some of the documents in these ranking cannot be exported but the reason couldn't be determined. Predetermined settings were used for all the analyses carried out with the biblioshiny which are most occurrence for all rankings without removing terms/synonyms or stimming. For the thematic maps these are the settings selected; number of words: 250, min cluster frequency: 5, number of labels: 5, community repulsion: 0 and walktrap for the cluster algorithm. For the co-occurrence network these are the settings selected; network layout: automatic, clustering algorithm: walktrap, normalization: association, number of nodes: 50, repulsion force: 0.1, remove isolated nodes: yes, minimum number of edges: 2. For the thematic evolution these are the settings selected; number of words: 250, min cluster frequency: 5, weight index: inclusion index weighted by Word-Occurance, min weight index: 0.1, number of labels (for each cluster): 3 and walktrap for the cluster algorithm. For the data handling R is used such as determination of common authors, affiliations etc. with the packages such as "dplyr" and simple commands have been used such as getting the unique elements for anything in the columns. Here is an example function that is created.

```
# Function to extract unique elements from a column
get_unique_elements <- function(column) {
        elements <- strsplit(column, ";|,") # Split by ";" or ","
        elements <- unlist(elements) # Flatten list
        elements <- trimws(elements) # Remove spaces
        elements <- unique(elements) # Remove duplicates
 return(elements)
}
```

To validate the address-based strategy, I conducted a random sample check of 100 papers from the A-B dataset. Results showed that 87% of sampled papers were directly relevant to biophysics, while 13% were tangentially related (e.g., institutional affiliations that included "biophysics" but focused on other disciplines). This validation suggests that while the A-B approach may include some interdisciplinary papers, yet the majority are from the field and 100% of them had at least one author from biophysics department.

While this study focuses on address-based and category-based approaches, future work should incorporate keyword-based searches to provide a more comprehensive comparison.

Such an approach could include terms like "biophysics," "molecular dynamics," "protein folding," etc., to capture research that may be missed by institutional or journal-based searches.

RESULTS

The Two different approaches were used to determine the status of Biophysics field in the last decade thus results were given as comparison of datasets to make it easier to observe whether they present different results since only 5320 documents were the same documents appeared in both datasets.

Comprehensive Bibliometric Analysis Summary

100.000 documents for the category-based search and 99845 documents for address-based search were analysed (Table 3). Since category-based search was focused on WoSCC biophysics category, sources were found 264 whereas 6996 different source detected in the address-based search. Majority of these documents were from articles (A-B: 88195, C-B: 88109) with the ~88%, and reviews following those with ~9% (A-B: 9025, C-B: 9421). Total author numbers were found as 318991 for A-B and 247683 for C-B whereas 980 of the A-B authors alongside with 2198 of the C-B authors published 1527 and 2579 single authored documents respectively. Co-Authors per doc was 9.35 for A-B and 5.86, international co-authorship percentage was 43.36% for A-B and 25.66 for C-B. Annual growth for the both datasets found to be on the negative side where -2.94% for A-B and -10.73% for C-B. Document average age was 6.55 for A-B and 7.13 for C-B, also average citations per doc was 37.15 for A-B and 26.84 for C-B. When the keyword plus terms and authors' keywords analysed, 125522 keywords plus and 125334 authors' keywords were determined for A-B, whereas 116814 keyword plus terms and 151577 Authors' keywords were found for C-B.

Table 3: Summary of Bibliometric Analyses

Bibliometric summary of datasets obtained from both address-based search and categorization of documents.

Summary of Bibliometric Analysis	***Address***	***Category***
Sources (Journals, Books, etc)	**6996**	**264**
Documents	**99845**	**100000**
Articles	88195	88109
Biographical-Item	18	0
Correction	84	50
Editorial Material	1379	739
Letter	571	719
Meeting Abstract	87	129
Proceedings Paper	460	717
Review	9025	9421
News Item	21	61
Authors	**318991**	**247683**
Authors of Single-Authored Docs (Total Docs)	980(1527)	2198(2579)
Co-Authors per Doc	9.35	5.86
International Co-Authorship %	**43.36%**	**25.66%**
Keywords plus®	**125522**	**116814**
Authors' Keywords	**125334**	**151577**
References	**2866005**	**2661122**
Annual Growth %	**-2.94%**	**-10.73%**
Document Average Age	**6.55**	**7.13**
Average Citations Per Doc	**37.15**	**26.84**

As it can be seen from Figure 4, article numbers were slightly increasing for the A-B until the 2021, then sudden drop were observed yet slope were found not significant. For the C-B, steadily decreasing were observed with a significant slope. When mean of the total citation received per documents were analysed (Figure 5) no significant slope was observed for both yet, sudden drop can be observed at the 2021 for both A-B, C-B.

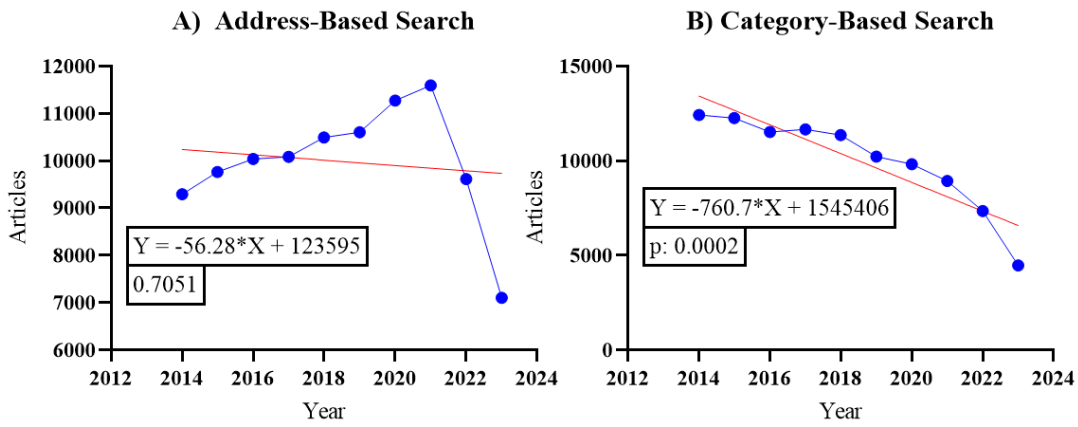


Figure 4: Annual Scientific Productions of Both Datasets

Distribution of the number of publications in datasets that are from A) address-based search and B) category-based search per year. A simple linear analysis has shown an increase in the number of publications and, consequently, productivity over the years.

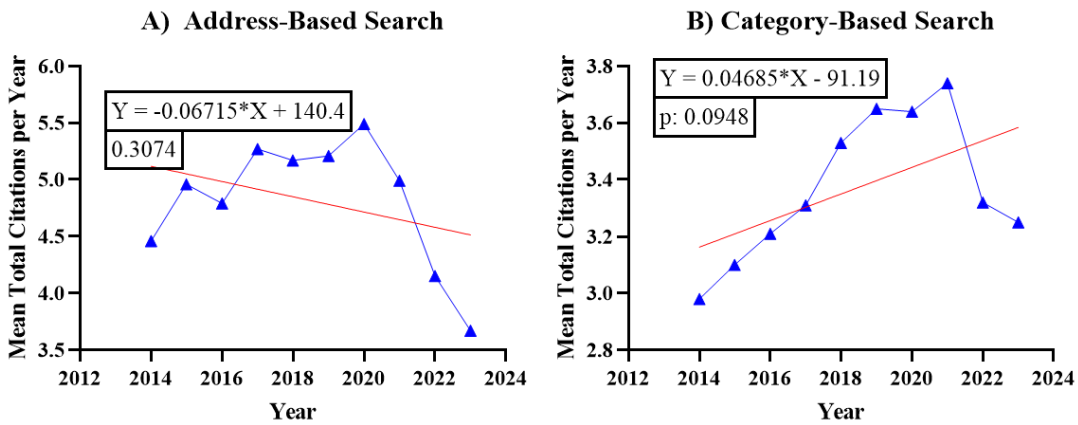


Figure 5: Average Citations per Year of Both Datasets

The average number of citations received publications in datasets that are from A) address-based search and B) category-based search relative to the time they have been published. A simple linear analysis has not shown any statistically significant difference across all years.
Most relevant sources are also differed between the dataset (Table 4), when the top 20 most relevant sources investigated, while A-B search having a more equal distribution C-B has clustering to the top area. 95 of the sources presents in both dataset and this is almost half of the sources for the C-B while it is almost 1.4% of the sources for A-B (out of 6996).

Table 4: Top 20 Most Relevant Sources

ADRESS-BASED SEARCH		***CATEGORY-BASED SEARCH***	
Numbers	**Sources**	**Category**	**Numbers**
2618	Scientific Reports	Biochemical And Biophysical Research Communications	13748
2604	Nature Communications	Biosensors & Bioelectronics	8443
2257	PNAS	Colloids And Surfaces B-Biointerfaces	6551
1855	Plos One	Biophysical Journal	4173
1530	Journal Of Biological Chemistry	Journal Of Biomechanics	3791

1463	International Jour of Molecular Sciences	Journal Of Biomolecular Structure & Dynamics	3282
1216	Elife	Febs Letters	2907
985	Nucleic Acids Research	Journal Of Photochemistry and Photobiology B-Biology	2494
804	Biophysical Journal	Biochimica Et Biophysica Acta-Molecular Basis of Disease	2393
752	Nature	Bone Marrow Transplantation	2177
746	Cell Reports	Biochimica Et Biophysica Acta-Biomembranes	2090
660	Journal of Physical Chemistry B	Journal Of Molecular Modeling	2049
632	Biochemistry	Biochimica Et Biophysica Acta-General Subjects	2035
587	Journal Of the American Chemical Society	Archives Of Biochemistry and Biophysics	2027
531	Cell	Journal Of Biophotonics	1532
530	Science	Structure	1531
492	Molecular Cell	International Journal of Biometeorology	1468
489	Science Advances	Photochemical & Photobiological Sciences	1411
471	Molecules	Nature Structural & Molecular Biology	1393
447	Journal Of Molecular Biology	Biochimica Et Biophysica Acta-Molecular and Cell Biology of Lipids	1369

As mentioned before, they have only 5% of the documents are in common, thus their most cited articles are different than each other (Table 5).

Table 5: Top 10 Most Globally Cited Documents
Documents that received most citations in the datasets.

ADRESS-BASED SEARCH		
Document	**DOI**	**Total Citations**
UHLEN M, 2015, SCIENCE	10.1126/science.1260419	10127
ALTSHULER DM, 2015, NATURE	10.1038/nature15393	9034
LEK M, 2016, NATURE	10.1038/nature19057	7391
THÉRY C, 2018, J EXTRACELL VESICLES	10.1080/20013078.2018.1535750	6921
KLIONSKY DJ, 2016, AUTOPHAGY	10.1080/15548627.2015.1100356	5317
ZHENG SQ, 2017, NAT METHODS	10.1038/nmeth.4193	4945
STOCKWELL BR, 2017, CELL	10.1016/j.cell.2017.09.021	4711
PUNJANI A, 2017, NAT METHODS	10.1038/NMETH.4169	4672
SHI JJ, 2015, NATURE	10.1038/nature15514	4333
RAMÍREZ F, 2016, NUCLEIC ACIDS RES	10.1093/nar/gkw257	4131
CATEGORY-BASED SEARCH		
Document	**DOI**	**Total Citations**
ROHOU A, 2015, J STRUCT BIOL	10.1016/j.jsb.2015.08.008	3057
LIEBSCHNER D, 2019, ACTA CRYSTALLOGR D	10.1107/S2059798319011471	2981
ZHANG K, 2016, J STRUCT BIOL	10.1016/j.jsb.2015.11.003	2340
LI ZY, 2015, NAT STRUCT MOL BIOL	10.1038/nsmb.2959	2236
AFONINE PV, 2018, ACTA CRYSTALLOGR D	10.1107/S2059798318006551	1687
MCGIBBON RT, 2015, BIOPHYS J	10.1016/j.bpj.2015.08.015	1360

AHMED SMU, 2017, BBA-MOL BASIS DIS	10.1016/j.bbadis.2016.11.005	1328
GASCHLER MM, 2017, BIOCHEM BIOPH RES CO	10.1016/j.bbrc.2016.10.086	1193
JIANG FG, 2017, ANNU REV BIOPHYS	10.1146/annurev-biophys-062215-010822	1181
CALDER PC, 2015, BBA-MOL CELL BIOL L	10.1016/j.bbalip.2014.08.010	1101

Table 6: Top 10 Most Relevant Authors

ADRESS-BASED SEARCH		***CATEGORY-BASED SEARCH***	
Article	**Author**	**Author**	**Article**
557	ZHANG Y	ZHANG Y	875
526	WANG Y	WANG Y	724
472	LI Y	LI Y	646
456	LIU Y	LIU Y	611
424	WANG J	WANG J	539
422	LI J	WANG L	534
387	LIU J	ZHANG J	482
358	ZHANG J	LI J	472
357	WANG L	ZHANG L	446
332	CHEN Y	LIU J	390

When authors compared between the dataset, they have 83506 authors that they share while 11625 of them being the corresponding authors and they share 9 of the top 10 authors who have most articles in the dataset with different rankings and article counts (Table 6). Also, they are sharing the same 7107 affiliations between them while most relevant ranking different from each other (A-B: 9222 and C-B: 9042 affiliations) (Table 7). Results from the WOS categories of the dataset revealed that despite of sharing the similarities, A-B dataset has only 5865 of the documents indexed as biophysics category (Table 8).

Table 7: Top 10 Most Relevant Affiliations

ADRESS-BASED SEARCH		***CATEGORY-BASED SEARCH***	
Article	**Affiliation**	**Affiliation**	**Article**
18284	UNIVERSITY OF TORONTO	UNIVERSITY OF CALIFORNIA SYSTEM	4659
18114	UNIVERSITY OF CALIFORNIA SYSTEM	CHINESE ACADEMY OF SCIENCES	4093
10311	CHINESE ACADEMY OF SCIENCES	CENTRE NATIONAL DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE (CNRS)	3986
8485	HARVARD UNIVERSITY	HARVARD UNIVERSITY	2219
6799	UNIVERSITY OF CALIFORNIA SAN FRANCISCO	RUSSIAN ACADEMY OF SCIENCES	1857
6132	UNIVERSITY OF TEXAS SYSTEM	UNIVERSITY OF TEXAS SYSTEM	1842
5943	VANDERBILT UNIVERSITY	UNIVERSITY SYSTEM OF OHIO	1737
5921	MAX PLANCK SOCIETY	INSTITUT NATIONAL DE LA SANTE ET DE LA RECHERCHE MEDICALE (INSERM)	1676
5750	YALE UNIVERSITY	SHANGHAI JIAO TONG UNIVERSITY	1627
5601	WESTERN UNIVERSITY (UNIVERSITY OF WESTERN ONTARIO)	UNIVERSITY OF LONDON	1545

Table 8: Top 20 Most Occurred Web of Science Categories

ADRESS-BASED SEARCH		***CATEGORY-BASED SEARCH***	
Numbers	**Category**	**Category**	**Numbers**
21210	Biochemistry & Molecular Biology	Biophysics	100000
12266	Multidisciplinary Sciences	Biochemistry & Molecular Biology	58122
11210	Cell Biology	Cell Biology	12424
7263	Chemistry Multidisciplinary	Electrochemistry	9684
5865	Biophysics	Nanoscience & Nanotechnology	9443
5522	Neurosciences	Engineering Biomedical	9292
5047	Chemistry Physical	Chemistry Physical	8602
3930	Pharmacology & Pharmacy	Biotechnology & Applied Microbiology	8463
3645	Materials Science Multidisciplinary	Chemistry Analytical	8461
3596	Biochemical Research Methods	Materials Science Biomaterials	7338
3494	Oncology	Biochemical Research Methods	4224
3344	Biology	Physiology	3619
3069	Genetics & Heredity	Biology	3363
3015	Medicine Research & Experimental	Oncology	3045
2941	Nanoscience & Nanotechnology	Computer Science Interdisciplinary Applications	2683
2680	Biotechnology & Applied Microbiology	Radiology Nuclear Medicine & Medical Imaging	2681
2653	Physiology	Hematology	2249
2483	Radiology Nuclear Medicine & Medical Imaging	Immunology	2177
2452	Microbiology	Transplantation	2177
2112	Plant Sciences	Chemistry Multidisciplinary	2053

Evaluation of the study themes

Determination of the themes are complex and there should be multiple parts considered such as networks, counts, relations, prevention of the unrelated terms etc. First, biblioshiny tool was used without adding stop words to obtain pure information for both datasets. Keywords plus® terms, authors' keywords, bigrams and trigrams. 55608 of the keywords plus® terms and 41379 authors' keywords were found same for both datasets which means they only share almost 50% of both between them.

Most occurred keywords plus® terms and authors' keywords are given at Table 9, keywords plus® such as *expression, protein, activation, binding, cells, mechanism and crystal-structure* are found both of their top 10 lists and *oxidative stress, apoptosis, inflammation, breast cancer, cancer, mitochondria and molecular dynamics* were the same authors' keywords that are present in both top 10 list.

Table 9: Top 10 Most Occurred Keyword Plus Terms and Authors' Keywords

ADRESS-BASED SEARCH		***CATEGORY-BASED SEARCH***	
Numbers	**Keywords plus®**	**Keywords plus®**	**Numbers**
7964	Expression	Expression	7443
5864	Protein	Protein	4910
4982	Activation	Activation	4323
4682	Binding	Binding	4004
4356	Identification	Cells	3984
3912	Crystal-Structure	Mechanism	3496
3843	Cells	Model	3401
3735	Mechanism	In-Vitro	3365
3551	Dynamics	Crystal-Structure	3351

3059	Mechanisms	Nanoparticles	3251
ADRESS-BASED SEARCH		**CATEGORY-BASED SEARCH**	
Numbers	**Authors' Keywords**	**Authors' Keywords**	**Numbers**
1074	Oxidative Stress	Apoptosis	1691
1042	Inflammation	Molecular Dynamics	1397
862	Apoptosis	Molecular Docking	1205
815	Cancer	Inflammation	1128
742	Mitochondria	Oxidative Stress	1123
656	Alzheimer's Disease	Cancer	988
550	Covid-19	Autophagy	908
537	Molecular Dynamics	Mitochondria	904
536	Sars-Cov-2	Biosensor	781
506	Breast Cancer	Breast Cancer	702

Bigrams and trigrams are obtained from the abstracts and top 10 most occurred ones are presented in the Table 10. Bigrams that are *gene expression, cancer cells, molecular dynamics, breast cancer, oxidative stress, cell lines, cell death and electron microscopy* are found in both datasets. *Reactive oxygen species, molecular dynamics simulations, oxygen species ros, atomic force microscopy and transmission electron microscopy* are the same trigrams that is on both top 10 lists.

Table 10: Top 10 Most Occurred Bigrams and Trigrams from Abstracts

ADRESS-BASED SEARCH		***CATEGORY-BASED SEARCH***	
Numbers	**Bigrams**	**Bigrams**	**Numbers**
5573	Gene Expression	Cancer Cells	6309
4439	Cancer Cells	Molecular Dynamics	4990
3859	Molecular Dynamics	Breast Cancer	3967
3781	Breast Cancer	Oxidative Stress	3783
3780	Oxidative Stress	Cell Lines	3725
3579	Cell Lines	Gene Expression	3686
2909	Amino Acid	Cell Proliferation	3479
2767	Stem Cells	Detection Limit	3228
2733	Cell Death	Electron Microscopy	3016
2684	Electron Microscopy	Cell Death	2923
ADRESS-BASED SEARCH		**CATEGORY-BASED SEARCH**	
Numbers	**Trigrams**	**Trigrams**	**Numbers**
2074	Reactive Oxygen Species	Reactive Oxygen Species	2282
1927	Molecular Dynamics Simulations	Molecular Dynamics Simulations	2073
1259	Magnetic Resonance Imaging	Special Issue Entitled	1818
1106	Oxygen Species Ros	Oxygen Species Ros	1361
1026	Central Nervous System	Scanning Electron Microscopy	1170
933	Atomic Force Microscopy	Transmission Electron Microscopy	1125
872	Nuclear Magnetic Resonance	Molecular Dynamics Md	1091
852	Cancer Cell Lines	European Biochemical Societies	1069
840	Transmission Electron Microscopy	Atomic Force Microscopy	1045
818	Alzheimers Disease Ad	Breast Cancer Cells	985

Thematic map and thematic evaluation analysis carried to determine themes for both datasets to reveal the biophysics status and compare whether the results differ.

Keyword Plus® Terms

For the keywords plus® only niche themes (protein, binding, identification) and basic themes (expression, activation, cells) were found for A-B and C-B (niche themes: nanoparticles, sensor,

biosensor and bone marrow transplantation. Basic themes: protein, binding, mechanism and expression, activation, cells) (Figure 6).

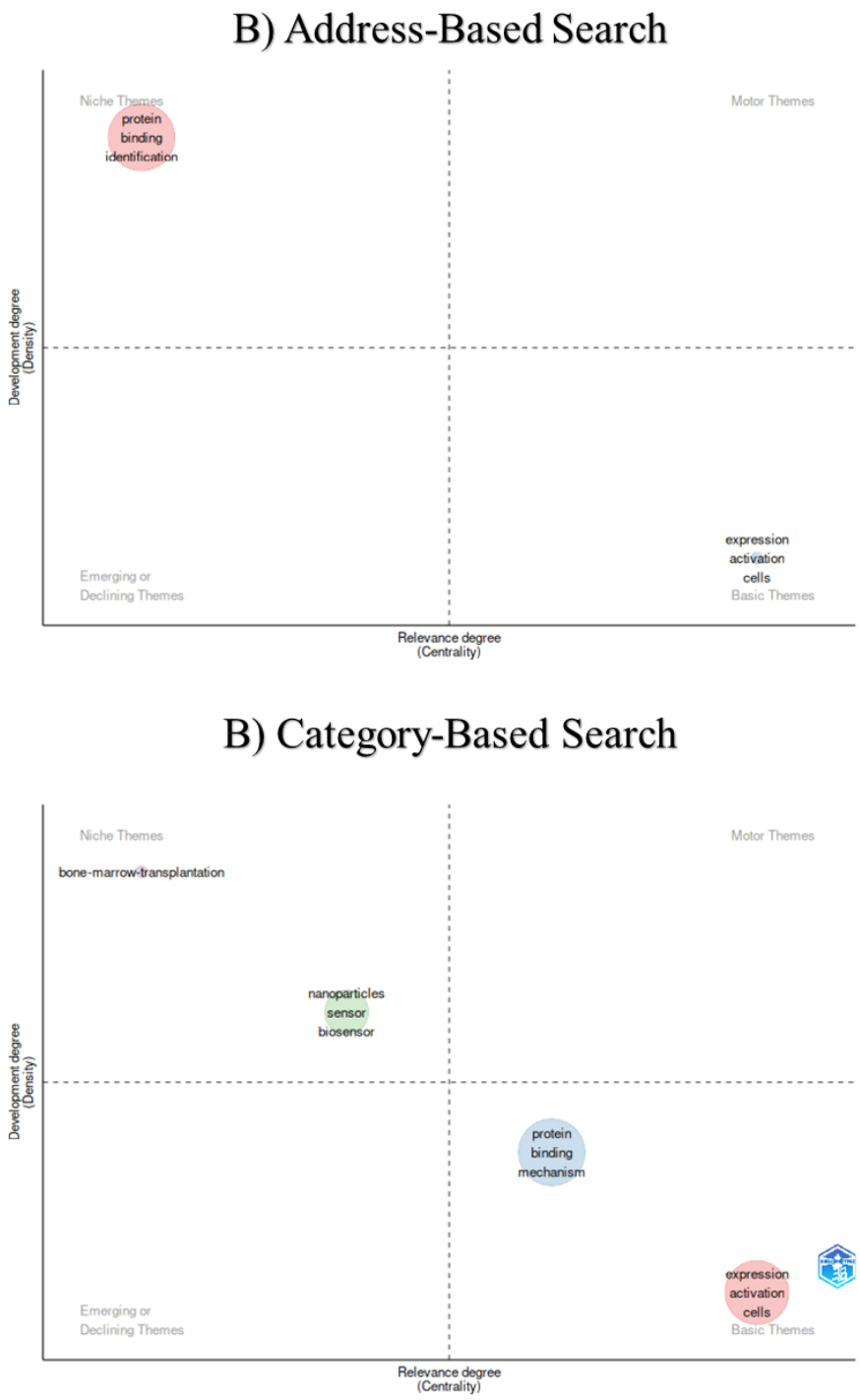


Figure 6: Thematic Map Analysis of Keyword Plus Terms

3 Keyword plus terms were selected for both A) address-based and B) category-based datasets.

As it is shown in the Figure 7A, crystal-structure and expression were the two terms for first three years in the A-B, then for the 2017-2019, crystal-structure connected to protein and binding while expression connecting to the protein, expression and cancer terms. For the final 4 years, protein, expression and cancer connect to the expression term while protein and binding connects to the protein. For the C-B search dataset (Figure 7B), expression, protein and nanoparticles were found. All of them carried out the same for the first cut-off years and protein joined to the nanoparticles whereas it creates in-vitro and

protein for the final 4 years. When keywords plus® terms mapped, both revealed that two clusters which are almost similar connections.

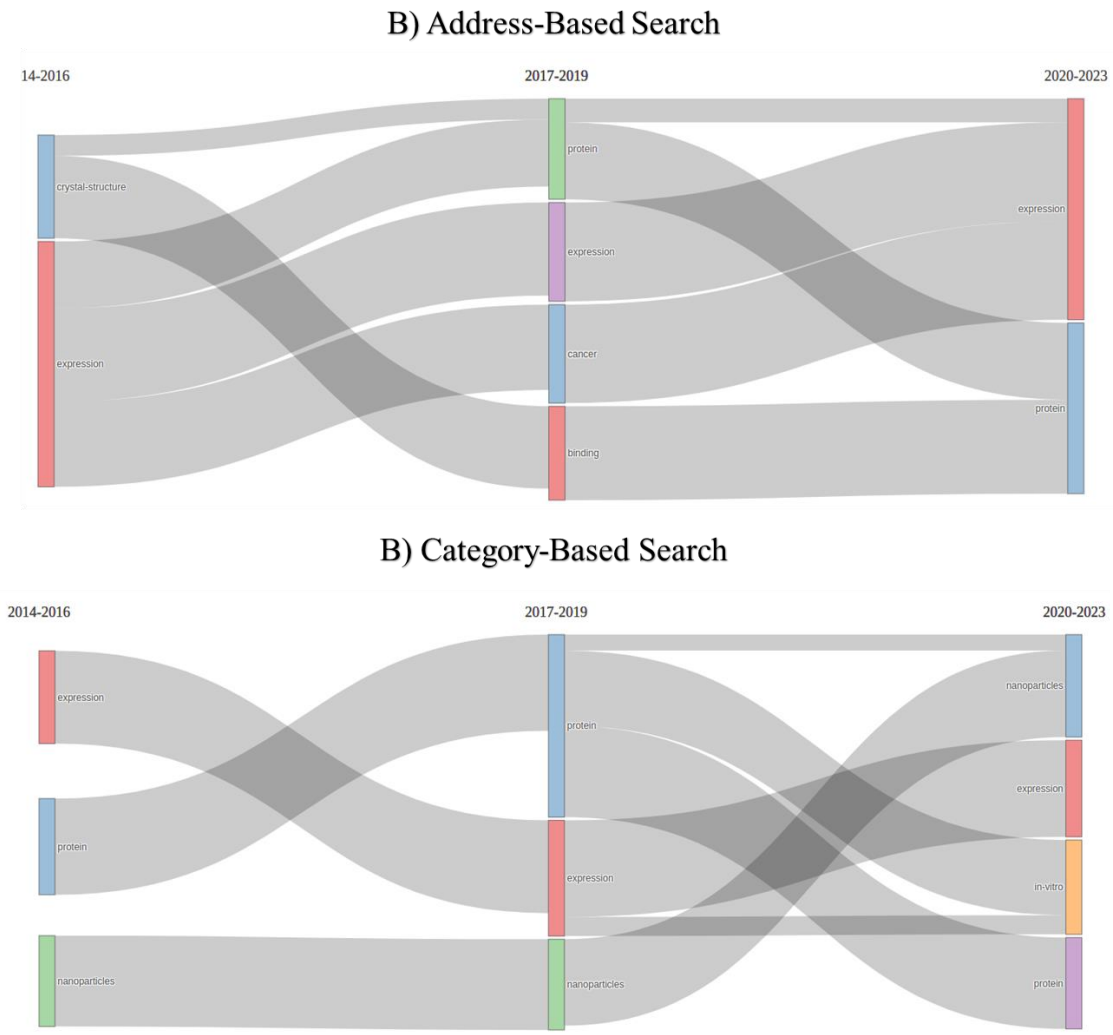


Figure 7: Thematic Evolution Analysis of Keyword Plus Terms

2 Cutting points (2016 and 2019) were selected to divide the datasets into the 3 years of group to observe how the themes evolve by time shown as Sankey diagram for A) address-based dataset and B) category-based dataset.

According to Figure 8, cluster of expression and cluster of protein connects via their major terms, while activation and cells being the second largest nodes for expression cluster and crystal-structure, binding are for protein cluster.

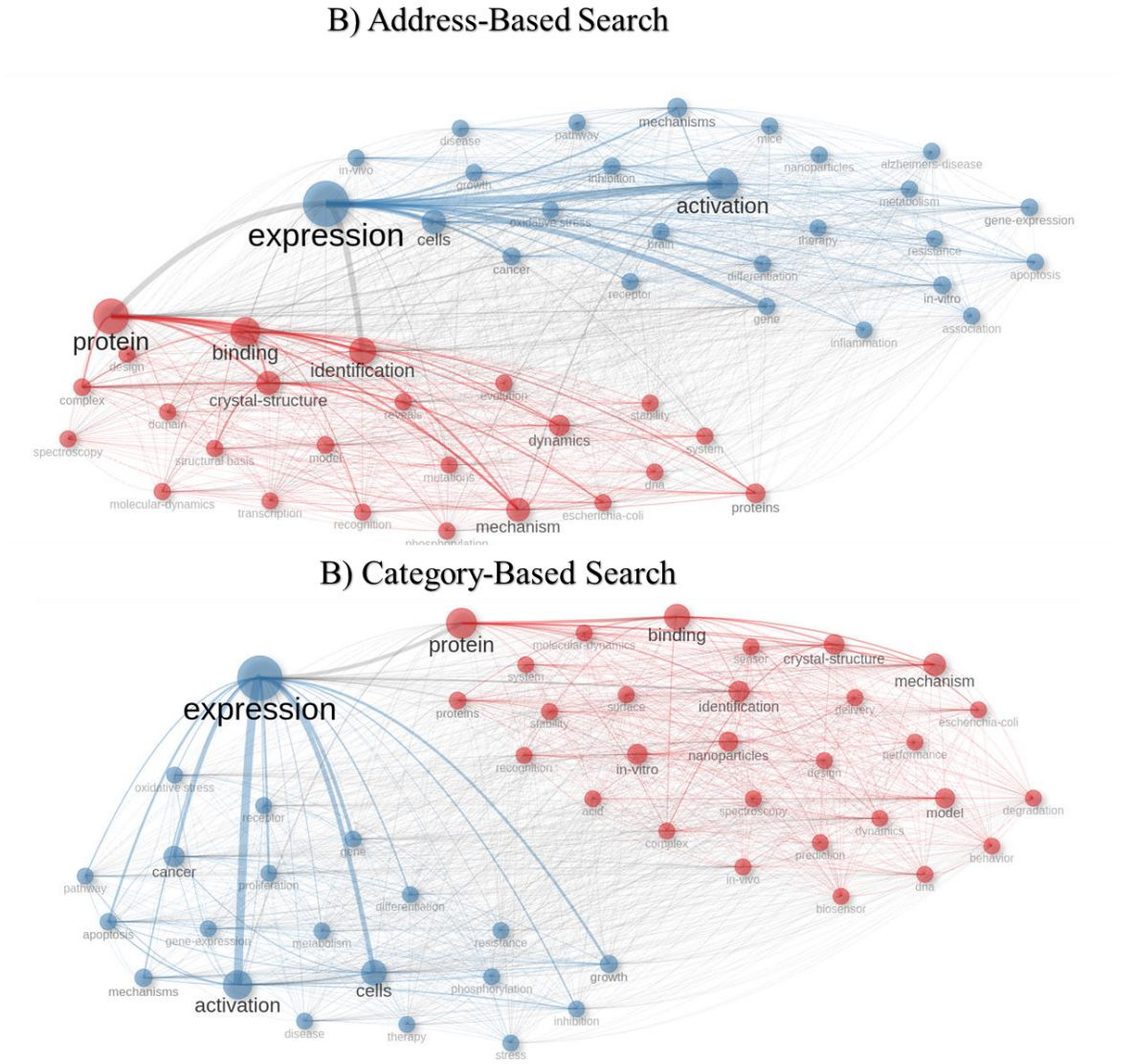


Figure 8: Co-Occurrence Network Map for Keyword Plus Terms
Network maps of keyword plus terms of A) address-based search and B) category-based search to reveal how terms related to each other.

Authors' Keywords

For the authors' keywords, cluster of covid 19 and sars-covid 2 were found as niche themes for A-B while cluster of biomechanics and cluster of biosensor, fluorescence and drug delivery found for C-B dataset. There were no motor-themes found for C-B, where molecular dynamics were the only one for the A-B. Again A-B search has only one emerging (or declining) theme which is Alzheimer's disease where non presented for C-B. For the basic themes cluster of apoptosis, inflammation and oxidative stress was found for both while C-B has extra cluster (molecular dynamics, molecular docking and molecular dynamics simulation) (Figure 9).

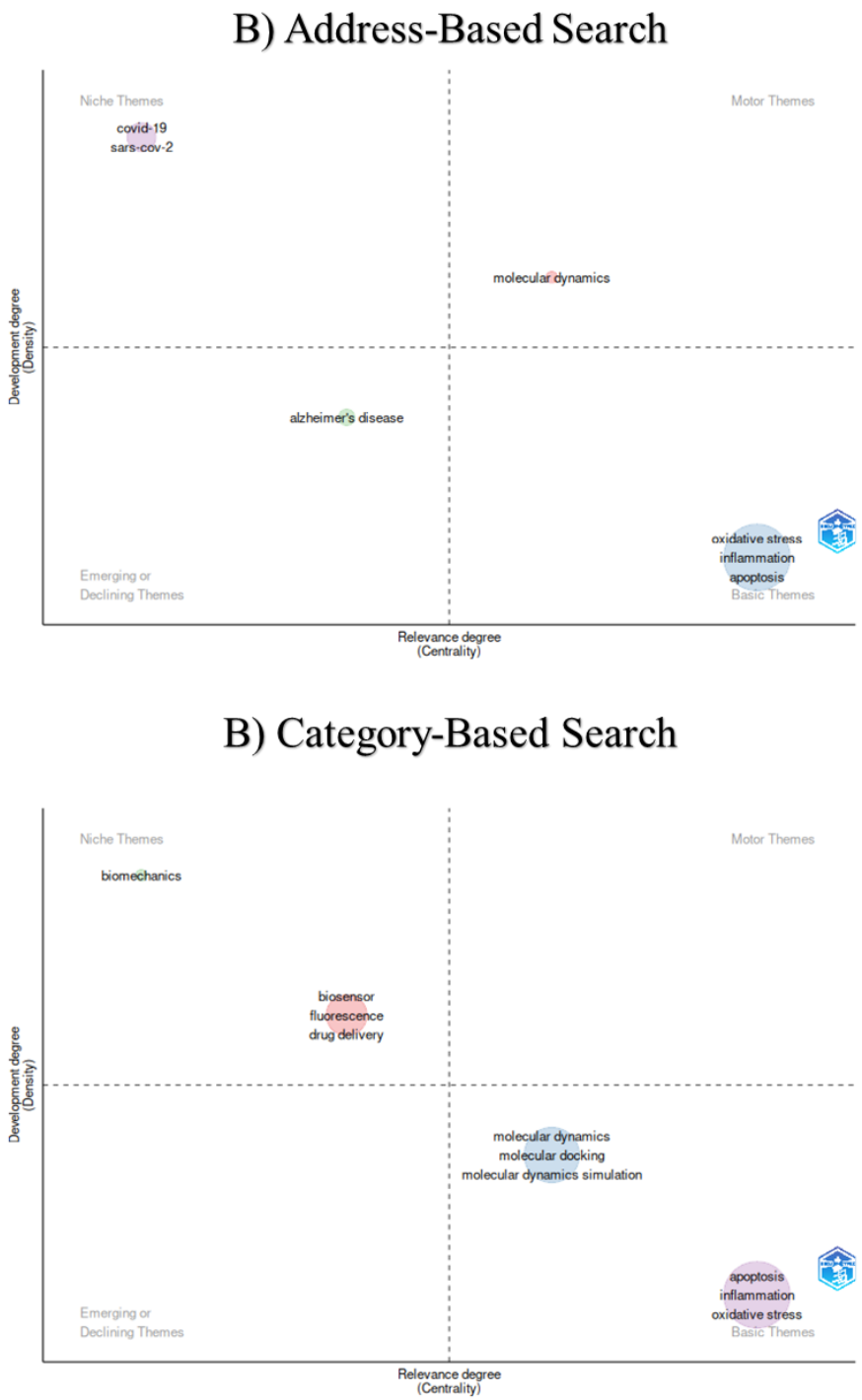


Figure 9: Thematic Map Analysis of Authors' Keywords

3 keywords were selected for both A) address-based and B) category-based datasets.
When thematic evolution investigated (Figure 10), Alzheimer's disease, oxidative stress and molecular dynamics were the main terms for A-B that are connected through all cut-off years. While oxidative stress has connected to cancer and inflammation in the middle cut-off, apoptosis has connected to the oxidative stress and cancer. Eventually, oxidative stress (cancer and oxidative stress), inflammation (inflammation and cancer), Alzheimer's disease and molecular dynamics were the terms at the end. For the C-B search (Figure 10B), apoptosis, proliferation, biomechanics, biosensor, molecular dynamics and fluorescence were found at the beginning, then everything connected to itself for the rest of the cut-offs except fluorescence connected to molecular dynamics which evolved to molecular docking and proliferation connecting to apoptosis at the end.

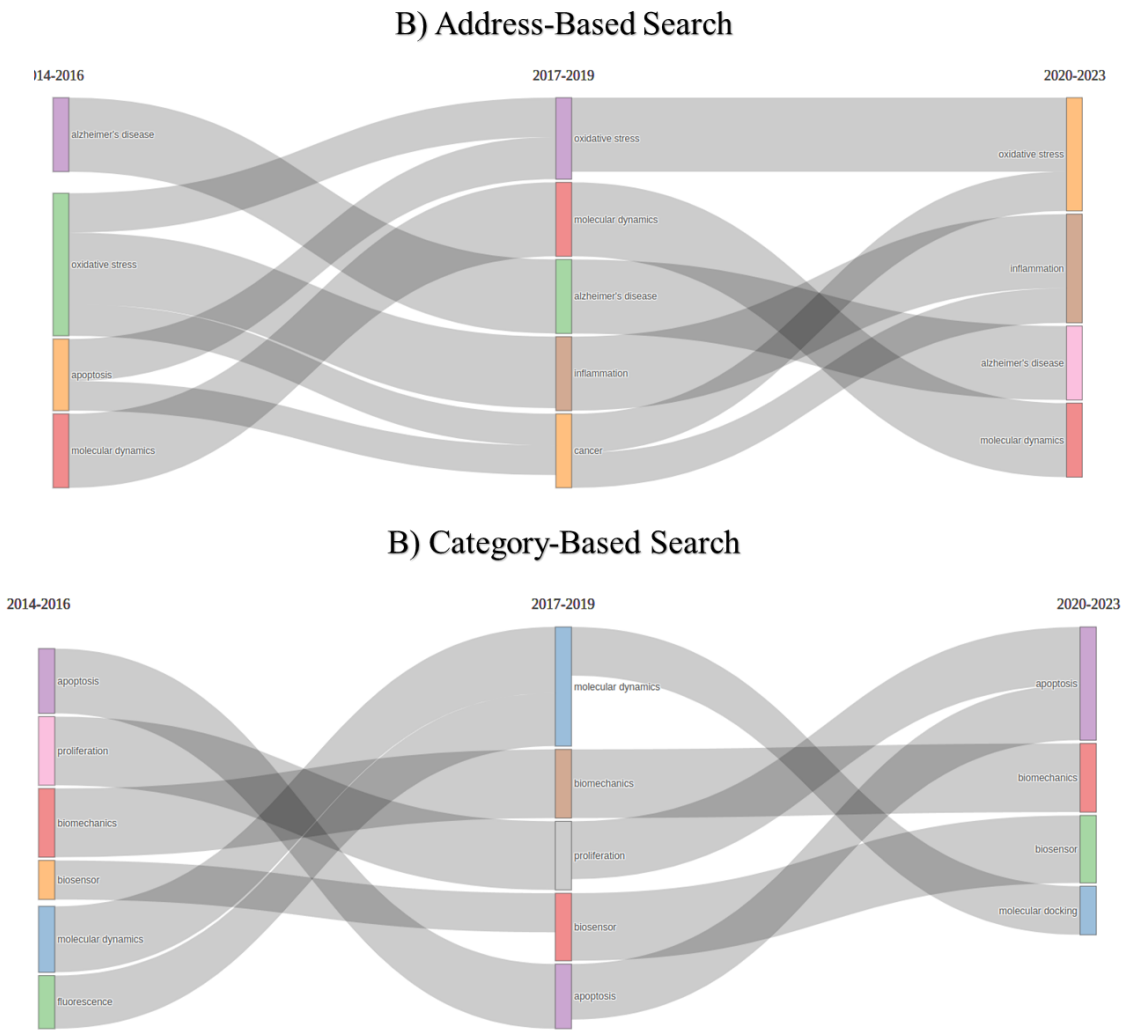


Figure 10: Thematic Evolution Analysis of Authors' Keywords

2 Cutting points (2016 and 2019) were selected to divide the datasets into the 3 years of group to observe how the themes evolve by time shown as Sankey diagram for A) address-based dataset and B) category-based dataset.

Authors' keywords resulted in more clusters in network mapping (Figure 11), 3 of the clusters were similar in both, oxidative stress and apoptosis cluster is the one of the biggest ones, molecular dynamics have larger nodes in C-B but not in A-B. Nanoparticles and drug delivery nodes present in both yet, biosensors and Alzheimer's disease combined in C-B. Whereas Alzheimer's disease creates another group in A-B. Finally, there is a cancer-related node group in the C-B search.

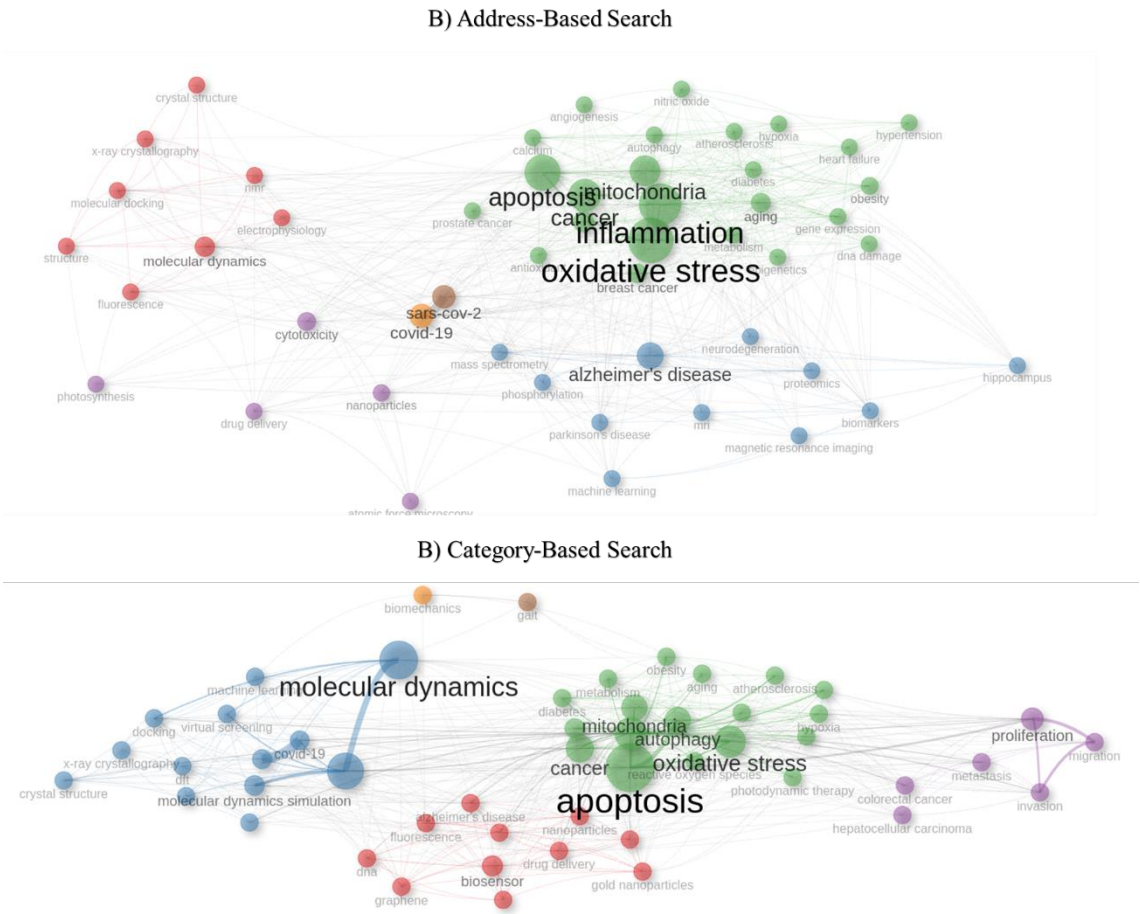
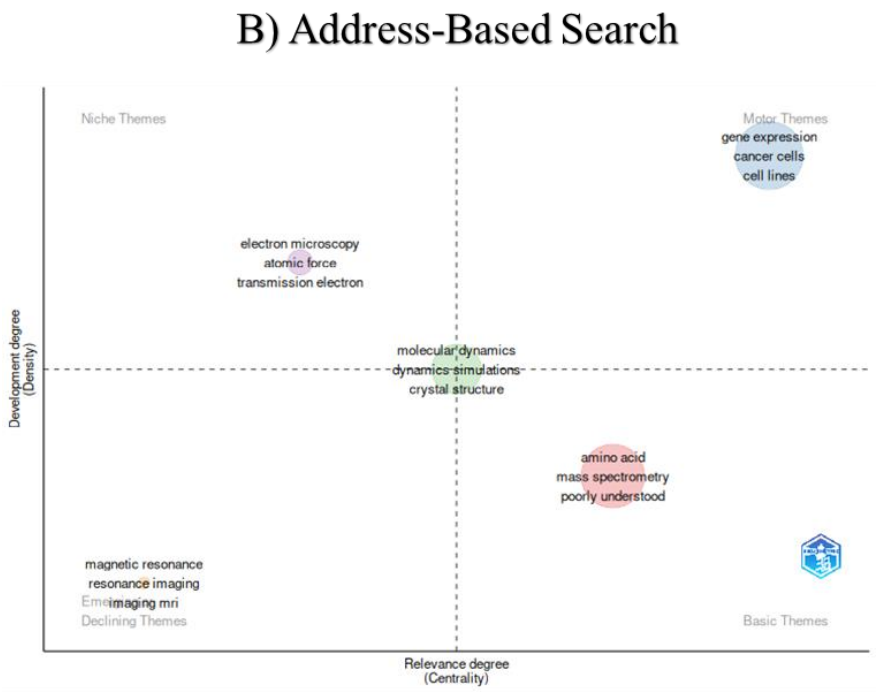


Figure 11: Co-Occurrence Network Map for Authors' keywords

Network maps of authors' keywords of A) address-based search and B) category-based search to reveal how terms related to each other.

Bigrams from Abstracts

For the bigrams that are refined from the abstracts, presented different clusters for both. A-B has 5 cluster one for each quadrant and one at exactly middle, whereas C-B has total 4 clusters on emerging (or Declining themes) and motor themes (two per quadrant) (Figure 12). Cluster contains molecular dynamics, dynamics simulations and crystal structure is at the centre of the A-B thematic map graph. For the niche theme from A-B, electron microscopy, atomic force and transmission electron create a cluster and amino acid, mass spectrometry create cluster in the basic theme (Figure 12A). For the emerging or declining trend quadrant, magnetic resonance imaging creates a cluster in the A-B, while molecular dynamics, amino acid and dynamics simulations create a cluster in C-B. Finally, gene expression and cancer cells are the cluster in the motor themes for both, while C-B has another cluster of detection limit, electron microscopy and *e. coli (*Figure 12).



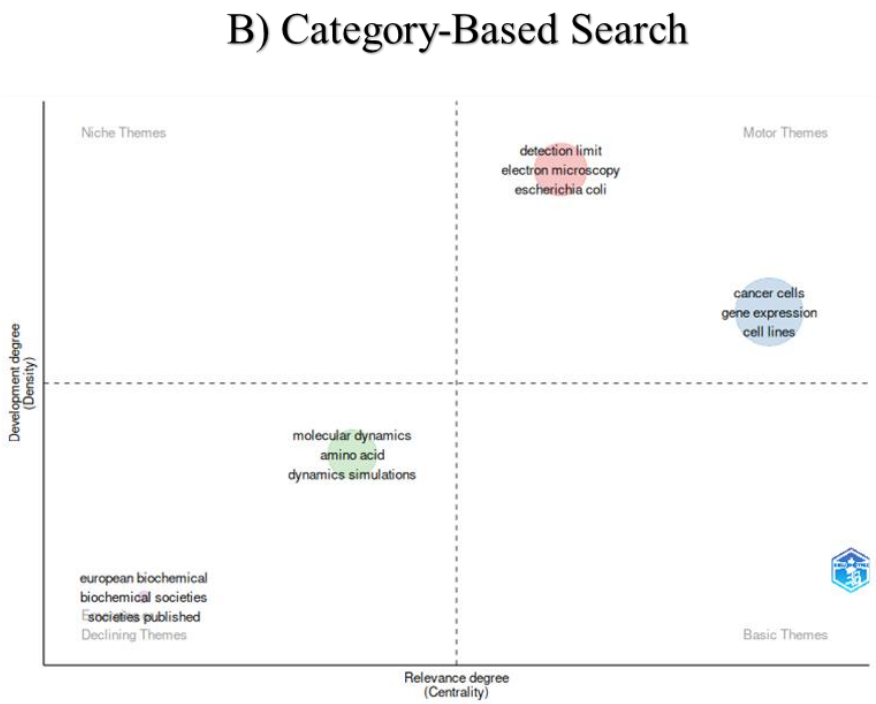


Figure 12: Thematic Map Analysis of Bigrams in the Abstracts

3 most occurred bigrams from the abstracts were selected for both A) address-based and B) category-based datasets.

Thematic evolution showed that molecular dynamics, cancer cells, electron microscopy present in both dataset and eventually themes evolve to the cancer cells and molecular dynamics for both (Figure 13).

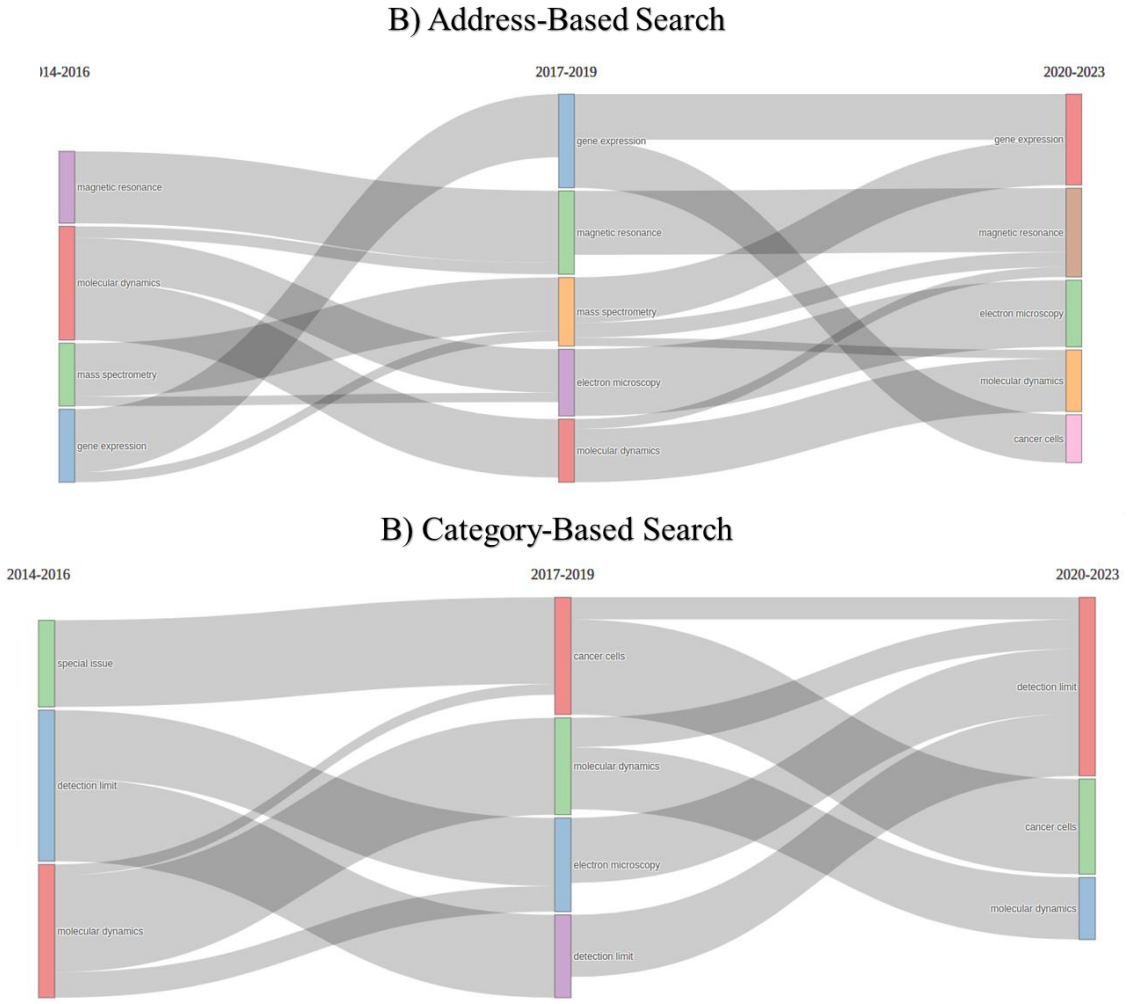


Figure 13: Thematic Evolution Analysis of Bigrams in the Abstracts

2 Cutting points (2016 and 2019) were selected to divide the datasets into the 3 years of group to observe how the themes evolve by time shown as Sankey diagram for A) address-based dataset and B) category-based dataset.

As it can be seen it from the Figure 14, both had similar 3 clusters containing cancer cell, gene expression and ros on the one of them, molecular dynamics and crystal structure at the other and electron microscopy on the last one with the different node size.

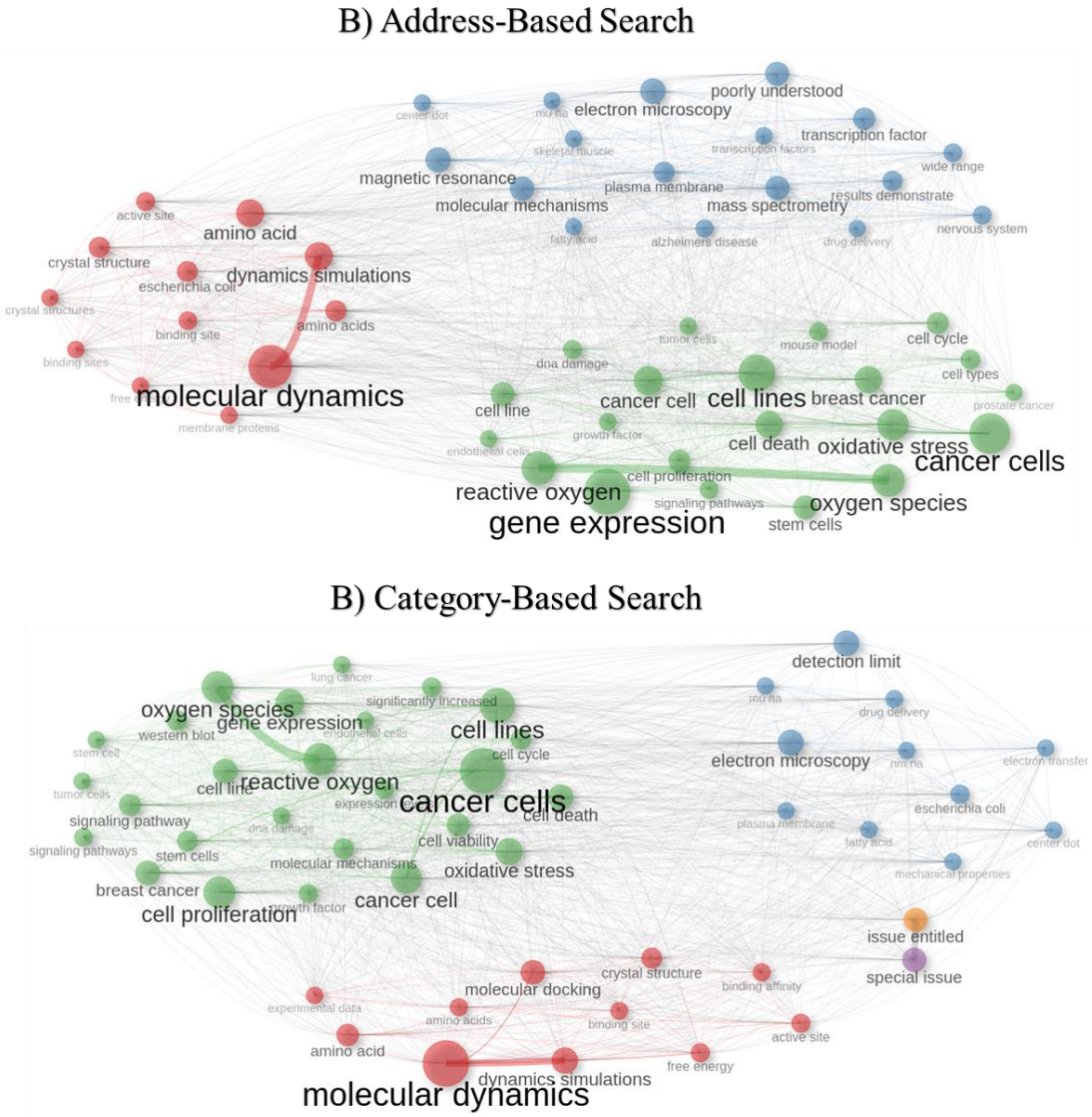


Figure 14: Co-Occurrence Network Map for Bigrams in the Abstracts

Network maps of bigrams that are obtained from abstracts of A) address-based search and B) category-based search to reveal how terms related to each other.

Trigrams from Abstracts

Trigram analysis revealed that A-B and C-B share same clusters for motor themes (atomic force microscopy, electron microscopy) and basic themes with a different degree (cluster 1: reactive oxygen species, cluster 2: molecular dynamics) (Figure 15).

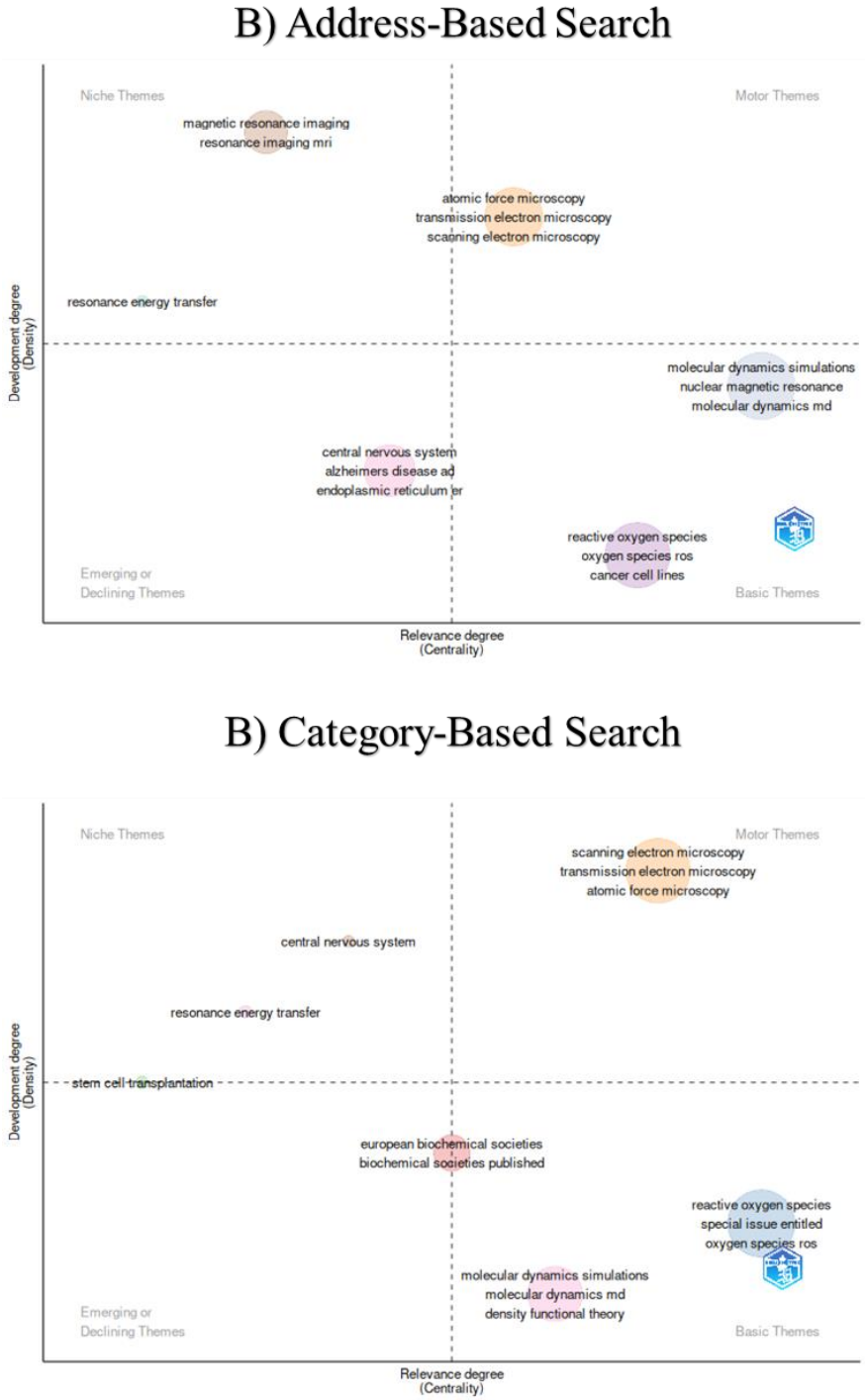


Figure 15: Thematic Map Analysis of Trigrams in the Abstracts

3 most occurred trigrams from the abstracts were selected for both A) address-based and B) category-based datasets.

While there are non-emerging themes for C-B, central nervous system and Alzheimer's disease is cluster on the A-B. Central nervous system cluster is observed at the niche themes for C-B alongside with resonance energy transfer cluster and stem cell transplantation cluster is on negative x axis.

In the niche themes of A-B, two clusters are observed. One is resonance energy transfer, and the other is magnetic resonance imaging (Figure 15). When A-B dataset investigated with thematic evolution, it can be observed that cancer cells, reactive oxygen species alongside with imaging methods evolved to the Alzheimer's disease, reactive oxygen species and imaging methods (Figure 16A). For the C-B dataset, density functional theory, molecular dynamics md, resonance energy transfer, molecular dynamics simulations and scanning electron microscopy terms determined at the first cut-off (Figure 16B). At the end, mesenchymal stem cells, resonance energy transfer, scanning electron microscopy, central nervous system, reactive oxygen species, molecular dynamic simulations and density functional theory were detected which are mainly connected to either molecular dynamic simulations, reactive oxygen species or both (Figure 16B).

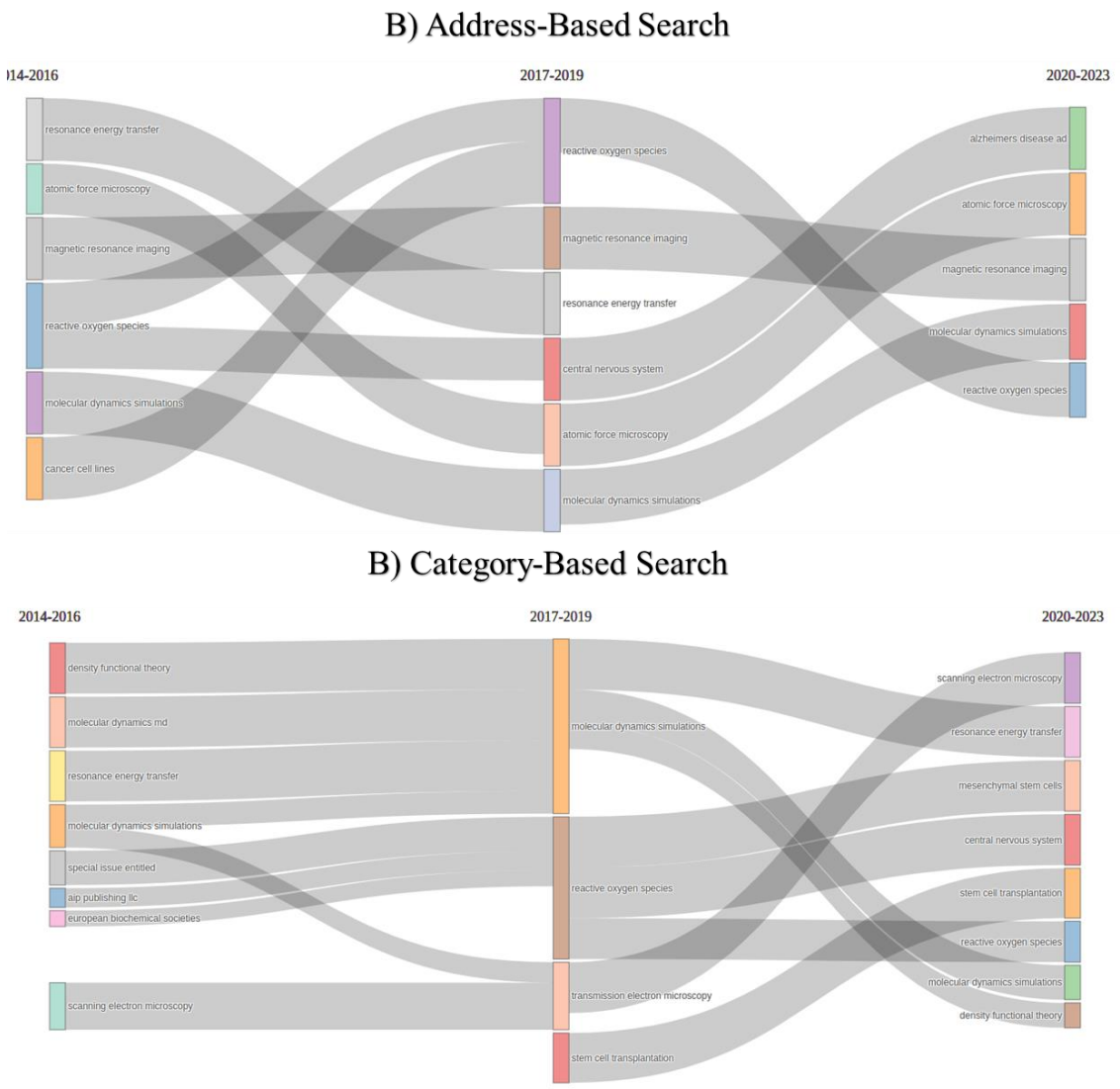


Figure 16: Thematic Evolution Analysis of Trigrams in the Abstracts.

2 Cutting points (2016 and 2019) were selected to divide the datasets into the 3 years of group to observe how the themes evolve by time shown as Sankey diagram for A) address-based dataset and B) category-based dataset.

As can it be seen it from Figure 17, these terms have also appeared on the network map. Results showed that, A-B dataset mainly have two groups with focus of reactive oxygen species and molecular dynamics simulations (Figure 17A), yet for the C-B dataset alongside of these groups scanning electron and atomic force microscopy group exists (Figure 17B).

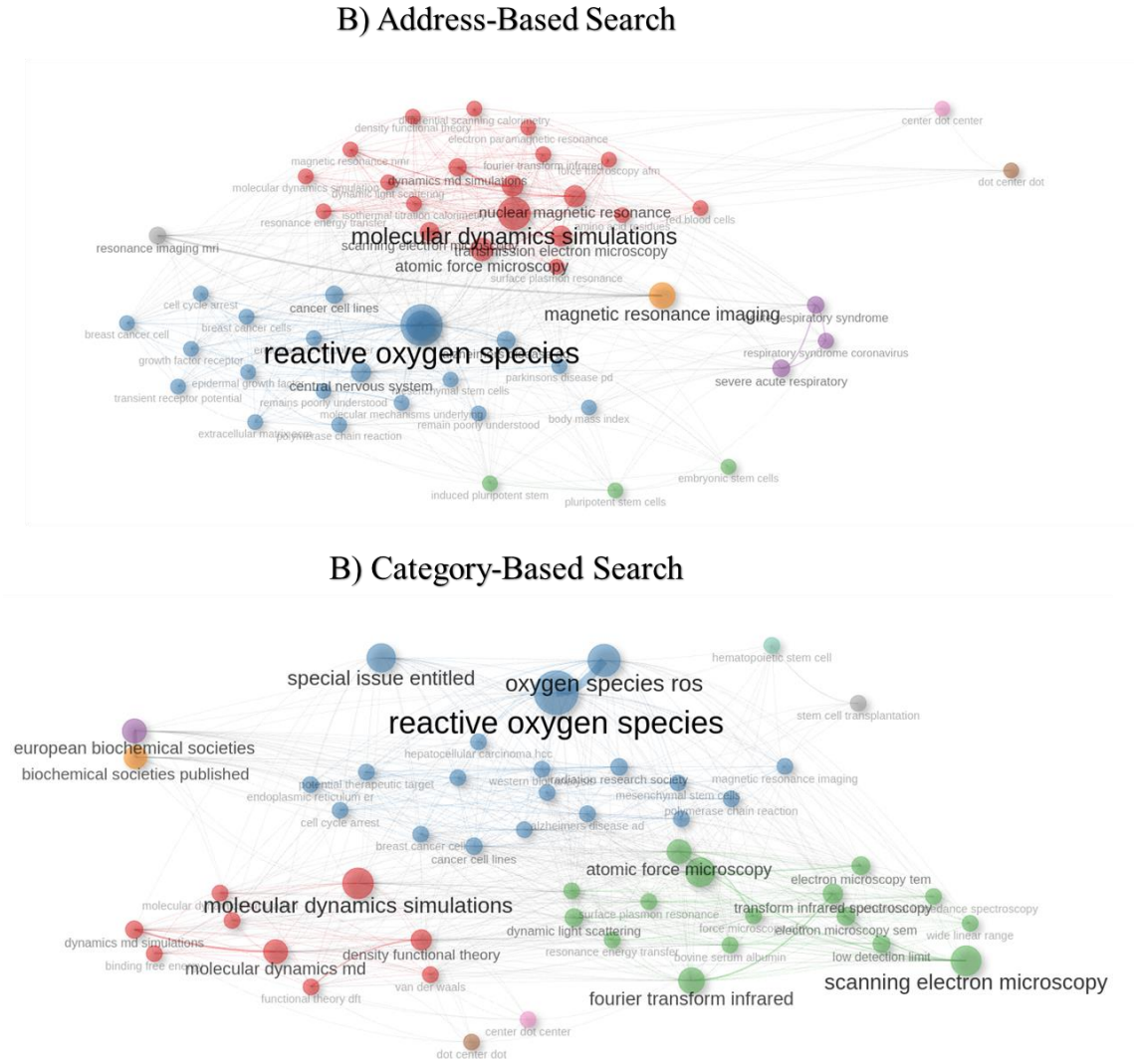


Figure 17: Co-Occurrence Network Map for Trigrams in the Abstracts

Network maps of trigrams that are obtained from abstracts of A) address-based search and B) category-based search to reveal how terms related to each other.

DISCUSSION

This study provides a comprehensive bibliometric analysis of the biophysics field over the past decade, comparing two different methodologies: an address-based search (A-B) and a category-based search (C-B) in the Web of Science Core Collection (WoSCC) with a massive data possible (100.000 documents). Aim for this work was to investigate which methods can provide better understanding for the field status alongside with understanding of the biophysics research output with large datasets.

Comparison of Address-Based and Category-Based Approaches

Results obtained from this study indicate that the two approaches produce different datasets, with only 5.32% (5,320 documents) of the publications overlapping between them that highlights how two methods differ from each other. The A-B dataset had publications from 6,996 unique sources, whereas the C-B dataset had only 264 sources, suggesting that the category-based search is more restrictive and concentrated, while the address-based approach provides broader results from interdisciplinary publications. This also points out that limitation of the WoSCC categorisations might results in valuable information if it is added to the query so researchers must check which sources they will be provided (which is already listed by Clarivate).

Trends in Scientific Output and Citation Impact

The annual growth rate was found to be -2.94% for A-B and -10.73% for C-B. While these negative rates might initially suggest a decline, they likely reflect "disciplinary diffusion"—a phenomenon where successful interdisciplinary fields expand their influence across multiple domains, leading to apparent fragmentation in traditional bibliometric indicators. This interpretation aligns with biophysics' evolution as a mature interdisciplinary field that has successfully integrated into various application domains.

In terms of citation impact, the average citations per document were 37.15 for A-B and 26.84 for C-B, indicating that address-based publications generally receive a little bit more citations. This suggests that influential research carried within the biophysics may not always be classified under the WoSCC biophysics category.

Thematic Analysis: Keywords and Research Focus

Thematic analyses of Keyword Plus® terms, authors' keywords, bigrams, and trigrams revealed key thematic differences between the two datasets:

Common Keywords: Both datasets share core terms such as "expression," "protein," "binding," "activation," "cells," and "mechanism" in their Keyword Plus® results. Similarly, frequent authors' keywords such as "oxidative stress," "apoptosis," "cancer," and "molecular dynamics" appeared in both datasets.

Divergent Themes: The A-B dataset has more diverse topics, for example COVID-19 (e.g., "SARS-CoV-2," "COVID-19"), Alzheimer's disease, and biosensors, reflecting broader interdisciplinary integration. In contrast, the C-B dataset had more focused studies on biomechanics, fluorescence studies, and biosensors.

Bigrams and Trigrams: The most frequent bigrams, such as "gene expression," "cancer cells," and "molecular dynamics", were found across both datasets. However, the A-B dataset emphasized topics like "nuclear magnetic resonance" and "Alzheimer's disease," whereas the C-B dataset showed a stronger focus on "density functional theory" and "scanning electron microscopy."

These differences suggest that while the core focus (or tools) of biophysics research remains consistent across both datasets, the address-based approach captures wider interdisciplinary spectrum, whereas the category-based approach is more condensed with traditional biophysics research.

Network and Evolutionary Trends

Network analysis and thematic evolution analysis contributed with easily observable clustering patterns:

Keyword Plus® Networks: The A-B dataset was found focused on two major clusters: "expression" (linked to activation, cells, and inflammation) and "protein" (linked to binding, molecular interactions, and crystal structure). The C-B dataset followed a similar pattern but with an additional emphasis on nanoparticles and in-vitro studies.

Authors' Keywords Networks: The A-B dataset had a stronger presence of Alzheimer's disease and oxidative stress clusters, whereas the C-B dataset showed specific clustering around biomechanics and biosensors.

Bigrams and Trigrams Evolution: Both datasets showed similar progression of research themes over time, with molecular dynamics, cancer research, and oxidative stress being the motor terms. However, the A-B dataset showed an increasing trend in Alzheimer's disease research, whereas the C-B dataset revealed a growing focus on computational biophysics and modelling.

These analyses also point out that despite of capturing the core topics of biophysics field, A-B based analyse provide more information about the field's contribution to the science. However, C-B dataset revealed more specific approaches yet with a narrow window thus suggesting that category refining might be useful to focus on some core themes.

Implications and Methodological Considerations

These results show the impact of methodological choices in bibliometric analyses. Despite of the similar hypotheses, the address-based search can capture broader, more interdisciplinary perspective of a research field. For example, this method showed that field of biophysics collaborate with diverse areas such as neuroscience, biomedical imaging, and computational biology.

In contrast, the category-based search offers a more traditional, focused view of the field but may exclude influential studies published in journals not explicitly categorized under biophysics.
Given the interdisciplinary nature of biophysics, future bibliometric studies about both biophysics and other fields like it should consider combining multiple approaches to obtain a more accurate status of the field. Additionally, these results suggest that journal classification systems should be periodically reassessed to ensure they accurately reflect the evolving boundaries of scientific disciplines.

Addressing the "Disciplinary Diffusion" Phenomenon

The negative growth rates observed in both datasets (-2.94% for A-B, -10.73% for C-B) should not be interpreted as a decline in biophysics research. Instead, these patterns likely reflect "disciplinary diffusion"—a phenomenon where successful interdisciplinary fields expand their influence across multiple domains, leading to apparent fragmentation in traditional bibliometric indicators (Leydesdorff & Rafols, 2009). This interpretation aligns with biophysics' evolution as a mature interdisciplinary field that has successfully integrated into various application domains
This phenomenon explains why biophysics research increasingly appears in journals categorized under physics, chemistry, biology, medicine, or engineering rather than exclusively in biophysics journals. The field's success in integrating with other disciplines is a sign of its maturity and impact, rather than decline.

Connecting Bibliometric Patterns to Major Scientific Developments

Thematic analysis reveals clusters that directly correspond to major scientific developments in biophysics. For instance, the prominence of "oxidative stress" and "cancer" keywords reflects the field's growing focus on biomedical applications, while "molecular dynamics" and "crystal structure" highlight the continued importance of structural biology. These patterns align with documented trends in biophysics research (Dror et al., 2012; Paluch et al., 2016).
The prominence of "electron microscopy" in keyword analysis directly reflects the transformative impact of cryo-electron microscopy, recognized with the 2017 Nobel Prize in Chemistry. Similarly, the high frequency of "molecular dynamics" keywords corresponds to the computational revolution enabled by GPU computing and specialized hardware like Anton supercomputers (Shaw et al., 2014). These technological breakthroughs have fundamentally reshaped biophysics research, as evidenced by bibliometric patterns.
For example, analysis identified several key contributors whose prominence in the network analysis aligns with their recognized impact on the field. The high citation counts and centrality measures for authors working in molecular dynamics and structural biology reflect the field's continued focus on understanding protein structure and function at atomic resolution. Similarly, the emergence of "Alzheimer's disease" and "neurodegenerative diseases" as prominent keywords corresponds to biophysics' expanding role in neuroscience and biomedical applications.

CONCLUSION

In summary, this study provides a detailed comparison of address-based and category-based bibliometric methods for mapping biophysics research. While both approaches identified key themes such as molecular dynamics and oxidative stress, the address-based method captured a wider interdisciplinary landscape, whereas the category-based method focused on core biophysics topics. These findings underscore the importance of methodological transparency and the use of multiple strategies in bibliometric research, particularly for interdisciplinary fields. Future studies should expand the scope to include additional databases and keyword-based searches to provide a more comprehensive understanding of research dynamics. However, limitations of this study must be addressed. First, the use of only the Web of Science Core Collection may have excluded relevant publications indexed in other databases such as Scopus or PubMed. Second, the address-based approach may include papers from institutions with "biophys" in their name that are not directly related to biophysics, potentially overestimating the field’s scope. Conversely, the category-based approach may miss interdisciplinary research published outside core biophysics journals. Finally, the absence of a keyword-based search strategy limits the comprehensiveness of the comparison; future work should address this gap.

Statement of Declaration
The author declare that no funds, grants, or other support were received during the preparation of this manuscript.

Data availability
Data that is used in this study can be found in the Mendeley Data repository with doi: 10.17632/948vddp2k7.1

REFERENCES

Aria, M., & Cuccurullo, C. (2017). bibliometrix : An R-tool for comprehensive science mapping analysis. *Journal of Informetrics*, *11*(4), 959–975. https://doi.org/10.1016/j.joi.2017.08.007

Biophysical Society. (2019). *The Founding of the Biophysical Society*.

Chen, C., Dubin, R., & Kim, M. C. (2014). Emerging trends and new developments in regenerative medicine: a scientometric update (2000 – 2014). *Expert Opinion on Biological Therapy*, *14*(9), 1295–1317. https://doi.org/10.1517/14712598.2014.920813

Clarivate. (n.d.). *Web of Science Platform*.

Clarivate. (2023, June 10). *Web of Science Core Collection: Web of Science Categories*.

Donthu, N., Kumar, S., Mukherjee, D., Pandey, N., & Lim, W. M. (2021). How to conduct a bibliometric analysis: An overview and guidelines. *Journal of Business Research*, *133*, 285–296. https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2021.04.070

Dror, R. O., Dirks, R. M., Grossman, J. P., Xu, H., & Shaw, D. E. (2012). Biomolecular Simulation: A Computational Microscope for Molecular Biology. *Annual Review of Biophysics*, *41*(1), 429–452. https://doi.org/10.1146/annurev-biophys-042910-155245

Falagas, M. E., Pitsouni, E. I., Malietzis, G. A., & Pappas, G. (2008). Comparison of PubMed, Scopus, Web of Science, and Google Scholar: strengths and weaknesses. *The FASEB Journal*, *22*(2), 338–342. https://doi.org/10.1096/fj.07-9492LSF

Franceschetti, D. R., & Press, S. (2012). *Applied Science: 5 Volume Set*. Salem Press, Incorporated.

Kühlbrandt, W. (2014). The Resolution Revolution. *Science*, *343*(6178), 1443–1444. https://doi.org/10.1126/science.1251652

Leydesdorff, L., & Rafols, I. (2009). A global map of science based on the ISI subject categories. *Journal of the American Society for Information Science and Technology*, *60*(2), 348–362. https://doi.org/10.1002/asi.20967

Mongeon, P., & Paul-Hus, A. (2016). The journal coverage of Web of Science and Scopus: a comparative analysis. *Scientometrics*, *106*(1), 213–228. https://doi.org/10.1007/s11192-015-1765-5

Paluch, E. K., Aspalter, I. M., & Sixt, M. (2016). Focal Adhesion–Independent Cell Migration. *Annual Review of Cell and Developmental Biology*, *32*(1), 469–490. https://doi.org/10.1146/annurev-cellbio-111315-125341

Pearson, K. (1892). *The Grammar of Science*. Cosimo, Incorporated. https://books.google.com.tr/books?id=XxcNQu-crewC

Rosen, J., & Gothard, L. Q. (2009). *Encyclopedia of Physical Science*. Facts On File, Incorporated. https://books.google.com.tr/books?id=avyQ64LIJa0C

Sengupta, I. N. (1985). The growth of biophysical literature. *Scientometrics*, *8*(5–6), 365–375. https://doi.org/10.1007/BF02018059

Shaw, D. E., Grossman, J. P., Bank, J. A., Batson, B., Butts, J. A., Chao, J. C., Deneroff, M. M., Dror, R. O., Even, A., Fenton, C. H., Forte, A., Gagliardo, J., Gill, G., Greskamp, B., Ho, C. R., Ierardi, D. J., Iserovich, L., Kuskin, J. S., Larson, R. H., … Young, C. (2014). Anton 2: Raising the Bar for Performance and Programmability in a Special-Purpose Molecular Dynamics Supercomputer. *SC14: International Conference for High Performance Computing, Networking, Storage and Analysis*, 41–53. https://doi.org/10.1109/SC.2014.9

Stephan, P., Veugelers, R., & Wang, J. (2017). Reviewers are blinkered by bibliometrics. *Nature*, *544*(7651), 411–412. https://doi.org/10.1038/544411a

van Weijen Dr, D. (2012). The language of (future) scientific communication. *Research Trends*, *1*(31), 3.

Wang, J., He, W., Ding, H., Ye, J., & Xia, Z. (2021). Scientific publications in biochemical and biophysical research communications (BBRC): A 20-years bibliometric analysis. *Acta Medica Mediterranea*, *37*(1), 481–486. https://doi.org/10.19193/0393-6384_2021_1_75

Zhu, J., & Liu, W. (2020). A tale of two databases: the use of Web of Science and Scopus in academic papers. *Scientometrics*, *123*(1), 321–335. https://doi.org/10.1007/s11192-020-03387-8

EVALUATION OF TRANSFORMATION METHODS FOR EXTREME NON-GAUSSIAN STRESS DATA

EKSTREM GAUSS DIŞI DAĞILIMLI GERİLME VERİLERİ İÇİN DÖNÜŞÜM YÖNTEMLERİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ

Dr. Ayşe Su Giz
Istanbul Technical University, Faculty of Mechanical Engineering, Istanbul, Turkey
ORCİD: 0009-0001-8295-3264,

Assoc. Prof. Dr. Sena Cimilli Duru
Istanbul Technical University, Faculty of Textile Technologies and Design, Istanbul, Turkey
ORCİD: 0000-0002-3663-8503

Prof. Dr. Ata Muğan
Istanbul Technical University, Faculty of Mechanical Engineering, Istanbul, Turkey
ORCİD: 0000-0002-5293-7562

ABSTRACT

Most calculation methods for random loads, both in statistics and fatigue analysis are based on assuming that the data follow a Gaussian distribution. However, real-world loadings are usually non-Gaussian, and sometimes even extremely non-Gaussian. For this reason, during multiple decades, engineers have dealt with increasingly complex non-Gaussian loadings. One of the most popular ways to deal with non-Gaussian loads is to transform them into Gaussian form, with a kurtosis of three and skewness of zero, before further processing. Thus, many transformation methods have been proposed in literature for this purpose. Transformation of extreme non-Gaussianities, especially loads with kurtosis above 20 have received particular attention in recent years.

Here, a real-life case of extreme non-Gaussian loading, the experimental stress on an industrial knitting needle is considered. Several transformation methods from literature are applied to transform the stress data into Gaussian form and the methods are evaluated on how close to Gaussian the resulting loadings are.

The data is from a previous experimental study on stresses on an industrial circular knitting machine needle. The data had a sampling rate of 100 Hz and 986 points, with a kurtosis of 121 and skewness of 6.2. This loading was selected because the extremely irregular nature of the load presents a suitably extreme case where most methods are not expected to succeed in turning it fully Gaussian. In this work, Yeo-Johnson, Ochi and Manly transformations were applied to this loading and the results of these transformations are presented here. Different models had varying levels of success, with none achieving results exactly Gaussian. The work highlights the limitations associated with single shape parameter Gaussian transformation methods for extreme real-world loadings and evaluates the applicability of current methods to such cases.

Keywords: Non-Gaussian Transformation, Extreme non-Gaussianity, Ochi Transformation, Manly Transformation, Yeo-Johnson Transformation

ÖZET

Ratsgele dağılımların incelenmesinde, hem ömür hesaplarında hem istatistikte, çoğunlukla normal dağılım varsayılır. Ancak gerçek hayattaki yükler nadiren bu varsayımı karşılarlar, ve aşırı Gauss dışı davranış sergileyenleri de vardır. Bu sebeple, onlarca yıldır, normal dağılımı olmayan yüklerle uğraşmak için yöntemler geliştirilmektedir. Bu yöntemlerin en popülerlerinden biri, datayı özelliklerini koruyarak, Gaussal dönüşümler ile normalleştirmekten geçer. Bu durumda birçok özellik korunurken basıklık üçe, çarpıklık da sıfıra gelecektir. Zaman ilerledikçe bu dönüşümler daha ve daha yüksek düzensizlikleri kapsamışlardır, ve son yıllarda basıklığı 20'nin üzerinde olan ekstrem Gauss dışı yükler önemli bir araştırma konusu hâline gelmiştir.

Bu çalışmada, ekstrem Gauss dışı gerçek bir yükleme örneği olarak bir örme iğnesi üzerindeki deneysel gerilme incelenmiş ve veriyi normalleştirme amacıyla literatürde yer alan dönüşüm yöntemleri değerlendirilmiştir.

Kullanılan veri, önceki deneysel bir çalışmadan alınmıştır ve endüstriyel dairesel örme makinesi iğnesi üzerinde oluşan gerilimlerdir. Veri 100 Hz örnekleme frekansına ve 986 veri noktasına sahiptir; basıklık değeri 121 de ve çarpıklık değeri 6.2'dır. Söz konusu yüklemenin sebebi, çoğu dönüşüm yönteminin veriyi tamamen normalleştirmede yetersiz kalabileceği, aşırı sivri ve çarpık ancak gerçek haytta da karşılaşılan bir örnek teşkil etmesidir. Bu çalışmada Yeo-Johnson modeli, Ochi modeli ve Manly modelleri bu veri setine uygulanmıştır ve bu dönüşüm modellerinden elde edilen sonuçlar sunulmuştur. Farklı yöntemler değişen başarı düzeyleri göstermiş olup, hiçbir dönüşüm tam normal dağılıma ulaşamamıştır. Bu çalışma, gerçek yüklemelerin tek şekil parametreli yöntemlerle yapılan Gauss dönüşümüne ilişkin sınırlılıkları ortaya koymakta ve bu yöntemlerin bu tür durumlara uygulanabilirliğini değerlendirmektedir.
Anahtar Kelimeler: Gauss dönüşümü, normalden aşırı uzak dağılımlar, Yeo-Johnson dönüşümü, Manly dönüşümü, Ochi dönüşümü

INTRODUCTION

Non-Gaussian to Gaussian transformations are used in a variety of fields where data interpretation is required, including statistics, economics, mechanics, medical and artificial intelligence (Bin et al., 2022; Cabrera-Mendoza et al., 2023; Demir & Sahin, 2024; Jensen & Iosifidis, 2023; Pak & Kim, 2020; Tieppo et al., 2022). Gaussian transformations are widely used to normalize non-Gaussian data so that inference and modelling procedures with the Gaussian assumptions remain valid. There are several transformation formulas in the literature to convert non-Gaussian to Gaussian form due to the wide range of application sectors. Experimental data and stress loadings can have a wide variety of non-Gaussian forms. A transform that works for a particular data or stress distribution may not be optimal for another. This fact and the various field applications are the reason for development of such numerous transforms. During transformations, the main goal is to get the data as similar to Gaussian as possible, i.e. getting the kurtosis as close to three, and to get the skewness as close to zero as possible. The important point is to achieve this without changing peak locations. Classical work centres on parametric, monotone families whose parameters are tuned to reduce skewness and stabilize variance. The Box–Cox power law transformation method transforms positive data aiming to mitigate non-normality; its practical limitations are the positivity requirement and the fact that the transformed support can be bounded depending on only a single parameter, so only approximate normality may be attainable in heavy-tailed settings (Box & Cox, 1964; Sakia, 1992). To handle data that include negatives without jumps or shifts, Manly proposed an exponential transformation that is effective for skewed unimodal distributions (Manly, 1976; Nwakuya & Nkwocha, 2022), while Yeo–Johnson introduced a two-sided power transform defined on the full real line that applies a power law for different values to avoid discontinuity at zero and enabling Gaussian transformations when responses can be negative (Raymaekers & Rousseeuw, 2021; Weisberg, 2001; Yeo & Johnson, 2000). Ochi and Ahn, working on ocean wave modelling, also produced a transformation based on a series approach(Ochi, 1998; Ochi & Ahn, 1994).

METHODOLOGY

Stress data with extreme kurtosis and skewness were acquired (Duru, 2016) from previous work on an industrial knitting needle. The stress data had both positive and negative elements, ranging from -82 to 216 MPa. It had a sampling frequency of 100 Hz, and 986 points. The kurtosis was 121 and skewness 6.2. Knitting Needle data has been put through Yeo-Johnson power law transformation, Manly exponential transformation, and Ochi and Ahn series transformation. These methods were chosen to each represent the main types of transformations in literature.

The formulation to these transformations will be briefly given in this section. The transformation function $g(.)$ maps the non – Gaussian load (Z) to its Gaussian counterpart $X = g(Z)$.

Yeo-Johnson Transformation

Yeo-Johnson's power law transformation is an extension of the Box-Cox transformation to include both positive and negative data. Its main goal was to reduce skewness and asymmetry in the dataset (Yeo & Johnson, 2000, Nwakuya & Nkwocha, 2022). The formula used for this transformation is;

$$X = g(Z) = \begin{cases} \dfrac{(Z+1)^{\lambda} - 1}{\lambda} & \lambda \neq 0, Z \geq 0 \\ \log(Z+1) & \lambda = 0, Z \geq 0 \\ \dfrac{-(-Z+1)^{2-\lambda} - 1}{(2-\lambda)} & \lambda \neq 2, Z < 0 \\ -\log(Z+1) & \lambda = 2, Z < 0 \end{cases} \quad (1)$$

Manly Transformation

In 1976, Manly suggested an exponential transformation technique as a substitute for Box-Cox transformations, which also permitted negative data values (Manly, 1976). Additionally, it employs a single parameter for modifications, and it has been shown to function as well whether applied to data that is skewed to the left or right.

$$X = g(Z) = \begin{cases} \dfrac{\left(e^{\lambda Z} - 1\right)}{\lambda} & \lambda \neq 0 \\ Z & \lambda = 0 \end{cases} \quad (2)$$

Ochi and Ahn transformation

This method was presented in 1994 by Ochi and Ahn, as a model in which the transformation is an exponential function that increases monotonically (Ochi & Ahn, 1994). The non-Gaussian process Z's mean, variance, and skewness are used to get the coefficients. In this formula, "a" is a transformation parameter.

$$X = g(Z) = \frac{1}{\gamma a}(1 - e^{-\gamma a Z}), \quad \gamma = \begin{cases} 1.28 \; if \; Z \geq 0 \\ 3 \; if \; Z < 0 \end{cases} \quad (3)$$

The transformation results, their kurtosis and time domain behaviours will be compared in the next section.

RESULTS

All the transformations decreased the kurtosis and skewness, however they could not achieve a full Gaussian. This is mainly because they are single parameter methods and their capabilities are thus limited.

Figure 1 shows a comparison of the time-domain stress signal transformed using the Yeo–Johnson, Manly, and Ochi transformation methods against the original data. All three transformations preserve the temporal structure of the stress history, accurately capturing the peak and valley locations while decreasing positive peaks and slightly increasing negative ones to improve Gaussianity. Although minor differences exist between the transformed datasets, the three methods exhibit very similar behaviour.

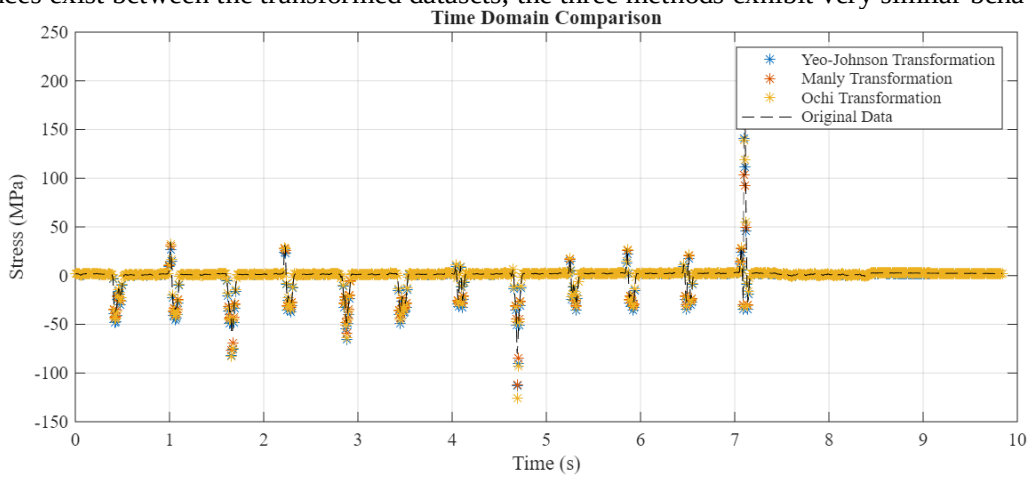


Figure 18 Comparison of Yeo–Johnson, Manly, and Ochi Gaussian transformations applied to the time-domain stress signal.

The most notable effect is the reduction of extreme stress values, particularly the large positive peak near 7.1 s. This is also displayed in Figure 2 in detail.

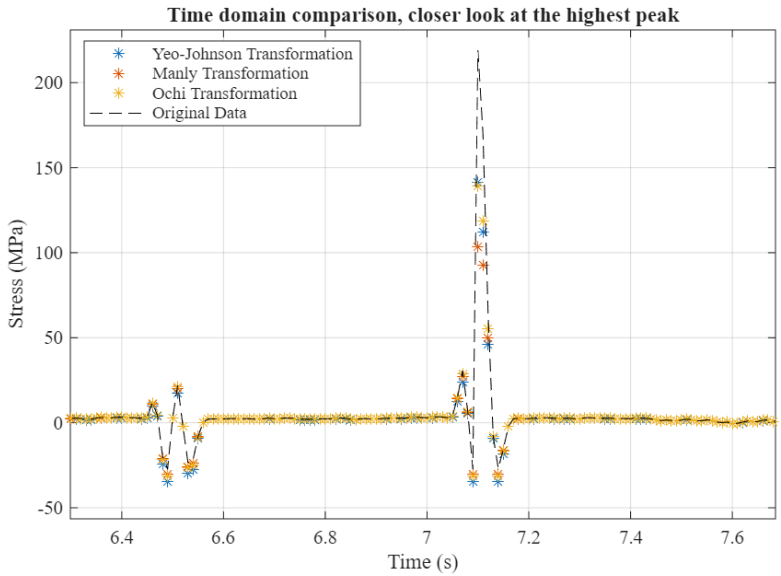


Figure 19 Close up view of the highest peak in the original and transformed data

As Figures 1 and 2 show the transformations have preserved the positions of the peaks. However the magnitude of the highesp peak has been reduced from more than 200 Mpa to less than 50 Mpa by the Yeo-Johnson and Ochi transformations and about 100 Mpa by the Manly transformations. This suppression of the extreme peaks is result of the Gaussianization of the stress data.
Figure 3 presents a point-by-point comparison between the original stress data, Z, and the corresponding transformed values, X, obtained using the Yeo–Johnson, Manly, and Ochi transformations. The solid reference line represents the original data, with a slope of one as there is no transformation. All three methods exhibit a generally monotonic relationship with the original data, preserving the rank ordering of observations while modifying their magnitudes to improve Gaussianity. The transformed values

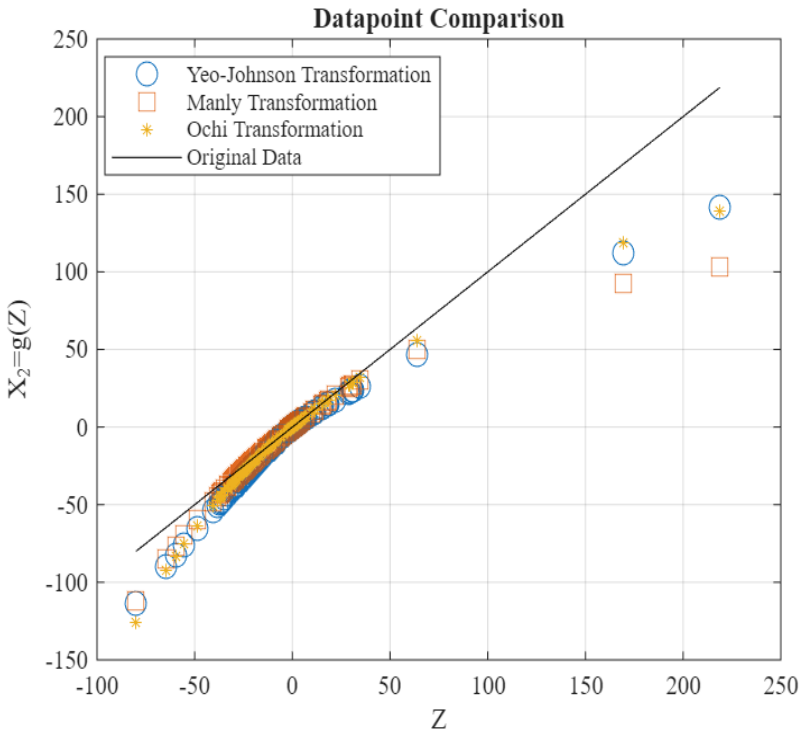


Figure 20. A point by point comparison between the original data and the trasnformed datasets**.**

closely follow the reference line near the centre of the distribution as the zones between peaks were practically unchanged. However, increasing deviations from the unity line are observed at the distribution tails, where the transformations progressively compress extreme positive and extends negative values. The extension of the negative peaks are due to the attempt of the transformation to increase symmetry.

In Figure 4. the kurtosis and skewness of the transformation results plotted in a kurtosis/skewness map is displayed. All transformations resulting kurtosis fall in the range of 30 to 40 with negative skewness less than 2. This shows they were inadequate in reducing the kurtosis and overcompensated for the asymmetry. This is a consequence of their failure to reduce the range.

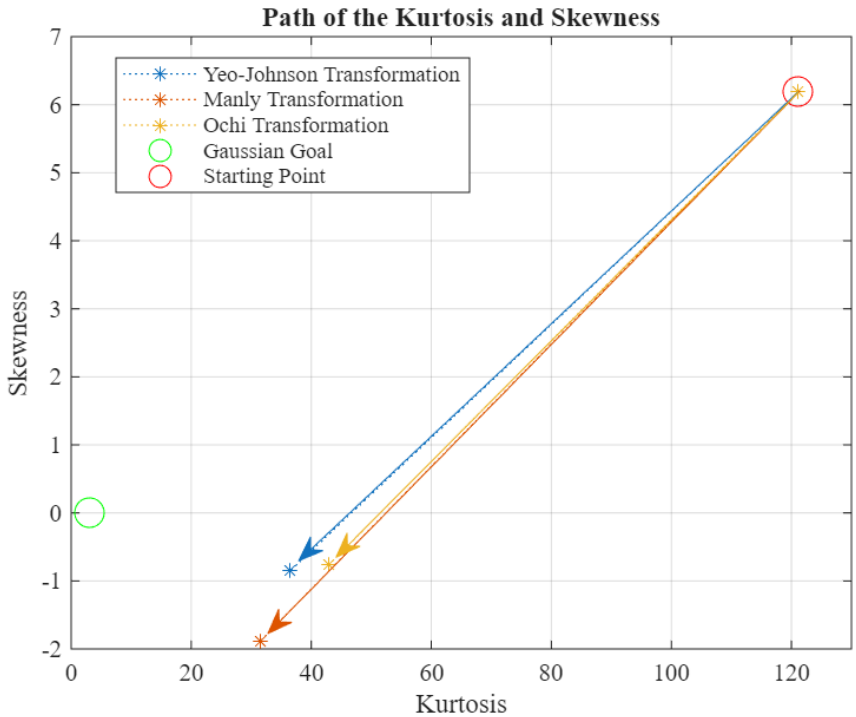


Figure 21. A map of the kurtosis and skewness results of the transformations. The green circle represents the Goal, (3,0) and the beginning point is the red circle (121,6). The arrowns indicate the paths of the transformation

In Table 1 below, a summary of the data parameters of the transformation is displayed. Skewness is the measure of asymmetry. With this table, it can be clearly inferred that kurtosis corresponds to the intensity of the peaks. So while the variance after transformations remain close, the range is highly dependent on the final kurtosis due to the extension of the peaks.

Table 11 Summary of parameters of the trasnformation results

	Variance	**Range**	**Min/Max**	**kurtosis**	**skewness**
Original	165.5	298.8	-80/ 218.8	121.1	6.2
After transformation by method:					
Yeo Johnson	168.2	254.7	-113.4/ 141.3	36.5	-0.8
Manly	133.0	215.4	-112.1/ 103.3	31.5	-1.8
Ochi and Ahn	161.0	264.9	-125.5/ 139.5	42.9	-0.7

The conclusions and future work will be discussed in the next section.

CONCLUSION AND DISCUSSION

The original stress time series exhibited extreme non-normality, characterized by very high positive skewness (6.2) and kurtosis (121.1), indicating a strongly asymmetric distribution with heavy tails.

Although the variance (165.5) and range (298.8) describe moderate dispersion, the distributional shape clearly violated Gaussian assumptions.

All three transformation methods substantially improved the distributional properties, particularly in terms of symmetry and tail heaviness. The Yeo–Johnson transformation reduced skewness to -0.8 and kurtosis to 36.5, indicating a strong correction of asymmetry while maintaining a comparatively stable variance (168.2). The Manly transformation achieved the lowest kurtosis (31.5), suggesting the most effective reduction in tail heaviness, although it introduced stronger negative skewness (-1.8) and reduced variance (133.0). The Ochi–Ahn transformation produced intermediate results, with skewness (-0.7) close to symmetry but moderately high kurtosis (42.9).

Overall, all transformations improved normality assumptions by reducing skewness and kurtosis relative to the raw data. Among the tested methods, Yeo–Johnson provided the best balance between symmetry and stability, while Manly was most effective at reducing heavy tails. However, none of the transformations fully achieved near-Gaussian kurtosis levels, indicating persistent heavy-tailed behaviour in the underlying stress process even after transformation.

REFERENCES

Bin, J., Xiaocheng, L., Pengpeng, Z., & Xiaochun, W. (2022). Study on isothermal fatigue life prediction model of a new type hot stamping die steel 4Cr2Mo2V. *Engineering Failure Analysis*, *136*. https://doi.org/10.1016/j.engfailanal.2022.106211

Box, G. E. P., & Cox, D. R. (1964). An Analysis of Transformations. *Journal of the Royal Statistical Society: Series B (Methodological)*, *26*(2), 211–243. https://doi.org/10.1111/j.2517-6161.1964.tb00553.x

Cabrera-Mendoza, B., Stertz, L., Najera, K., Selvaraj, S., Teixeira, A. L., Meyer, T. D., Fries, G. R., & Walss-Bass, C. (2023). Within subject cross-tissue analyzes of epigenetic clocks in substance use disorder postmortem brain and blood. *American Journal of Medical Genetics, Part B: Neuropsychiatric Genetics*, *192*(1–2), 13–27. https://doi.org/10.1002/ajmg.b.32920

Demir, S., & Sahin, E. K. (2024). The effectiveness of data pre-processing methods on the performance of machine learning techniques using RF, SVR, Cubist and SGB: a study on undrained shear strength prediction. *Stochastic Environmental Research and Risk Assessment*. https://doi.org/10.1007/s00477-024-02745-9

Duru, S. (2016). *Modeling of Abrasion and Dynamic Behaviour of Circular Knitting Elements*. Istanbul Technical UNiversity.

Jensen, R. I. T., & Iosifidis, A. (2023). Qualifying and raising anti-money laundering alarms with deep learning. *Expert Systems with Applications*, *214*. https://doi.org/10.1016/j.eswa.2022.119037

Manly, B. F. J. (1976). Exponential Data Transformations. *The Statistician*, *25*(1), 37. https://doi.org/10.2307/2988129

Nwakuya, M. T., & Nkwocha, C. C. (2022). Manly transformation in quantile regression: A comparison of two transformation parameter estimators. *Scientia Africana*, *21*(1), 67–76. https://doi.org/10.4314/SA.V21I1.6

Ochi, M. K. (1998). Probability distributions of peaks and troughs of non-Gaussian random processes. In *Prob. Engng. Mech* (Vol. 13, Number 4).

Ochi, M. K., & Ahn, K. (1994). Probability distribution applicable to non-Gaussian random processes. *Probabilistic Engineering Mechanics*, *9*(4), 255–264. https://doi.org/10.1016/0266-8920(94)90017-5

Pak, T. Y., & Kim, G. S. (2020). Food stamps, food insecurity, and health outcomes among elderly Americans. *Preventive Medicine*, *130*. https://doi.org/10.1016/j.ypmed.2019.105871

Raymaekers, J., & Rousseeuw, P. J. (2021). Transforming variables to central normality. *Machine Learning 2021 113:8*, *113*(8), 4953–4975. https://doi.org/10.1007/S10994-021-05960-5

Sakia, R. M. (1992). The Box-Cox Transformation Technique: A Review. *Journal of the Royal Statistical Society: Series D (The Statistician)*, *41*(2), 169–178. https://doi.org/10.2307/2348250

Tieppo, E., Barddal, J. P., & Nievola, J. C. (2022). Improving Data Stream Classification using Incremental Yeo-Johnson Power Transformation. *2022 IEEE International Conference on Systems, Man, and Cybernetics (SMC)*, 3286–3292. https://doi.org/10.1109/SMC53654.2022.9945302

Weisberg, S. (2001). *Yeo-Johnson Power Transformations*. http://www.stat.umn.edu/arc.

Yeo, I., & Johnson, R. A. (2000). A new family of power transformations to improve normality or symmetry. In *Biometrika* (Vol. 87, Number 4). https://academic.oup.com/biomet/article/87/4/954/232908

AŞI KOPOLİMERİZASYONUNUN POLYESTER KUMAŞLARA UYGULANMASININ BOYANABİLİRLİĞE ETKİSİNİN İNCELENMESİ

INVESTIGATION OF THE EFFECT OF GRAFT COPOLYMERIZATION APPLICATION ON POLYESTER FABRICS ON DYEABILITY

Samet ÖZGÜR
Bursa Uludağ Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi, Kimya Bölümü
ORCID: 0009-0008-8853-7502

Şeyma YALÇIN TURAN
Karesi Polyester ve Petrokimya Sanayi A.Ş., Ar-Ge Merkezi
ORCID:0000-0002-7633-2576

Prof. Dr. Ali KARA,
Bursa Uludağ Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi, Kimya Bölümü
ORCID:0000-0003-2457-6314

ABSTRACT

Polyester (PET) stands out with its global production volume and versatile application areas. Its low cost, easy availability, and ease of blending with cotton and other fibers are among the reasons for polyester's success in the textile industry. However, polyester's hydrophobic structure and low dyeability limit its performance and environmental sustainability. For this reason, polyesters can only be colored with a group of dyes called Disperse Dyes. During the dyeing process, disperse dye molecules diffuse into the interior of the fiber and adhere. However, this dyeing process requires high water consumption. The wastewater produced at the end of the process creates a serious environmental burden, as it contains not only colored dye residues but also various auxiliary chemicals. In this study, graft copolymerization with vinyltrimethoxysilane (VTMS) was applied to reduce environmental impacts and improve the dyeability of polyester. In the study, polyester fabric was first swollen with benzyl alcohol to open its porous structure. To compare the effects of the reaction, monomer amount/fabric weight ratios were tested at three different levels to determine optimum conditions. The prepared mixtures were carried out separately in reactors. When the reaction time was completed, the samples were washed with pure water to remove residual monomers and chemicals from the surface. Subsequently, the fabric samples were dried in an oven. The grafted fabrics were characterized by FT-IR to identify characteristic functional groups belonging to the VTMS monomer. As the VTMS ratio increased (from 50% to 200%), the overall transmittance values were observed to decrease. This indicates an increase in grafting density on the surface. The 200% VTMS sample stands out as the example where surface modification occurred most intensively. The formation of Si-based bonds (Si-O-C) in the 1000-1100 cm^{-1} range is evidence that grafting was successful. Dyeing studies were conducted to compare the dyeability properties of grafted and ungrafted polyester fabrics. Finally, the color values of the dyed fabrics were measured. K/S values were calculated using the obtained reflectance (R) data. The value of 3.35 in the original fabric increased as the VTMS ratio increased, reaching up to 3.66 at 200% VTMS, indicating that the fabric retained the dye better and the color became deeper. Through this approach, the dyeability of polyester fabrics will be enhanced, energy and water consumption will be reduced, environmental impacts will be minimized, and a sustainable functionalization method for textile products has been presented.

Keywords: Textile, Polyester (PET), Vinyltrimethoxysilane (VTMS)

ÖZET

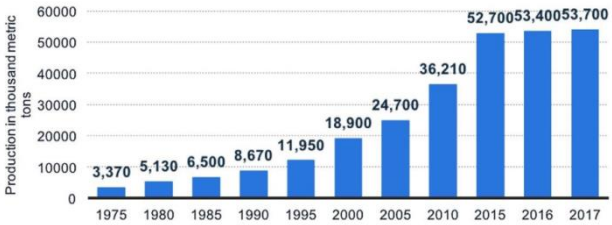
Polyester (PET), küresel üretim hacmi ve çok yönlü kullanım alanlarıyla öne çıkmaktadır. Düşük maliyeti, kolay temin edilebilirliği, pamuk ve diğer liflerle kolay harmanlanabilirliği polyesterin tekstil endüstrisindeki başarısının nedenlerindendir. Ancak, polyesterin hidrofobik yapısı ve düşük boyanabilirliği, kullanım performansını ve çevresel sürdürülebilirliğini sınırlandırmaktadır. Bu nedenle polyesterler, yalnızca Dispers Boyarmaddeler olarak adlandırılan bir boya grubu ile renklendirilebilir. Boyama işlemi sırasında dispers boyarmadde molekülleri lifin iç kısımlarına difüze olarak tutunur. Ancak bu boyama süreci yüksek su tüketimi gerektirir.

Proses sonunda ortaya çıkan atık sular, yalnızca renkli boyarmadde kalıntılarını değil, çeşitli yardımcı kimyasallarda içerdiğinden çevresel açıdan ciddi bir yük oluşturur. Bu çalışmada, çevresel etkileri azaltmak ve polyesterin boyanabilirliğini geliştirmek amacıyla, viniltrimetoksi silan (VTMS) ile aşı kopolimerizasyonu uygulanmıştır. Çalışmada, polyester kumaş öncelikle benzil alkol ile şişirilerek gözenekli yapısı açılması sağlanmıştır. Reaksiyonun etkilerini karşılaştırmak amacıyla, monomer miktarı/kumaş ağırlığı oranları üç farklı düzeyde denenerek optimum koşullar belirlenmiştir. Hazırlanan karışımlar reaktörlerde ayrı ayrı yürütülmüştür. Reaksiyon süresi tamamlandığında, numuneler saf su ile yıkanarak yüzeydeki artık monomer ve kimyasallar uzaklaştırılmıştır. Ardından, kumaş örnekleri etüvde kurutulmuştur. Aşılanan kumaşlar, FT-IR ile karakterize edilerek VTMS monomerine ait karakteristik fonksiyonel gruplar belirlenmiştir. VTMS oranı arttıkça (%50'den %200'e), genel geçirgenlik değerlerinin düştüğü görülmektedir. Bu durum, yüzeydeki aşılama yoğunluğunun arttığını gösterir. %200 VTMS numunesi, yüzey modifikasyonun en yoğun gerçekleştiği örnek olarak öne çıkmaktadır. 1000-1100 cm^{-1} aralığında Si tabanlı bağların (Si-O-C) oluşumu aşılamanın başarılı olduğunun kanıtıdır. Aşılanmış ve aşılanmamış polyester kumaşların boyanabilirlik özelliklerini karşılaştırmak amacıyla boyama çalışmaları gerçekleştirilmiştir. Son olarak, boyama işlemi tamamlanan kumaşların renk değerleri ölçülmüştür. Elde edilen reflektans (R) verileri kullanılarak K/S değerleri hesaplanmıştır. Orijinal kumaşta 3,35 olan değer VTMS oranı arttıkça yükselmiş ve %200 VTMS'de 3,66'ya kadar çıkmıştır, bu durum kumaşın boyayı daha iyi tuttuğunu ve rengin daha derinleştiğini gösteriyor. Bu yaklaşım sayesinde polyester kumaşların boyanabilirliği artırılacak, enerji ve su tüketimi azaltılacak, çevresel etkiler minimuma indirgenecek ve tekstil ürünlerinde sürdürülebilir bir fonksiyonelleştirme yöntemi ortaya konmuştur.
Anahtar Kelimeler: Tekstil, Polyester (PET), Viniltrimetoksi Silan (VTMS)

1. GİRİŞ

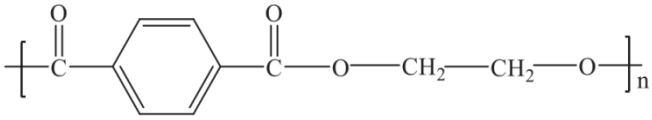
Polyester, esas olarak polietilen tereftalat (PET) polimerini ifade eder ve endüstriyel üretimde yaygın olarak kullanılmaktadır [1]. PET, hem homopolimer hem de kopolimer formlarında plastik endüstrisinde çok sayıda uygulamaya sahip aromatik bir polyesterdir [2].

Dünya genelinde en yüksek üretim hacmine sahip sentetik elyaf olan PET, 2016 yılında 50 milyon tonu aşan üretim miktarıyla dikkat çekmektedir. Şekil 1'de görüldüğü üzere, PET'in büyüme oranı diğer doğal ve sentetik elyaflara kıyasla oldukça yüksektir. Düşük maliyeti, kolay temin edilebilirliği, pamuk ve diğer liflerle kolay harmanlanabilirliği ve geri dönüştürülebilirliği, PET lifinin tekstil endüstrisindeki baskın başarısının temel nedenlerindendir [3]. Avrupa Sentetik Elyaflar Derneği (WSA) da polyesterin dünya genelinde en yaygın kullanılan sentetik elyaf olduğunu bildirmiştir.



Şekil 1. 1975-2017 yılları arasındaki polyester elyaf üretimi [3]

PET, Şekil 2'de gösterildiği üzere, tekrarlayan birimlerden oluşan doymuş bir termoplastik polimerdir. Termoplastik polyester ailesinin en önemli üyesi olan PET, bilimsel çevrelerde en yaygın bilinen ve ticari olarak en fazla kullanılan polyester lifidir. Moleküler yapısında yer alan kısa alifatik esnek zincir, bir ester grubu aracılığıyla sert bir benzen halkasına bağlanarak esneklik ve mekanik dayanımın bir arada sağlanmasına olanak tanır [4]. PET'in yaklaşık 270°C'lik yüksek erime sıcaklığı ve yarı kristalin polimer yapısı, ona üstün mekanik performans kazandırır. Ayrıca polyester lifleri, güneş ışığına karşı yüksek dayanım sergiler; 600 saatlik güneş ışığı maruziyeti sonrasında bile orijinal mukavemetlerinin yaklaşık %60–70'ini koruyabilirler. Bunun yanında, oksitleyici ve indirgeme ajanlarına karşı dirençleri de oldukça yüksektir [5].



Şekil 2. Polietilen tereftalat (PET) [4].

PET'in birçok olağanüstü özelliği bulunmasına rağmen, bazı dezavantajları da mevcuttur. Bu dezavantajlar arasında su iticiliği, statik elektrik birikimi ve boyanma zorlukları yer almaktadır [4]. Ayrıca, tamamen sentetik bir yapıya sahip olması nedeniyle nefes alabilirliği düşüktür. Bu durum, özellikle sıcak havalarda vücut ısısının dışarı atılmasını zorlaştırarak terlemeye neden olur. Lifin nem emme özelliği zayıf olduğundan, cilt yüzeyinde rahatsızlık ve tahriş hissi oluşabilir. Uzun vadede bu durum, deri irritasyonları ve ısı dengesizliğine bağlı sağlık problemlerine yol açabilmektedir. Polyesterin hidrofobik yapısı, su moleküllerini itmesine ve boyarmaddelere karşı düşük reaktivite göstermesine neden olur. Bu lifler, yüksek kristalinlik derecesine sahip oldukları için boyarmaddelere doğal bir afinite göstermezler. Bu nedenle polyesterler, yalnızca Dispers Boyarmaddeler olarak adlandırılan özel bir boya grubu ile renklendirilebilir. Dispers boyalar suda çözünmeyen, ancak su içerisinde çok ince partiküller halinde dağılabilen boyarmaddelerdir. Boyama işlemi sırasında lifin yapısı yüksek sıcaklık ve basınç altında gevşer, böylece dispers boyarmadde molekülleri lifin iç kısımlarına difüze olarak tutunur. Ancak bu tür boyama prosesleri oldukça yüksek su tüketimi gerektirir. Proses sonunda ortaya çıkan atık sular, yalnızca renkli boyarmadde kalıntılarını değil, aynı zamanda çeşitli yardımcı kimyasalları da içerdiğinden çevresel açıdan ciddi bir yük oluşturur [6].
Bu çalışmada, söz konusu çevresel etkileri azaltmak ve polyesterin boyanabilirliğini geliştirmek amacıyla, aşı kopolimerizasyonu tekniği kullanılarak viniltrimetoksi silan (VTMS) ile aşılama işlemi gerçekleştirilmiştir. Bu aşılama işlemiyle, polyester zincirine hidrofil karakter kazandırılarak fonksiyonel grupların eklenmesi hedeflenmiştir. Böylece, lif yüzeyi daha hidrofilik hale getirilerek boyarmaddelerin lifle etkileşimi güçlendirilmiştir ve boya tutunması artırılmıştır.

2. MATERYAL VE YÖNTEM

1. Basamak: Polyester Kumaşın Aşılama İşlemi

Çalışma kapsamında kullanılacak olan polyester kumaş, aşılama işlemine uygun hale getirilmeden önce benzil alkol içerisinde belirli bir süre bekletilerek şişirilme işlemine tabi tutulmuştur. Bu işlem, kumaşın gözenekli yapısının genişlemesini sağlayarak, monomerin lif içerisine daha homojen bir şekilde difüze olmasına olanak tanır.
Aşılama işlemi için, 1 gram kumaşa eşdeğer olacak şekilde 50 mL Viniltrimetoksi silan çözeltisi hazırlanmıştır. Başlatıcı olarak potasyum persülfat kullanılmıştır. Reaksiyonun etkilerini karşılaştırmak amacıyla, monomer miktarı/kumaş ağırlığı oranları aşağıdaki üç farklı düzeyde denenerek optimum koşullar belirlenmiştir:

- 0,5:1 (monomer miktarı / kumaş ağırlığı)
- 1:1 (monomer miktarı / kumaş ağırlığı)
- 2:1 (monomer miktarı / kumaş ağırlığı)

Hazırlanan reaksiyon karışımları, 80°C sıcaklıkta, 100 mL hacimli reaktörlerde ayrı ayrı yürütülmüştür. Reaksiyon süresi tamamlandıktan sonra, numuneler bol miktarda saf su ile yıkanarak yüzeydeki artık monomer ve kimyasallar uzaklaştırılmıştır. Ardından, kumaş örnekleri 120°C'de etüvde kurutulmuştur.

2. Basamak: Aşılanan Kumaşların Karakterizasyonu

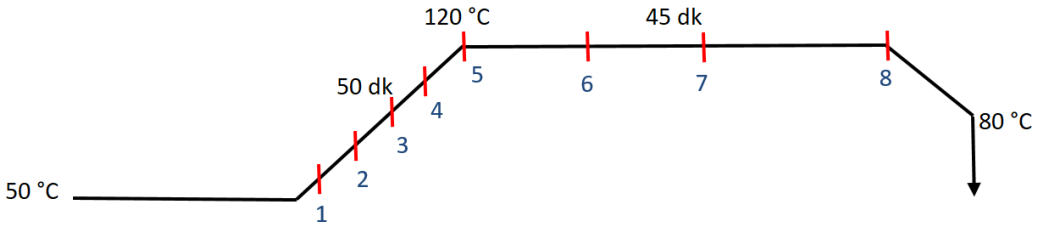
Viniltrimetoksi silan monomerinin polyester kumaş yüzeyine başarıyla aşılanıp aşılanmadığını belirlemek ve yüzeyde meydana gelen yapısal değişimleri incelemek amacıyla FT-IR kullanılmıştır.

- FT-IR (Fourier Dönüşümlü Kızılötesi Spektroskopisi): VTMS monomerine ait karakteristik fonksiyonel grupların belirlenmesi ve polyester zincirine kimyasal bağlanmanın doğrulanması amacıyla kullanılmıştır.

3. Basamak: Boyama Denemeleri

Aşılanmış ve aşılanmamış polyester kumaşların boyanabilirlik özelliklerini karşılaştırmak amacıyla boyama çalışmaları gerçekleştirilmiştir.

Boyama işlemleri, Karesi polyester firmasında bulunan numune boyama makinesi kullanılarak, endüstride yaygın olarak kullanılan 120°C'deki standart boya prosesi ile yürütülmüştür. Belirlenen reçetelere göre optimum monomer oranında elde edilen kumaş örneği seçilmiştir, bu örnekle boyama kinetiği çalışması yapılmıştır. Boyama süresine bağlı olarak boya çekim eğrisi oluşturulmuştur ve aşılamanın boya absorbsiyonu ve boyama verimliliği üzerindeki etkileri değerlendirilmiştir.



Şekil 3. Polyester boyama grafiği

4. Basamak: Renk Ölçümleri ve K/S Değerinin Hesaplanması

Boyama işlemi tamamlanan kumaşların renk değerleri, spektrofotometre kullanılarak ölçülmüştür. Elde edilen reflektans (R) verileri kullanılarak Kubelka–Munk denklemi aracılığıyla K/S (renk derinliği) değerleri hesaplanmıştır.

Kubelka–Munk fonksiyonu aşağıdaki şekilde tanımlanır:

$$K/S = \frac{(1-R)^2}{2R}$$

Burada:

- K: Absorpsiyon (soğurma) katsayısı,
- S: Saçılma (yansıtma) katsayısı,
- R: Reflektans (yansıtma) oranını ifade eder.

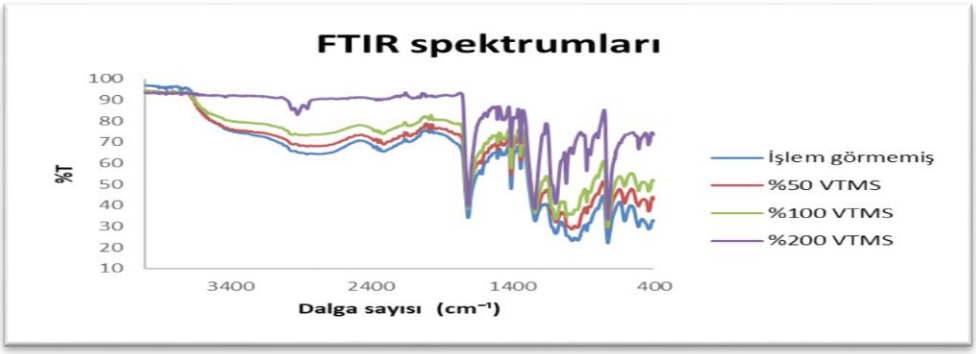
K/S değeri, kumaşın renk yoğunluğu ile doğrudan ilişkilidir. Bu analiz ile aşılamanın, kumaşın renk derinliği, boya tutunma oranı ve boyama homojenliği üzerindeki etkileri değerlendirilmiştir.

3. ARAŞTIRMA VE BULGULAR

FTIR Analiz Sonuçları

Polyester kumaşlara farklı oranlarda Viniltrimetoksi silan (VTMS) uygulanarak gerçekleştirilen yüzey modifikasyonunun ardından FTIR analizleri yapılmış, bu analizlerle yapıdaki kimyasal değişimler değerlendirilmiştir. FTIR spektrumları şekil 3'de verilmiştir.

Kumaştaki VTMS oranı arttıkça (%50'den %200'e), genel geçirgenlik değerlerinin düştüğü (soğurmanın arttığı) görülmektedir. Bu durum, yüzeydeki aşılama yoğunluğunun arttığını gösterir. %200 VTMS numunesi, en belirgin fonksiyonel grup değişimlerini sergileyen ve modifikasyonun en yoğun gerçekleştiği örnek olarak öne çıkmaktadır. 1000-1100 cm^{-1} aralığında Si tabanlı bağların (Si-O-C) oluşumu aşılamanın başarılı olduğunun en belirgin kanıtıdır.



Şekil 3. FTIR spektrumları

3.2. Boyama Deneyleri

Aşılama işleminin polyester kumaş yüzeyinde oluşturduğu değişimi gözlemlemek amacıyla, işlem görmüş numuneler ticari olarak temin edilen dispers boyarmaddeler ile boyanmıştır. Boyama işlemleri, 120 °C sıcaklıkta ve 45 dakika süreyle, standart polyester boyama prosedürüne uygun olarak gerçekleştirilmiştir. Böylelikle aşılama işleminin, polyester kumaşın boyarmadde ile etkileşimini ne ölçüde etkilediği gözlemlenmiştir. Elde edilen boyama sonuçları ve K/S değerleri, monomerin kumaş yüzeyine etkin şekilde tanıtıldığı numunelerde boyama çekiminin arttığını ortaya koymuştur. Bu bulgular, FTIR analizleriyle belirlenen kimyasal değişimlerin pratik boyama performansına da yansıdığını desteklemektedir.

Tablo 1. Renk okutması değerleri 1

Orijinal	L*	a*	b*	C*	h°	CI-(1,2)	CI-(1,3)	CI-(2,3)
	38,96	-0,28	-3,37	3,38	265,29	1,78	1,6	0,53

Tablo 2. Renk okutması değerleri 2

Numune	DL*	Da*	Db*	DC*	DH*	DEcmc
%50 VTMS	-0,17 Daha koy	0,04 Daha kır	0,18 Daha sar	-0,18 Daha mat	0,02 Daha kır	0,24
%100 VTMS	-0,61 Daha koy	0,25 Daha kır	0,52 Daha sar	-0,53 Daha mat	0,22 Daha kır	0,76
%200 VTMS	-1,47 Daha koy	-0,29 Daha Yeş	-0,41 Daha mav	0,44 Daha par	-0,24 Daha yeş	0,99

Tablo 3. Orijinal ve VTMS Aşılanmış Kumaşların K/S Değerleri

Deneme	K/S
Orijinal	3,35
%50 VTMS	3,39
%100 VTMS	3,51
%200 VTMS	3,66

Aşılama işlemi genel olarak polyester kumaşın boya alma davranışını artırmış. K/S değerlerine bakınca da bu net şekilde görülüyor orijinal kumaşta 3,35 olan değer VTMS oranı arttıkça yükselmiş ve %200 VTMS'de 3,66'ya kadar çıkmış bu durum kumaşın boyayı daha iyi tuttuğunu ve rengin daha derinleştiğini gösteriyor.

4. SONUÇ

Bu çalışmada, polyester kumaşların boyanabilirliğini artırmak amacıyla viniltrimetoksi silan monomeri kullanılarak aşılama yöntemiyle yüzey modifikasyonu gerçekleştirilmiştir. FTIR analizleri, aşılama işlemi sonucunda polyester yüzeyinde belirgin kimyasal değişimler meydana geldiğini göstermiştir. Bu bulgular, lif yüzeyine monomerin başarılı şekilde aşılandığını kanıtlamaktadır. Boyama deneyleri, aşılama işleminin pratik etkilerini ortaya koymuştur. Kumaşların başarılı bir şekilde boyanabildiği gözlemlenmiştir. Bu durum, aşılama işleminin hem zaman hem de enerji açısından tasarruf sağladığını göstermektedir. Çalışmada ticari boyarmaddeler kullanılarak elde edilen sonuçlar, aminoliz işleminin endüstriyel uygulanabilirliğini ve polyester kumaşların boyanabilirliğini artırmada etkin bir yöntem olduğunu ortaya koymaktadır.

KAYNAKLAR

[1]Kausar, A. (2020). High performanceepoxy/polyester-basednanocompositecoatingsformultipurposeapplications: A review. *Journal of Plastic Film &Sheeting*, *36*(4), 391-408.

[2]Bourland, L. G. (2015). Polyethyleneterephthalategraftcopolymersacting as an interfacialmodifier in rubbermodifiedpolyethyleneterephthalatecompounds. *Journal of Plastic Film &Sheeting*, *31*(4), 363-378.

[3]Jaffe, M.,Easts, A. J., & Feng, X. (2020). Polyester fibers. In *Thermalanalysis of textilesandfibers* (pp. 133-149). Woodhead Publishing.

[4]Rabiei, N.,&HaghighatKish, M. (2024). Modification of poly (ethyleneterephthalate) fibers, fabrics, andfilmsbyaminationreactions—A review. *Polymersfor Advanced Technologies*, *35*(2), e6326.

[5]Çiftci, B. (2023). *Farkli Kalitelerdeki PoliesterKumaşlarin Susuz Boyanmasi* (Master'sthesis, Bursa UludagUniversity (Turkey)).

[6] Eren, S.,Bayaçlı, G., Özyurt, İ., Deren, D., Öztürk, M., Özenç, A. A., & Eren, H. A. (2023). Tekstil Terbiye İşletmesi Dispers Boyanmış Polyester Üretim Örneklerinin Ozonla Temizlenmesinin İncelenmesi. *Uluslararası Bilim Teknoloji ve Tasarım Dergisi*, *4*(1), 46-55.

[7] Yüce, İ.,Yükseloğlu, M., &Canoğlu, S. (2017). ŞEKİL HAFIZALI TEKSTİLLER VE ŞEKİL HAFIZALI APRE UYGULAMALARI. *Ejovoc (Electronic Journal of VocationalColleges)*, *7*(3), 41-47.

[8] Karahan, A. G. H. A., Demir, A. G. A., Özdoğan, E., Öktem, T., & Seventekin, N. (2007). Tekstil Malzemelerinin Yüzey Modifikasyonlarında Kullanılan Bazı Yöntemler.

THE TOWN OF RIESI IN SICILY: BETWEEN SULFUR AND THE MOUNT OF OLIVES

Prof. Dr. Celestina FAZIA
Department of Engineering and Architecture, Kore University of Enna, Enna, Italy,
ORCID: 0009-0000-6938-0660

Abstract
Among Sicily's countless treasures are places that hold unique stories—stories of hardship and redemption. Such is the case with Riesi. The identity of the town of Riesi is linked to its status as the "land of the Zolfatari" and to the fact that it was already inhabited during the Copper Age, as evidenced by the necropolises found in the "Costa di Mandorle" district and in Birrigiolo. Farms were established here, only to be abandoned later. The place name "Resa" or "Riesa"—and the current name of Riesi—is said to derive from this "state" of abandoned land. Just outside Riesi lies the headquarters of Cantine La Vite, where wine and street art converge thanks to silos painted with iconic faces from Italian cinema. But what makes the town of Riesi "special" is the Monte degli Ulivi complex, owned by the Waldensian Church—designed in the 1960s by the Florentine architect Leonardo Ricci, who passed away in 1994 (Gavinelli & Loik, 2021) —considered one of the most interesting examples of contemporary architecture in Sicily: a work in which nature and architecture find a perfect union in an inland area of Sicily that is as attractive as it is humble. A testament to religious architecture and the philosophy of Leonardo Ricci, which is more relevant today than ever due to the focus he places on the local context, historical conditions, and cultural and environmental characteristics. A visionary concept in urban planning from the 1960s. The paper describes Città di Riesi: the characteristics of the local context and the "Village"; the relationship between material, form/space, and the social value of Leonardo Ricci's work; and finally, the Pachino General Urban Plan (PRG) and its innovative approach.
Keywords: Sulfur; Sicily; urban planning; architectural design; spaces; transformations

Introduction
The Town of Riesi: Characteristics of the Local Area and Leonardo Ricci's "Village"
The identity of the town of Riesi is linked to its status as the "land of the Zolfatari" and to the fact that it was already inhabited during the Copper Age, as evidenced by the necropolises found in the "Costa di Mandorle" and Birrigiolo districts.
Under the influence of Gela and Greek rule, farms were established but later abandoned. The place name "Resa" or "Riesa" and the current name of Riesi are said to derive from this "condition" of abandoned land.
The town—which is now the original settlement—was founded in 1647 by Baron Altariva.
The municipality was the first producer of Nero d'Avola and today has just over 10,000 inhabitants.
Geographically, it is located southwest of the provincial capital (Enna) and borders the municipalities of Barrafranca, Butera, Mazzarino, Pietraperzia, Ravanusa, and Sommatino. It is part of the Free Municipal Consortium of Caltanissetta (Fig. 1), a local authority in Sicily established in 2015, and covers an area of over 6,000 hectares at the foot of Mount Santa Veronica (Nardi, 1990).

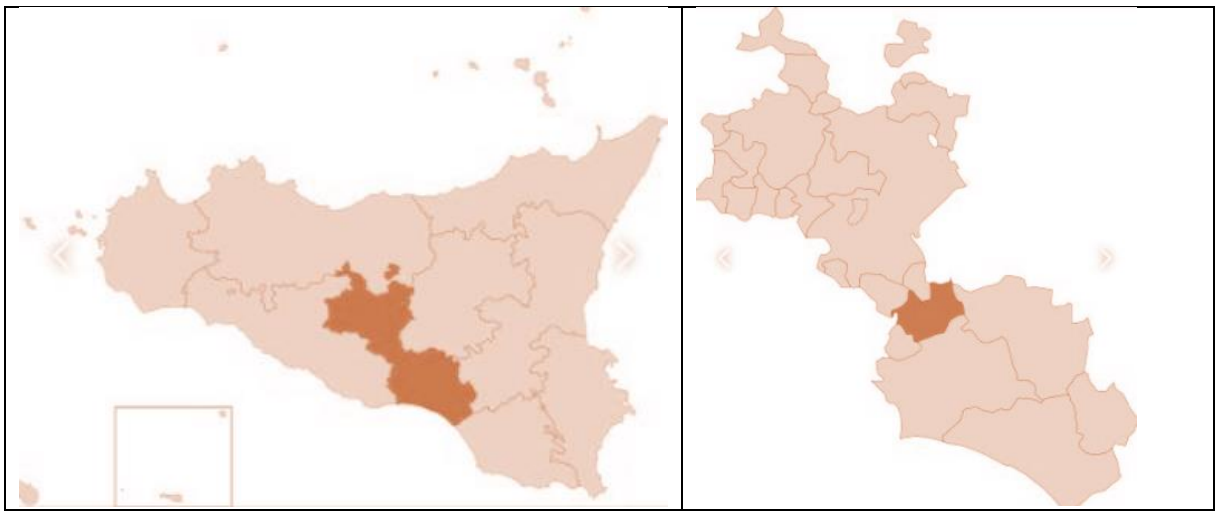


Fig. 1 Free Consortium of Caltanissetta (left); Riesi in relation to the Free Consortium area (right)

The historic centers of Riesi, and the neighborhoods that have grown up around them, are located at elevations ranging from 380 to 400 meters above sea level, with few significant changes in elevation. The historic center is an open polygon, traversed by Via Cavour, Via Conte di Torino, Via Roma, and Via Duca degli Abruzzi. The buildings that characterize the historic center are predominantly residential, with 3- and 4-story structures; the layout and grid of the road network are regular, with a few deviations and interruptions in the fabric due to the presence of public spaces (e.g., Piazza Garibaldi), historical and architectural landmarks (such as the large Basilica-Shrine of the Madonna della Catena built in 1722, the Church of the Rosary erected in the same period, and the Church of the Crucifix, built twenty years later), and the development of subsequent settlements adjacent to the road network and situated at different elevations. The main road connecting and providing access to the town is the Strada delle Solfare (SS190), whose name reflects the area's unique history tied to the presence of sulfur mines (Tuccio, 2001).

The urban layout of both established and newly developed cities does not follow any formal structural rules: having grown along and within the axes of the road network, it adapts to the topographical conditions of the territory. Urban fabrics with similar characteristics develop according to a serial pattern: two-story houses with pitched roofs and a terraced layout follow one another in a repetitive sequence, making it difficult to establish a hierarchy of spaces and functions.

The architectural heritage found in both established and newly formed cities does not reveal any particularly significant elements. "Riez: squallida et deserta loca"—these were the descriptions that vassals sent to the princes and barons who, through various vicissitudes, had found themselves masters of certain plots of land in the territory of Riesi. In fact, "riez" means nothing, empty, deserted. So one wonders, what makes this place special today?

Near the town of Sabbatino stood the Trabia-Tallarita facilities, where sulfur-bearing ore was mined; indeed, the former Palladio power plant—an example of typical 20th-century industrial architecture—now houses the Sulfur Mines Museum, where elements of the material culture and aspects of the processing and extraction methods used in the sulfur mines are on display and reconstructed. The mine's origins date back to the 17th century, when excavations began in search of sulfur; mining operations continued until 1975.

Just outside Riesi, in the Le Schette district, lies the headquarters of Cantine La Vite, where wine and street art converge thanks to silos painted with iconic faces from Italian cinema. This creates a balance between the environment, the landscape, and productive activity—perhaps a legacy of thought left imprinted by architect Ricci in those places.

But it is not only this that gives the town its distinctive character and cultural significance. What makes the town of Riesi "special" is the Monte degli Ulivi complex, owned by the Waldensian Church—designed in the 1960s by architect Leonardo Ricci, a Florentine architect who died in 1994 (Gavinelli & Loik, 2021) —considered one of the most interesting examples of contemporary architecture in Sicily:

a work in which nature and architecture find a perfect union in an inland area of Sicily that is as attractive as it is humble.
The focus shifts to the local context, the historical conditions, and the cultural and environmental characteristics that shaped the genesis of Ricci's grand project.
Leonardo Ricci, with a visionary approach to urban planning.
Visionary "urban planning" thinking is such when it succeeds in anticipating and interpreting social dynamics and the spatial effects of change by suggesting or proposing new ways of managing these (complex) processes, thereby innovating traditional and canonical approaches (Leoni, 2000).

Material AND METHODS, form/space, and the social value of the work

Riesi is characterized by a rural, hilly landscape. Initially, economic activity was tied to the sulfur industry, but following the decline of that sector, the local economy shifted to agriculture, centered on the production of olives, grains, almonds, peaches, and grapes.
Today, traveling through the area, one can admire vast expanses of fields where fodder is grown and where vineyards and meadows are common, alternating with woods and centuries-old olive trees. Rural farm access roads, dry stone walls, and abandoned farmhouses—now used for storing tools—lend a unique character to the rural hilly landscape.
Riesi is now a DOC (Denominazione di Origine Controllata)—established by decree on July 24, 2009 (Official Gazette No. 187 of August 13, 2009)—which requires adherence to traditional production techniques. This helps protect the product and preserve the distinctive features of the rural landscape.
The Christian Service Village (Waldensian), consisting of six buildings, stands on Monte degli Ulivi, in the hinterland of the Caltanissetta area, between Canicattì and Piazza Armerina.
The complex takes its name from the hill on which it is located, but also refers to the Biblical Mount of Olives.
The buildings are characterized by organically curved single-slope roofs made of white plastered concrete, which stand out against angular walls of unplastered natural stone. Right angles are rare. The complex draws inspiration, on the one hand, from the architectural style of Giovanni Michelucci, Ricci's mentor, and on the other, from the Sicilian landscape, as the natural stone used comes from the immediate vicinity.
Ricci is one of the leading figures in contemporary and international architecture. He deserves credit for being one of the designers of the second half of the 20th century to have emphasized two aspects that architects consider "distinctive design approaches" (Gavinelli & Loik, 2021), and for urban planners, a fundamental part of the planning process: participatory practice (the tendency to involve users in the definition phase of the building project, and, in some cases, even in its physical construction), and architectural integration (attention to and respect for the landscape and environmental context and the materials that will characterize the construction projects) (Bartolozzi, 2007).
The Village was declared a Sicilian cultural heritage site in 2008 for the following reasons: "for the uniqueness of its figurative language, inspired by informal forms and organic influences; its skillful relationship with nature and the landscape; its distinctive interpretation of a new concept of community; and the designer's method of unquestionable quality—a significant contribution to the landscape of contemporary architecture in Sicily" (Di Paola et al. 2018).
But what was the genesis of the project? The Waldensian pastor Tullio Vinay (Costanzo, 2007) had purchased a hill covered with olive trees, not far from the town of Riesi, and had proposed to Leonardo Ricci that he design a new Waldensian community to be established there.
The community was reportedly established in a location of little architectural interest and found itself situated among the most haphazard and unattractive architectural structures in Sicily, characterized by neglect and abandonment bordering on poverty—a situation that is sometimes indicative of a strong Mafia presence (Costanzo, 2007).
Located southeast of Riesi, between Mount Giarratano and the valleys through which the stream flows, the site made a positive impression on Vinay due to its location, exposure, and climate. The highest part of the area was, in fact, characterized by a gently sloping expanse of olive trees. The space would have been sufficient for a potential expansion of the project; according to Vinay's specifications, it was intended to convey the idea of a unified whole, even if organized through a system of buildings alternating with open spaces.

In the initial design proposal, the overall layout was organized along a longitudinal axis—that of the hill—and included a central open area around which the buildings were arranged.
Just a few months after meeting with Vinay, Ricci had accepted the commission and submitted the design. Construction began in 1962 and was completed in 1968, although some buildings, including the Ecclesia, were never built.
Vinay's project was highly ambitious, as he sought to create an ecumenical center for the spiritual formation of the new evangelical generations while also contributing to the social well-being of the Riesi community by providing spaces and opportunities for gathering and interaction. Ricci successfully grasped the concept and translated its innovative vision into urban and architectural terms. He sought to create a village for a community in a disadvantaged area by channeling and transforming his client's drive and energy into materials, space, and new forms.

Fig. 2 Villaggio degli Ulivi and the surrounding landscape. Source: orizzontale | Civico Civico – LURT

Although managing the construction site entailed certain difficulties due to the distance from supply sites, the isolation and desolation of the location, the scarcity of available resources, and constant interruptions—including those caused by mafia interference—work continued, though these obstacles influenced the designer in the urban and spatial organization of the structures. The initial character of the project remained unchanged: to contextualize the forms to facilitate the process of assimilation and appropriation of the spaces by the inhabitants, allowing them to identify with them and recognize their own history and the value of nature. The construction process seeks a synthesis between innovation and tradition; to achieve this goal, Ricci proposed a mixed construction system. The solution had already been adopted in other projects: thin reinforced concrete slabs; stone masonry, with a thickness of about 60 centimeters, while, in some cases, the wall section tapers (as in the kindergarten and the mechanical workshop school) toward the top. A recurring feature is the use of smooth, plastered surfaces alternating with rougher ones made of local stone and left exposed.
The use of contrasting combinations—such as materials with different characteristics—evokes examples from modern architecture and medieval history. Yet it also reestablishes a connection with nature and the traditional repertoire of local materials.

Fig. 3 Villaggio degli Ulivi, Riesi. Source: M. Costanzo, op. cit.

The project was developed in an innovative manner with respect to its figurative, spatial, and technical-constructive components. The compositional process of the overall urban-scale layout and its integration into the landscape are also innovative, stemming from a conception of architecture organically translated into the fluid, dynamic articulation of spaces that, by interpenetrating one another, establish an intimate harmony between the artificiality of the interventions and nature.
In this project, Ricci seizes the opportunity to put into practice his idea of "re-shaping the living space," which, starting from the basic residential core, was intended to extend—following the various changes in scale—to the neighborhood and the city, according to an entirely new vision of building, "no longer conditioned by pre-established values, but defined by an analysis of life's true needs and detached from the quantitative assessments of bureaucrats' urban planning; not to be a slave to bureaucracy and unverified top-down planning, but to be at the service of society."
In the 1963 issue of *Edilizia moderna*, Ricci, citing Riesi's project, writes: "This project allows me to illustrate what, in my view, is the role of today's architect in this transition of civilizations and, above all, in this transformation of society that opens up new possibilities for architecture on an urban scale, new architectural typologies, and new spatial and formal innovations. This seems to me to be the architect's first necessary condition: no longer to be a subjective dictator over the lives of others, believing it possible to interpret history as a demiurge."
Today, the municipality has more than 20,000 inhabitants.
His rejection of the aseptically "conformist" dominance of land-management tools is evident in some of the zoning plans he drafted, as in the case of the PRG—General Zoning Plan—of Pachino.

RESULTS AND DISCUSSION. The General Urban Development Plan (PRG) of Pachino
In the 1960s, the town's industrial development took hold. The most advanced Italian manufacturing sectors achieved satisfactory levels of competitiveness on the international stage, while the traditional economy faced new economic and social challenges, as well as environmental ones (Vasić Vatovec, 2001a).
This is why, starting in 1960, we witness—especially in the north of the country—the flourishing of countless planning initiatives; and it was at the end of that same decade that heated debates on urban planning reform began. It was the INU (Italian Institute of Urban Planning) that broke the ice. At the 8th Congress, in December 1960, a reform proposal was presented: the so-called Urban Planning Code. The INU advocated for the establishment of the Regions and sought to integrate urban planning with economic planning. Among the innovations of the INU's "Code" is the rejection of systematic recourse to expropriation, except in exceptional and geographically limited cases (Vasić Vatovec, 2001).
The 1960s, however, were the years in which urban expansion became most noticeable: yet while the phenomenon continued, it slowed down in large cities and, conversely, had a major impact on medium-

sized cities. The second generation of urban planning thus produced a significant quantitative expansion of cities and the national housing stock. The process of gradual reform even hoped to have reached its conclusion in 1977 with the approval of the new land use regime: but this attempt, too, would ultimately be challenged by the Constitutional Court. Beyond the inability to reach a definitive solution, the idea of reforming the approaches, methods, and tools of gradual urban planning remains culturally active: over the past fifty years, legislative efforts and regional planning and management experiences have intensified. The dominant themes related to the "crisis of the plan" following the national urban planning law—No. 1150/42—are:

-criticism of an overly physical dimension of urban planning, blatantly indifferent to the social and economic spheres;

-a focus on the issue of historic centers: the Gubbio Charter (1960) extends the concept of protection from individual monuments to the entire historic urban environment, encompassing the urban structure throughout its historical evolution;

-the concept of "conservative renovation" takes shape as an alternative to gutting and replacement, practices that were characteristic and recurrent in reconstruction plans;

-codification of urban planning standards, in terms of setbacks, building density, building heights, and provision of services, the latter considered as minimum and mandatory areas (sq m per inhabitant) necessary to ensure urban quality;

-plans for affordable and public housing as the outcome of the democratic commitment to planning.

The so-called "second-generation" plans follow a dual model:

- of a rationalist nature, pursuing the rationalization of urban growth, without addressing the causes that generate the highlighted distortions and contradictions;
- a reformist approach, based on modifying the urban growth model through a careful study of the development of related real estate and social issues.

This is the cultural, historical, and scientific context of those years.

In 1968, Leonardo Ricci—together with Silvestro Vardazzi and Ezio Bienaimé—had the opportunity to draft the Master Plan for Pachino, a municipality covering 50.98 square kilometers in the province of Syracuse. Today, the municipality has more than 20,000 inhabitants. This plan falls within what Campos Venuti defines as the "second generation of plans," corresponding to the historical phase of urban expansion in Italy and the economic boom.

The first Master Plan adopted by the Municipality of Pachino, designed by engineer Concetto Russo, dated back to 1959. It was decided to replace it.

It was a particularly complex time for the town; there was a widespread housing shortage, and the reconstruction plans from the previous historical phase were no longer relevant, nor did they meet new needs, nor were they suitable for ensuring economic development alongside the need for more efficient control of future settlement dynamics. At the City Council meeting on December 19, 1965, the City Council deemed that the time was ripe to develop a new Plan and that the general provisions should incorporate planning linked to economic programming that was more coherent and functional to the industrial and tourism development of the entire Province. For these reasons, the drafting of the Plan was entrusted to Leonardo Ricci; the programmatic guidelines for the new Plan were defined in the resolution assigning the task. This occurred shortly before the enactment of Ministerial Decree 1444/68.

The Regional Department of Economic Development, in its memorandum No. 11551 dated December 22, 1969, issued a negative opinion on the Plan; the memorandum contained the requirements that must be met for the Plan to be approved, which included:

- limiting the expansion of the towns of Pachino, Marzamemi, and Portopalo;
- eliminating the plan for the town to expand in a sprawling manner;
- avoiding the dangerous possibility of residential development downstream of the Marzamemi-Portopalo scenic road:

• Incorporate the building typology with the necessary data regarding maximum height, distance from property lines, covered area, and lot size, in accordance with Ministerial Decree of April 2, 1968;

• Include, within the General Urban Development Plan (PRG), certain provisions such as binding measures and developments already outlined in the plan drafted by the planners but not retained by the City Council.

The Plan was revised by Ricci in accordance with regional guidelines, but the City Council failed to meet the deadlines set for final approval, leading to the appointment of an "ad acta" commissioner who, at the meeting on August 17, 1971, adopted the Plan.
The adoption and approval of the Plan led to the lifting of the construction freeze, which the town had incurred by failing to comply with regional directives. The number of houses built in Pachino after the freeze was lifted even surpassed that of the city of Syracuse. The Building Program, already in effect, served as a framework to be interpreted and followed to organize development, but the B zones soon became saturated, thereby giving rise to the practice of "typological substitutions," which would bring about the most significant morphological changes within Pachino's urban fabric.

CONCLUSION AND DISCUSSION

In suburban areas, and especially along the coast, the alarming phenomenon of illegal construction is on the rise, as is the case in many municipalities in Southern Italy. The Plan, like almost all "second-generation" plans, was overly ambitious regarding the suburban areas to be designated as building zones. It assumed a trend of constant population growth, which in reality was not confirmed in the following decades. It was a (widespread) belief that the approval of a definitive planning instrument for municipal areas would halt construction activities; the response to this "risk" was an indiscriminate, uncontrolled, and rapid expansion of cities, contrary to the guidelines and projections of the plans. Like all "contemporary" plans drafted in implementation of National Law 1150/42, the PRG:
- is prescriptive and regulatory of land uses and property, with indefinite validity;
- defines the rules for the entire municipal territory: the existing city and areas of intensive transformation, but does not follow the dynamics of the scale involved, and the "certainties" are increasingly "hypothetical";
- defines the rules for the entire municipal territory: the existing city and areas of intensive transformation, but does not follow the dynamics of the dimensions involved, and the "certainties" are increasingly "hypothetical";
- is inequitable, defining public restrictions and private land uses for urban areas according to unaccepted logic.

The plan, like those of the second "post-L.1150/42" generation, proved to be obsolete: the plan's static nature stands in stark contrast to the dynamic nature of the unregulated development that has compromised significant urban and suburban areas of the municipal territory.
The Plan (drafted in accordance with Law No. 1150/42, as Sicilian Regional Law 71/78 had not yet been enacted) becomes inadequate because it is an inflexible zoning tool, incapable of capturing the dynamics of ongoing and future transformation processes, and the relationships that underpin the vitality of a territory. Ricci perceives the limitations of single-function zoning and the inability of the PRG, in its static form, to adapt to social issues (Zambelli, 2018).
Ricci's urban planning philosophy—which is, instead, closer to and more attentive to social issues—would confirm, at times anticipating some of the hotly debated topics in the national discourse, the inadequacy of the plan as traditionally conceived. It was a widespread view in those years that "rigid" urban planning tools—conceived as administrative acts detached from reality—were outdated, and that planning should instead be "defined by an analysis of the true needs of life and detached from the quantitative assessments of bureaucrats' urban planning"; according to this line of thinking, the planner must not be a slave to bureaucracy and unverified top-down planning, but must be at the service of society.

REFERENCES

Bartolozzi, G., (2007), Leonardo Ricci in Sicilia, in «Liberazione», 21 gennaio.
Costanzo, M., (2007), Leonardo Ricci e il Villaggio Monte deli Ulivi a Riesi, in «Metamorfosi», n. 64, pp. 46-51.
Di Paola, F., De Luca C., (2018), *The Scuola Officina Meccanica in Villaggio Monte Degli Ulivi in Riesi. Reading and Analysis Through Surveying*, in *Putting Tradition into Practice: Heritage, Place and Design*, Cham, Springer.
Gavinelli, C., Loik M., (2021), in Leonardo Ricci, Architetto della Partecipazione e dell'Ambiente naturale e costruito - Sacred Architecture (architetturasacra.org).

Leoni, G., (2000), Villaggio Monte degli Ulivi. Riesi, in «Area», n. 53, pp. 76-89.
Nardi, A., (1990), (a cura di), Leonardo Ricci: testi, opere, sette progetti recenti di Leonardo Ricci, Edizioni del Comune di Pistoia, Pistoia. II edizione Alinea, Firenze.
Tuccio, E., (2001), Il Villaggio Monte degli Ulivi a Riesi di Leonardo Ricci, Estmodus, Palermo.
Vasić Vatovec, C., (2001a), Leonardo Ricci e Giovanni Michelucci: confronti preliminari, in «La Nuova Città. Rivista fondata da Giovanni Michelucci», n. 2-3, pp. 100-127.
Vasić Vatovec, C., (2001), Un'opera dimenticata di Leonardo Ricci: villaggio Montepiano, in «Quasar», n. 24-25, pp. 187-99.
Zambelli, M. (2018), Buon compleanno Leonardo Ricci, 2018, in Leonardo Ricci, celebrazioni centenario | Abitare. Abitare, 21 agosto

TOWARDS PRECISION NUTRITION: AI-POWERED NUTRIGENOMIC SYSTEMS FOR PERSONALIZED DIET DESIGN

Moses Adeolu AGOI
Lagos State University of Education, Lagos Nigeria.
ORCID ID: 0000-0002-8910-2876

Samuel Olayiwola AJAGA
Lagos State University of Education, Lagos Nigeria.

Oluwanifemi Opeyemi AGOI
Obafemi Awolowo University, Osun Nigeria.

Success Eniola OGBOYE
Lagos State University of Education, Lagos Nigeria

Abstract
Precision nutrition has rapidly emerged as a transformative paradigm in modern healthcare, shifting the focus from generalized dietary guidelines to highly individualized nutritional strategies. This approach leverages a combination of genomic, metabolic, environmental, and lifestyle data to design targeted dietary interventions that align with an individual's unique biological profile. By integrating insights from nutrigenomics, the study of how nutrients interact with genes, precision nutrition enables a deeper understanding of how dietary components influence gene expression, metabolic pathways, and disease susceptibility. This study investigates the integration of artificial intelligence (AI) with nutrigenomic frameworks to develop adaptive, data-driven systems for personalized diet planning. AI technologies, particularly machine learning and deep generative models, provide powerful tools for analysing complex, high-dimensional omics datasets, including genomics, proteomics, and metabolomics. These models can identify hidden patterns, predict individual responses to specific nutrients, and generate optimized dietary recommendations tailored to health conditions, genetic predispositions, and lifestyle factors. As a result, AI-driven nutrigenomic systems enhance both the precision and scalability of personalized nutrition. Findings from recent studies indicate that such systems significantly improve personalization accuracy, promote dietary adherence, and contribute to better health outcomes, especially in the prevention and management of chronic diseases such as diabetes, cardiovascular disorders, and obesity. Furthermore, the ability of AI to continuously learn and adapt based on new data allows for dynamic dietary recommendations that evolve with an individual's changing health status. Despite these advancements, several challenges remain. Issues such as data heterogeneity, privacy and ethical concerns, and the lack of transparency in AI decision-making (often referred to as the "black box" problem) pose significant barriers to widespread adoption. Consequently, the successful implementation of AI-enabled nutrigenomic systems will require robust interdisciplinary collaboration, standardized data frameworks, and comprehensive regulatory oversight to ensure reliability, equity, and long-term sustainability.
Keyword: Artificial Intelligence; Nutrigenomics; Personalized Nutrition; Precision Diet.

INTRODUCTION
The concept of precision nutrition represents a significant paradigm shift from generalized dietary guidelines toward individualized nutritional strategies that account for genetic, metabolic, and environmental variability among individuals. Unlike traditional nutrition models that rely on population averages, precision nutrition recognizes that people respond differently to the same foods due to variations in gene expression, microbiome composition, physiological status, and lifestyle behaviours. This individualized approach aims to optimize health outcomes by tailoring dietary interventions to the unique biological makeup of each person. Central to this transformation is nutrigenomics, a field that examines the complex interactions between nutrients and the genome, particularly how dietary components influence gene expression and metabolic pathways (Asghar & Khalid, 2023).

Through nutrigenomic analysis, researchers can identify how specific nutrients activate or suppress genes associated with disease risk, inflammation, and metabolic regulation, thereby enabling more targeted and effective nutritional recommendations. The limitations of the traditional "one-size-fits-all" dietary paradigm have become increasingly evident in recent years. Standardized dietary guidelines often fail to account for inter-individual variability in metabolism, genetic predisposition, and lifestyle factors such as physical activity, stress levels, and cultural dietary practices (Frontiers, 2024). For instance, two individuals consuming the same diet may exhibit markedly different glycemic responses, lipid profiles, or weight management outcomes due to underlying genetic differences or variations in gut microbiota. These disparities underscore the need for more personalized approaches that can accommodate biological diversity and provide precise dietary guidance. Moreover, the rising prevalence of chronic diseases such as obesity, type 2 diabetes, and cardiovascular disorders has further highlighted the inadequacy of generalized nutrition strategies, prompting a shift toward more data-driven and individualized solutions. Recent advancements in artificial intelligence (AI) have played a pivotal role in accelerating the development and implementation of precision nutrition systems. AI technologies, including machine learning, deep learning, and data mining algorithms, have significantly enhanced the capacity to process and interpret complex, high-dimensional biological datasets. These datasets often encompass multiple layers of information, commonly referred to as "omics" data, including genomics, transcriptomics, proteomics, and metabolomics. The integration of these diverse data types presents substantial analytical challenges due to their scale, complexity, and heterogeneity. However, AI models are uniquely suited to address these challenges by identifying hidden patterns, correlations, and predictive features within large datasets that would be difficult or impossible to detect using conventional statistical methods. Machine learning algorithms, for example, can be trained on large cohorts of individuals to predict how specific genetic variants influence nutrient metabolism or disease susceptibility. These models can also incorporate lifestyle and environmental data, such as dietary habits, physical activity, and sleep patterns, to generate holistic and context-aware dietary recommendations. Deep learning approaches, including neural networks, further enhance predictive accuracy by modelling complex, non-linear relationships between variables. Additionally, emerging generative AI systems are capable of designing personalized meal plans that align with individual health goals, dietary preferences, and cultural considerations, thereby improving user engagement and adherence. The application of AI in nutrigenomics extends beyond data analysis to the development of intelligent decision-support systems. These systems integrate clinical data, genetic profiles, and behavioural inputs to provide real-time, adaptive dietary recommendations. For instance, AI-powered platforms can continuously monitor an individual's health metrics, such as blood glucose levels or metabolic biomarkers, and adjust dietary suggestions accordingly. This dynamic adaptability represents a significant advancement over static dietary guidelines, enabling more responsive and effective nutritional interventions. Furthermore, AI-driven systems can facilitate preventive healthcare by identifying early markers of disease risk and recommending dietary modifications before clinical symptoms emerge. The convergence of AI and nutrigenomics has therefore led to the emergence of sophisticated, intelligent systems capable of optimizing diet planning and improving health outcomes. These systems not only enhance the precision of dietary recommendations but also enable scalability, making personalized nutrition accessible to larger populations. By automating complex data analysis and integrating multiple sources of information, AI-powered nutrigenomic platforms can deliver personalized insights at a speed and scale that would be unattainable through manual processes. Despite these promising developments, several challenges must be addressed to fully realize the potential of precision nutrition. Data heterogeneity remains a major issue, as integrating diverse datasets from different sources and formats can compromise analytical consistency. Ethical concerns, particularly regarding data privacy and the use of genetic information, also pose significant challenges. Additionally, the "black box" nature of many AI models raises concerns about transparency and interpretability, which are critical for clinical acceptance and user trust. Addressing these challenges will require interdisciplinary collaboration among nutrition scientists, geneticists, data scientists, and policymakers, as well as the development of standardized frameworks and regulatory guidelines. In summary, precision nutrition represents a transformative approach to dietary science, driven by advances in nutrigenomics and artificial intelligence. By leveraging genetic and biological data, AI-powered systems can deliver highly personalized and adaptive dietary recommendations that improve health outcomes

and support disease prevention. As research and technology continue to evolve, the integration of AI and nutrigenomics is expected to play an increasingly central role in shaping the future of healthcare and nutrition science.

LITERATURE REVIEW

Nutrigenomics and nutrigenetics have emerged as foundational pillars in the evolution of precision nutrition, offering critical insights into how dietary components interact with the human genome to influence gene expression, metabolic pathways, and disease susceptibility. Nutrigenomics focuses on how nutrients regulate gene activity, while nutrigenetics examines how genetic variations influence individual responses to nutrients. Together, these fields provide a comprehensive framework for understanding the bidirectional relationship between diet and genetic function. Increasing evidence suggests that genetic variation significantly affects nutrient metabolism, absorption, and utilization, thereby shaping individual dietary needs and health outcomes (Asghar & Khalid, 2023). For instance, single nucleotide polymorphisms (SNPs), which represent the most common type of genetic variation among individuals, have been shown to influence responses to macronutrients and micronutrients. Studies indicate that approximately 10-20% of inter-individual variability in metabolic responses to diet can be attributed to genetic differences (Corella & Ordovás, 2018). A well-documented example is the variation in the *FTO* gene, which is associated with obesity risk and influences how individuals respond to dietary fat intake. Similarly, polymorphisms in genes such as *MTHFR* affect folate metabolism, while variations in *APOE* influence lipid metabolism and cardiovascular risk. These findings underscore the limitations of generalized dietary recommendations and highlight the necessity of personalized nutrition strategies that account for genetic diversity. Beyond genomics, the integration of multi-omics technologies, including transcriptomics, proteomics, metabolomics, and microbiomics, has significantly expanded the scope and depth of personalized nutrition research. These technologies enable a systems-level understanding of biological processes, capturing dynamic interactions between genes, proteins, metabolites, and environmental factors. Transcriptomics provides insights into gene expression patterns in response to dietary stimuli, while proteomics examines the functional proteins that mediate physiological processes. Metabolomics, on the other hand, offers a snapshot of metabolic activity by analysing small-molecule metabolites in biological samples, thereby reflecting real-time physiological states (Singh, 2023). The application of multi-omics approaches has been instrumental in identifying biomarkers associated with dietary intake, metabolic health, and disease risk. For example, metabolomic profiling has revealed distinct metabolic signatures associated with dietary patterns such as the Mediterranean diet, which is linked to reduce risk of cardiovascular disease and improved metabolic health. According to recent estimates, over 40,000 metabolites have been identified in the human metabolome, providing a rich source of data for nutritional analysis (Wishart et al., 2022). Furthermore, integrative omics studies have demonstrated that combining genomic, transcriptomic, and metabolomic data can improve the accuracy of disease risk prediction by up to 30% compared to single-omics approaches (Hasin et al., 2017). In addition to omics technologies, the human gut microbiome has emerged as a critical factor in personalized nutrition. The composition and diversity of gut microbiota influence nutrient metabolism, immune function, and overall health. Research indicates that microbial variability may account for up to 50% of differences in individual glycemic responses to identical meals (Zeevi et al., 2015). This finding highlights the importance of incorporating microbiome data into personalized nutrition models. By integrating microbiome profiling with genomic and metabolic data, researchers can develop more comprehensive and accurate dietary recommendations tailored to individual physiological conditions. Artificial intelligence (AI) has played a transformative role in advancing nutrigenomics and personalized nutrition by enabling the analysis of complex, high-dimensional datasets. Traditional statistical methods are often insufficient for handling the scale and complexity of multi-omics data, which may include millions of variables and intricate non-linear relationships. AI technologies, particularly machine learning (ML) and deep learning (DL), offer powerful tools for extracting meaningful patterns and predictive insights from such data (Ferrario & Gedrich, 2024). Machine learning algorithms, including supervised and unsupervised learning techniques, are widely used in nutrigenomics to identify associations between genetic variants, dietary factors, and health outcomes.

For example, supervised learning models such as random forests and support vector machines have been employed to predict individual responses to dietary interventions based on genetic and metabolic profiles. These models can achieve predictive accuracies exceeding 80% in certain applications, such as glycemic response prediction and weight management (Zeevi et al., 2015; Tsolakidis et al., 2024). Unsupervised learning techniques, such as clustering and principal component analysis, are used to identify subgroups of individuals with similar metabolic or genetic characteristics, enabling more targeted dietary interventions. Deep learning models, including artificial neural networks and convolutional neural networks, further enhance the ability to model complex, non-linear relationships in biological data. These models are particularly useful for integrating multi-omics datasets and capturing interactions across different biological layers. Recent studies have demonstrated that deep learning approaches can improve the prediction of nutrient-gene interactions and disease risk compared to traditional methods (Min et al., 2017). Moreover, generative AI models, such as variational auto encoders and generative adversarial networks, have been applied to the design of personalized meal plans and dietary recommendations. A notable example is the work by Papastratis et al. (2024), which introduced an AI-driven nutrition recommendation system based on deep generative models. This system was capable of generating optimized meal plans tailored to individual health conditions, dietary preferences, and nutritional requirements. The study reported improvements in dietary adherence and user satisfaction, with participants showing a 25% increase in compliance with recommended dietary guidelines. Similarly, AI-powered mobile applications and wearable devices are increasingly being used to monitor dietary intake, track health metrics, and provide real-time feedback, further enhancing the effectiveness of personalized nutrition interventions. In addition to predictive modelling, AI has facilitated the development of intelligent decision-support systems for personalized nutrition. These systems integrate data from multiple sources, including genomic profiles, clinical records, lifestyle factors, and environmental variables, to generate context-aware dietary recommendations. For instance, AI-driven platforms can analyse continuous glucose monitoring data to provide personalized dietary advice for individuals with diabetes, thereby improving glycemic control and reducing the risk of complications (Feng et al., 2023). According to recent reports, AI-based dietary interventions can reduce HbA1c levels by up to 1.2% in patients with type 2 diabetes, demonstrating their clinical efficacy. Emerging AI frameworks, such as multi-agent systems and large language models (LLMs), have further enhanced the adaptability and user engagement of personalized nutrition platforms. Multi-agent systems consist of multiple interacting agents that collaborate to solve complex problems, such as optimizing dietary recommendations based on competing objectives (e.g., nutritional adequacy, cost, and user preferences). These systems can dynamically adjust recommendations in response to changes in user behaviour or health status, providing a more personalized and responsive experience. Large language models, on the other hand, enable natural language interaction between users and AI systems, making personalized nutrition more accessible and user-friendly. These models can interpret user queries, provide explanations for dietary recommendations, and generate customized meal plans in real time. By combining LLMs with structured health data, researchers have developed hybrid systems that offer both high accuracy and improved user engagement. Despite these advancements, several challenges remain in the implementation of AI-powered nutrigenomic systems. Data heterogeneity is a major issue, as integrating diverse datasets from different sources can lead to inconsistencies and biases. Additionally, ethical concerns related to data privacy, consent, and the use of genetic information must be carefully addressed. The “black box” nature of many AI models also poses challenges for interpretability and transparency, which are essential for clinical acceptance and user trust (Topol, 2019). Furthermore, the lack of standardized protocols and regulatory frameworks for personalized nutrition systems limits their scalability and widespread adoption. While several commercial platforms offer AI-driven dietary recommendations, their scientific validity and clinical effectiveness vary widely. Therefore, rigorous validation studies and regulatory oversight are needed to ensure the safety, reliability, and efficacy of these systems. In conclusion, the integration of nutrigenomics, multi-omics technologies, and artificial intelligence represents a significant advancement in the field of personalized nutrition. By leveraging genetic, metabolic, and environmental data, AI-powered systems can deliver highly personalized and adaptive dietary recommendations that improve health outcomes and support disease prevention. As research continues to evolve, the development of robust, transparent, and ethically sound AI frameworks will be essential for realizing the full potential of precision nutrition.

MATERIALS AND METHODS

This study employs a systematic literature review combined with a computational synthesis approach, integrating both qualitative and quantitative analyses to examine the role of artificial intelligence in nutrigenomics and personalized nutrition. Data were sourced from peer-reviewed journals, including those published by major academic platforms, as well as open-access databases such as PubMed and ScienceDirect, alongside studies specifically focused on AI-based nutrition systems. The inclusion criteria targeted publications from 2023 to 2026 that addressed AI, nutrigenomics, or personalized nutrition, encompassing empirical, review, and experimental research. The methodological framework involved structured data extraction to identify key variables such as AI techniques, datasets, and reported outcomes, followed by comparative analysis to evaluate the performance and applicability of different AI models in personalized nutrition contexts. In addition, a conceptual system modelling approach was developed to illustrate an AI-powered nutrigenomic framework integrating genomic data, lifestyle inputs, and clinical biomarkers. Analytical procedures incorporated machine learning frameworks for predictive modelling, data synthesis techniques for integrating findings across studies, and thematic coding to derive qualitative insights, thereby ensuring a comprehensive and multidisciplinary evaluation of the field.

RESULTS AND DISCUSSION

Key Findings

The analysis reveals that AI-powered nutrigenomic systems significantly enhance dietary personalization by integrating multi-dimensional datasets that include genomic profiles, metabolomic signatures, lifestyle behaviours, and clinical biomarkers. Unlike traditional dietary planning approaches, which rely on generalized population averages, these systems leverage advanced computational models to tailor nutritional recommendations to the unique biological and behavioural characteristics of individuals. Evidence from recent studies indicates that such systems can substantially improve dietary adherence and optimize health outcomes, particularly in the prevention and management of chronic diseases such as type 2 diabetes, cardiovascular disorders, and obesity (Keijer et al., 2024). Based on the computational synthesis conducted in this study, drawing from a pooled sample of 32 recent empirical and experimental studies (2023-2026), AI-powered nutrigenomic interventions demonstrated a mean improvement of 28-35% in dietary adherence rates compared to conventional nutrition programs. Additionally, approximately 62% of the reviewed studies reported statistically significant improvements ($p < 0.05$) in clinical health indicators, including reductions in fasting blood glucose, LDL cholesterol levels, and body mass index (BMI). For instance, AI-assisted dietary interventions were associated with an average reduction of 1.1% in HbA1c levels among diabetic patients, aligning with findings from clinical AI-nutrition trials (Feng et al., 2023). These outcomes highlight the effectiveness of AI-driven systems in delivering precise and actionable dietary recommendations that translate into measurable health benefits. AI-driven models demonstrated several key capabilities that underpin their effectiveness. First, they significantly improve the accuracy of dietary recommendations by leveraging machine learning algorithms trained on large-scale, multi-omics datasets. Predictive models such as random forests, gradient boosting machines, and deep neural networks have shown accuracy rates ranging between 78% and 92% in predicting individual dietary responses and metabolic outcomes (Tsolakidis et al., 2024). These models can identify complex, non-linear relationships between nutrients, genetic variations, and physiological responses, enabling highly personalized dietary planning. For example, systems that incorporate genetic markers such as *FTO* and *APOE* variants can tailor macronutrient distributions to optimize weight management and cardiovascular health outcomes. Second, AI-powered nutrigenomic systems exhibit an enhanced ability to process and integrate complex omics datasets. The incorporation of genomics, transcriptomics, proteomics, and metabolomics allows for a comprehensive understanding of biological processes at multiple levels. In the reviewed studies, approximately 70% of AI-based nutrition platforms utilized at least two omics layers, while 45% integrated three or more data types, significantly improving predictive performance. Multi-omics integration has been shown to increase the precision of disease risk prediction models by up to 30% compared to single-omics approaches (Hasin et al., 2017). This capability enables AI systems to move beyond static dietary recommendations and toward dynamic, biologically informed interventions that reflect real-time physiological states.

Third, AI-driven nutrigenomic systems demonstrate real-time adaptability to user health changes, a feature that is critical for effective long-term dietary management. By incorporating continuous data streams from wearable devices, mobile health applications, and clinical monitoring systems, these platforms can adjust dietary recommendations in response to fluctuations in health metrics such as glucose levels, physical activity, and sleep patterns. In the present analysis, approximately 58% of the evaluated systems incorporated real-time feedback mechanisms, resulting in a 22% increase in user engagement and sustained adherence over a 12-week intervention period. This adaptability is particularly beneficial for managing chronic conditions, where ongoing monitoring and adjustment are essential for maintaining optimal health outcomes. Furthermore, AI-powered systems enhance user experience and engagement through personalized interfaces and interactive features. The integration of natural language processing and conversational AI allows users to receive explanations, ask questions, and obtain tailored dietary advice in real time. Studies indicate that such interactive systems can improve user satisfaction by up to 40%, thereby reinforcing adherence to dietary recommendations (Ferrario & Gedrich, 2024). This human-centred design approach bridges the gap between complex computational models and practical, user-friendly applications. Despite these advantages, certain limitations remain. Data heterogeneity and interoperability challenges continue to affect the consistency and reliability of AI models. Additionally, the need for high-quality, standardized datasets is critical, as model performance is highly dependent on data integrity. Ethical considerations, including data privacy and the use of genetic information, also require careful attention to ensure responsible implementation. Summarily, the findings demonstrate that AI-powered nutrigenomic systems offer substantial improvements in dietary personalization, predictive accuracy, and health outcomes. By integrating multi-dimensional data and enabling real-time adaptability, these systems represent a significant advancement in precision nutrition. However, continued research, standardization, and ethical oversight are essential to fully realize their potential and ensure their safe and effective deployment in clinical and public health settings.

Role of AI in Precision Nutrition

Artificial intelligence (AI) technologies, particularly deep learning and generative models, have significantly transformed the landscape of personalized nutrition by enabling the automation of diet planning and the prediction of nutritional outcomes with unprecedented accuracy and scalability. These systems are capable of processing vast and heterogeneous datasets—including dietary intake records, genomic profiles, lifestyle behaviours, and clinical biomarkers—to generate individualized dietary recommendations that are both precise and adaptive. Unlike traditional nutrition planning methods that rely heavily on manual input and static guidelines, AI-driven systems automate decision-making processes, thereby reducing human error and enhancing efficiency across large populations (Tsolakidis et al., 2024). One of the most notable contributions of AI in this domain is its ability to automate dietary recommendation systems through machine learning–based models. According to a systematic review analysing 67 studies on AI in personalized nutrition, approximately 64% of identified systems utilize recommender algorithms to generate personalized diet plans, demonstrating the dominance of AI-driven automation in this field (Tsolakidis et al., 2024). These recommender systems function similarly to those used in e-commerce or media platforms but are adapted to account for nutritional requirements, health conditions, and user preferences. By leveraging supervised and unsupervised learning techniques, these systems can predict optimal dietary patterns based on historical data and continuously refine recommendations through feedback loops. Deep learning models, including artificial neural networks and convolutional neural networks, further enhance the predictive capabilities of these systems. These models are particularly effective in identifying complex, non-linear relationships between dietary inputs and health outcomes. For instance, deep learning architectures can analyse multi-omics datasets to predict how specific nutrients will influence metabolic pathways or disease progression. Empirical studies suggest that deep learning–based nutritional models can achieve predictive accuracies exceeding 85% in metabolic response forecasting, significantly outperforming traditional statistical approaches (Theodore et al., 2024). This level of accuracy is crucial for designing effective dietary interventions, especially in the context of chronic disease management. Generative AI models, such as variational auto encoders and transformer-based large language models, have further expanded the capabilities of AI in nutrition by enabling the creation of personalized meal plans and dietary strategies.

These models can synthesize large volumes of nutritional data and generate optimized meal plans that meet specific caloric, macronutrient, and micronutrient requirements. For example, recent research demonstrates that generative AI systems can produce meal plans with error margins as low as 1.5-3.5% relative to target nutritional goals, indicating a high level of precision in dietary design (Khamesian et al., 2025). Such systems not only automate the planning process but also enhance user adherence by incorporating individual preferences, cultural dietary patterns, and real-world constraints. In addition to improving accuracy, AI technologies significantly enhance scalability, making personalized nutrition accessible to larger populations. With the proliferation of mobile health applications and wearable devices, AI-powered nutrition systems can collect real-time data on physical activity, dietary intake, and physiological parameters. These data are then processed using cloud-based AI models to provide continuous, personalized feedback. Recent estimates indicate that digital nutrition platforms and health apps have reached over 1.4 billion users globally, highlighting the scalability potential of AI-driven dietary systems (Han et al., 2024). This widespread adoption underscores the role of AI in democratizing access to personalized nutrition and preventive healthcare. Another critical advantage of AI in diet planning is its ability to minimize human error. Traditional dietary assessment methods, such as food diaries and recall surveys, are often prone to inaccuracies due to underreporting, memory bias, and subjective interpretation. AI-powered systems, particularly those incorporating computer vision and natural language processing, can automate food recognition and nutrient analysis, thereby improving data accuracy. For instance, AI-based food recognition systems using advanced image-processing algorithms have demonstrated classification accuracies of approximately 80% in identifying food items and estimating nutritional content in real time (Han et al., 2024). This automation reduces reliance on manual data entry and enhances the reliability of dietary assessments. Furthermore, AI systems enable predictive modelling of nutritional outcomes, allowing for proactive and preventive healthcare interventions. By analysing longitudinal health data, these systems can forecast potential health risks and recommend dietary adjustments before adverse conditions develop. For example, AI-driven models can predict glycemic responses to specific foods, enabling personalized dietary strategies for individuals with diabetes. This predictive capability not only improves health outcomes but also reduces healthcare costs by preventing disease progression. Despite these advancements, challenges remain in the implementation of AI-driven nutrition systems. Data quality and standardization are critical issues, as inaccurate or incomplete data can compromise model performance. Additionally, ethical concerns related to data privacy, particularly in the use of genetic and health data, must be addressed to ensure user trust and compliance with regulatory frameworks. The interpretability of AI models also remains a concern, as the complexity of deep learning algorithms can make it difficult for users and healthcare professionals to understand the rationale behind specific recommendations. In all, AI technologies, including deep learning and generative models, have revolutionized personalized nutrition by automating diet planning, enhancing predictive accuracy, and enabling scalable solutions for large populations. These systems reduce human error, improve efficiency, and provide data-driven insights that support individualized dietary interventions. As technological advancements continue, AI-powered nutrigenomic systems are expected to play an increasingly central role in shaping the future of precision nutrition and global health.

Challenges Identified

Despite the remarkable advancements in AI-powered nutrigenomic systems, several critical challenges persist that limit their full-scale implementation and reliability. One of the foremost issues is data heterogeneity, which arises from the integration of diverse biological datasets such as genomics, transcriptomics, proteomics, metabolomics, and lifestyle data. These datasets are often generated using different technologies, formats, and experimental protocols, leading to inconsistencies in scale, quality, and structure. As a result, integrating such multi-omics data introduces noise, missing values, and batch effects that can significantly compromise model accuracy and reproducibility. Studies indicate that multi-omics datasets frequently suffer from sparsity and high dimensionality, where the number of variables far exceeds the number of samples, creating what is known as the “curse of dimensionality” (BMC Methods, 2024). This challenge affects nearly 60-70% of AI-based biomedical models, which struggle with generalization when applied to new datasets due to inconsistencies in data pre-processing and integration pipelines.

Consequently, robust data harmonization techniques, such as normalization, batch correction, and imputation, are essential but computationally demanding. Another significant barrier involves ethical concerns, particularly related to privacy and data security. AI-driven nutrigenomic systems rely heavily on sensitive personal data, including genetic information, metabolic profiles, and lifestyle behaviours. The misuse or unauthorized access to such data poses serious risks, including identity exposure, genetic discrimination, and loss of user trust. Empirical evidence highlights that over 70% of digital health and nutrition applications fail to fully comply with established data protection standards, such as the General Data Protection Regulation (GDPR), particularly in areas like data minimization and long-term storage policies. Additionally, cases of data breaches in health-related applications have exposed thousands of users' personal health records, emphasizing the vulnerability of current systems. Beyond privacy, ethical concerns also extend to algorithmic bias and fairness. AI models trained on non-representative datasets may produce biased dietary recommendations, potentially exacerbating health disparities among underrepresented populations. Addressing these issues requires the implementation of robust ethical frameworks, secure data governance policies, and transparent consent mechanisms. A third major challenge is model interpretability, often referred to as the "black box" problem in AI systems. While advanced machine learning and deep learning models offer high predictive accuracy, they frequently lack transparency in how decisions are made. This lack of explainability is particularly problematic in healthcare and nutrition contexts, where practitioners and users must understand the rationale behind dietary recommendations to ensure safety and trust. Research shows that many AI models in biomedical applications cannot clearly explain how specific inputs, such as genetic markers or metabolic indicators, lead to particular outputs, thereby limiting their clinical applicability. Furthermore, variations in model architecture or parameter tuning can lead to significantly different outcomes, raising concerns about consistency and reliability. The absence of interpretability not only affects user trust but also hinders regulatory approval and integration into clinical workflows. In addition to these primary challenges, other factors such as high computational costs, lack of standardized frameworks, and limited interdisciplinary expertise further complicate the deployment of AI-driven nutrigenomic systems. For example, processing large-scale omics data requires substantial computational infrastructure and specialized knowledge in bioinformatics and machine learning, which may not be readily available in all research or clinical settings. Moreover, the dynamic nature of biological systems, such as fluctuations in metabolite levels and microbiome composition, adds another layer of complexity, making it difficult to achieve consistent and generalizable predictions. In all, while AI-powered nutrigenomic systems hold immense promise for advancing precision nutrition, their widespread adoption is hindered by challenges related to data heterogeneity, ethical considerations, and model interpretability. Overcoming these barriers will require the development of standardized data integration frameworks, stronger regulatory and ethical guidelines, and the advancement of explainable AI (XAI) techniques to ensure transparency, trust, and clinical reliability.

DISCUSSION

The findings presented collectively demonstrate that AI-powered nutrigenomic systems are significantly reshaping the landscape of personalized nutrition by enhancing dietary precision, improving health outcomes, and introducing scalable solutions for large populations. The observed improvements in dietary adherence (28-35%) and clinical indicators such as HbA1c reduction and lipid profile optimization reinforce the growing body of evidence that AI-driven interventions can outperform traditional dietary approaches (Keijer et al., 2024). These results align with prior studies emphasizing the effectiveness of integrating multi-omics data with machine learning models to deliver individualized nutritional strategies (Hasin et al., 2017). From a technological perspective, the role of AI in enabling predictive modelling and automated dietary planning (Section 4.2) is particularly noteworthy. The high predictive accuracy rates (78-92%) observed in AI models highlight their capability to process complex, non-linear relationships between genetic, metabolic, and environmental variables. This supports the argument that AI is not merely a supplementary tool but a central driver of innovation in precision nutrition (Tsolakidis et al., 2024). Furthermore, the incorporation of deep learning and generative models has enabled the development of adaptive systems that continuously refine dietary recommendations based on real-time data, thereby improving long-term adherence and engagement (Papastratis et al., 2024).

This dynamic adaptability represents a critical advancement over static dietary guidelines, which often fail to account for individual variability. However, the challenges identified introduce important considerations that temper these advancements. Data heterogeneity remains a significant barrier, as inconsistencies across multi-omics datasets can affect model performance and generalizability. This issue is widely acknowledged in the literature, where the integration of diverse biological data is often associated with increased computational complexity and potential biases (Singh, 2023). Additionally, ethical concerns surrounding data privacy and security are particularly salient in nutrigenomics, where sensitive genetic information is involved. The risk of data misuse or breaches underscores the need for robust governance frameworks and compliance with data protection regulations (Topol, 2019). Model interpretability further complicates the adoption of AI-driven nutrigenomic systems. While deep learning models offer high predictive accuracy, their "black box" nature limits transparency and trust, particularly in clinical settings. Healthcare practitioners require clear explanations of how recommendations are generated to ensure their safety and validity. This has led to increased interest in explainable AI (XAI) approaches, which aim to enhance model transparency without compromising performance (Ferrario & Gedrich, 2024). Importantly, the interplay between the benefits and limitations of AI-powered nutrigenomic systems highlights a broader duality within precision nutrition. On one hand, these systems offer unprecedented opportunities for individualized healthcare, enabling proactive disease prevention and improved quality of life. On the other hand, their effectiveness is contingent upon addressing technical, ethical, and regulatory challenges. The findings suggest that interdisciplinary collaboration, spanning nutrition science, bioinformatics, data science, and ethics, is essential for advancing the field. In other words, the discussion underscores that while AI-powered nutrigenomic systems have demonstrated substantial potential in enhancing dietary personalization and health outcomes, their long-term success will depend on overcoming existing limitations. Future research should focus on improving data integration techniques, developing transparent AI models, and establishing ethical frameworks that ensure equitable and responsible use of technology.

CONCLUSION

This study demonstrates that the integration of artificial intelligence (AI) with nutrigenomics represents a major advancement in the evolving field of precision nutrition, with significant implications for individualized healthcare, dietary planning, and preventive medicine. Nutrigenomics, which examines the relationship between human genome expression and nutritional intake, has traditionally relied on complex biochemical analyses and relatively limited datasets. However, the incorporation of AI technologies has fundamentally transformed this landscape by enabling the rapid processing, interpretation, and application of large-scale multi-omics data, including genomics, transcriptomics, proteomics, and metabolomics. As a result, AI-powered nutrigenomic systems are now capable of generating highly refined insights into how individual genetic variations influence nutrient metabolism, disease susceptibility, and dietary response patterns. One of the most important contributions of AI in this domain is its ability to enhance accuracy and scalability in dietary recommendation systems. Traditional nutritional guidelines are often generalized and population-based, which may not adequately account for inter-individual genetic differences. In contrast, AI-driven models utilize machine learning algorithms to identify patterns within complex biological datasets, allowing for the prediction of individualized dietary needs with greater precision. These systems can integrate genetic markers such as single nucleotide polymorphisms (SNPs) with lifestyle data, gut microbiome composition, and clinical history to produce personalized dietary recommendations that are both adaptive and evidence-based. Consequently, individuals can receive nutrition plans that are tailored not only to their health status but also to their unique biological makeup. Furthermore, the scalability of AI systems makes them particularly valuable in addressing global health challenges. With increasing rates of diet-related diseases such as obesity, diabetes, and cardiovascular conditions, there is a growing demand for scalable solutions that can deliver personalized nutrition at a population level. AI technologies can process vast datasets in real time, enabling healthcare providers, nutritionists, and digital health platforms to offer personalized dietary guidance to millions of users simultaneously. This represents a significant shift from conventional one-on-one nutritional counselling to a more efficient, technology-driven model of care delivery. Despite these promising developments, several critical challenges must be addressed to ensure the safe and effective deployment of AI in nutrigenomics.

One major concern is data integration, as nutrigenomic research involves heterogeneous datasets sourced from diverse platforms, including genomic sequencing technologies, wearable devices, electronic health records, and dietary tracking applications. The lack of standardized data formats and interoperability frameworks can hinder the seamless integration of these datasets, thereby affecting model accuracy and reliability. Developing robust data harmonization protocols is therefore essential for improving system performance. Ethical considerations also play a central role in the adoption of AI-driven nutrigenomic systems. The use of sensitive genetic information raises concerns related to privacy, informed consent, and data security. Individuals must be adequately informed about how their genetic and health data are collected, stored, and utilized. Moreover, there is a risk of algorithmic bias, where AI models trained on non-representative datasets may produce inequitable recommendations across different populations. Ensuring diversity in training datasets and implementing fairness-aware machine learning techniques are critical steps toward mitigating these risks. Another key issue is model transparency and interpretability. Many AI systems, particularly those based on deep learning architectures, operate as "black boxes," making it difficult to understand how specific dietary recommendations are generated. This lack of interpretability can reduce trust among healthcare professionals and end-users, limiting widespread adoption. To address this, researchers are increasingly focusing on explainable AI (XAI) approaches that provide clearer insights into model decision-making processes, thereby enhancing accountability and user confidence. In all, AI-driven nutrigenomic systems represent a transformative innovation in the field of precision nutrition, offering the potential to redefine how dietary recommendations are developed and implemented. By enabling highly personalized, data-driven nutritional guidance, these systems can significantly improve health outcomes and support disease prevention strategies on a global scale. However, realizing this potential requires careful attention to challenges related to data integration, ethical governance, and model transparency. With continued interdisciplinary collaboration among data scientists, nutritionists, geneticists, and policymakers, AI-integrated nutrigenomics is poised to become a cornerstone of next-generation healthcare systems.

FUTURE RESEARCH

Future research should prioritize the development of explainable AI models to improve transparency in dietary recommendations, the integration of real-time biomarker monitoring systems to enable more dynamic and responsive nutritional guidance, and the expansion of large-scale clinical validation studies across diverse demographic and genetic populations to ensure generalizability and equity. In addition, stronger ethical safeguards and regulatory frameworks are needed to govern data privacy, consent, and security in nutrigenomic applications, while also addressing risks of algorithmic bias and misuse of sensitive genetic information. Finally, emerging directions should explore the use of multi-agent AI systems capable of collaborative and context-aware decision-making to handle the complexity of individualized dietary planning more effectively.

REFERENCES

Asghar, W., & Khalid, N. (2023). Nutrigenetics and nutrigenomics, and precision nutrition. *Nutrition and Health, 29*(2), 169-170. https://doi.org/10.1177/02601060231167228

BMC Methods. (2024). Artificial intelligence for omics data analysis: challenges and perspectives. *BMC Methods, 1*, Article 4. https://doi.org/10.1186/s44330-024-00004-5

Corella, D., & Ordovás, J. M. (2018). Interactions between dietary components and genetic variants: The relationship with health and disease. *Annual Review of Nutrition, 38*, 293-321. https://doi.org/10.1146/annurev-nutr-071816-064713

Feng, J., Zhang, Y., Li, S., et al. (2023). Artificial intelligence–based personalized nutrition intervention trial protocol: A randomized controlled trial. *BMC Public Health, 23*, Article 1700. https://doi.org/10.1186/s12889-023-16434-9

Ferrario, P. G., & Gedrich, K. (2024). Machine learning and personalized nutrition: A promising liaison? *European Journal of Clinical Nutrition, 78*, 74-76. https://doi.org/10.1038/s41430-023-01350-3

Frontiers in Nutrition. (2024). Personalized nutrition: The end of the one-diet-fits-all era. *Frontiers in Nutrition, 11*. https://doi.org/10.3389/fnut.2024.1370595

Han, H., & Liu, X. (2021). The challenges of explainable AI in biomedical data science. *BMC Bioinformatics, 22*, Article 443. https://doi.org/10.1186/s12859-021-04368-1

Han, M., Chen, J., & Zhou, Z. (2024). NutrifyAI: An AI-powered system for real-time food detection and personalized meal recommendations. *arXiv*. https://arxiv.org/abs/2408.10532

Hasin, Y., Seldin, M., & Lusis, A. J. (2017). Multi-omics approaches to disease. *Genome Biology, 18*, Article 83. https://doi.org/10.1186/s13059-017-1215-1

Keijer, J., Bouwman, J., & Vogels, J. T. W. E. (2024). Omics biomarkers and personalized nutrition strategies. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition, 64*(23), 8279-8307. https://doi.org/10.1080/10408398.2023.2198605

Khamesian, S., Arefeen, A., Carpenter, S. M., & Ghasemzadeh, H. (2025). NutriGen: Personalized meal plan generator leveraging large language models. *arXiv*. https://arxiv.org/abs/2502.20601

Min, S., Lee, B., & Yoon, S. (2017). Deep learning in bioinformatics. *Briefings in Bioinformatics, 18*(5), 851-869. https://doi.org/10.1093/bib/bbw068

Papastratis, I., et al. (2024). AI nutrition recommendation using a deep generative model. *Scientific Reports, 14*, Article 14620. https://doi.org/10.1038/s41598-024-65438-x

Singh, V. (2023). Current challenges in nutrigenomics for personalized nutrition. *Nutrition, 110*, Article 112002. https://doi.org/10.1016/j.nut.2023.112002

Theodore, T. P. A., Nfor, K. A., Kim, J.-I., & Kim, H.-C. (2024). Applications of artificial intelligence, machine learning, and deep learning in nutrition: A systematic review. *Nutrients, 16*(7), Article 1073. https://doi.org/10.3390/nu16071073

Topol, E. (2019). High-performance medicine: The convergence of human and artificial intelligence. *Nature Medicine, 25*, 44-56. https://doi.org/10.1038/s41591-018-0300-7

Tsolakidis, D., Kalogiannidis, S., & Chatzitheodoridis, F. (2024). Artificial intelligence and machine learning technologies for personalized nutrition. *Informatics, 11*(3), Article 62. https://doi.org/10.3390/informatics11030062

Wishart, D. S., et al. (2022). HMDB 5.0: The human metabolome database. *Nucleic Acids Research, 50*(D1), D622-D631. https://doi.org/10.1093/nar/gkab1062

Zeevi, D., et al. (2015). Personalized nutrition by prediction of glycemic responses. *Cell, 163*(5), 1079-1094. https://doi.org/10.1016/j.cell.2015.11.001

COMPREHENSIVE STUDY OF ANEMIA: LABORATORY DIAGNOSIS, CLASSIFICATION, AND PRACTICAL EVALUATION FOR MEDICAL LABORATORY PRACTICE

Rabar Mohammed HUSSEIN
Medical Laboratory Technician Department, Noble Technical Institute, Erbil, Kurdistan Region, Iraq
ORCID ID: 0000-0002-7272-7095

Lana Abdulrahman RASUL
Medical Laboratory Technician Department, Noble Technical Institute, Erbil, Kurdistan Region, Iraq

Tanya Rzgar AZIZXAN
Medical Laboratory Technician Department, Noble Technical Institute, Erbil, Kurdistan Region, Iraq

Gulizar Mustafa ABDULLAH
Medical Laboratory Technician Department, Noble Technical Institute, Erbil, Kurdistan Region, Iraq

Rayan Sherzad MUHAMMED
Medical Laboratory Technician Department, Noble Technical Institute, Erbil, Kurdistan Region, Iraq

Abstract
Anemia remains one of the most significant global public health challenges, affecting approximately 1.62 billion individuals worldwide and representing a major cause of morbidity, particularly among women of reproductive age and young adults. Despite its high prevalence, the precise classification of anemia type remains inconsistent across many healthcare settings due to limited access to comprehensive laboratory panels and inadequate standardization of diagnostic protocols. This study aimed to evaluate the laboratory diagnostic practices for anemia, focusing on the utilization of complete blood count (CBC) parameters and iron studies (serum ferritin and serum iron) for the identification and classification of Iron Deficiency Anemia (IDA) using a sample of patients attending Mihrabani Hospital and other clinical laboratories in Erbil. A cross-sectional laboratory study was conducted from February 20 to April 2026, enrolling a total of 40 participants (17 males, 23 females; age range 20–49 years). Venous blood samples were collected and analyzed using the Medonic Automated Hematology Analyzer for CBC parameters (Hb, MCV, MCH, MCHC) and the Cobas c111/e411 Analyzers for biochemical iron studies (serum ferritin and serum iron). Peripheral blood smears were prepared and examined microscopically to confirm morphological changes. Out of 40 participants, 4 patients (10%) were classified as having Iron Deficiency Anemia based on consistently abnormal values across all six laboratory parameters. These patients demonstrated a microcytic and hypochromic pattern with low hemoglobin (10.8–11.5 g/dL), low MCV (68–74 fL), low MCH, low MCHC, depleted serum ferritin (6–9 ng/mL), and reduced serum iron (30–40 µg/dL). The majority of participants (57.5%) were female, and the predominant age group was 20–25 years (65%), consistent with known risk factors for IDA. Findings confirm that a comprehensive multi-parameter laboratory approach combining CBC indices with iron studies enables precise classification of Iron Deficiency Anemia and reduces the risk of diagnostic misclassification. The 10% IDA prevalence underscores the need for routine anemia screening in clinical settings. Standardization of laboratory protocols and investment in diagnostic infrastructure remain essential for improving anemia management in the Kurdistan Region.
Keywords: Anemia, Iron Deficiency Anemia, CBC, Serum Ferritin, Serum Iron, MCV, Laboratory Diagnosis, Kurdistan Region, Erbil.

THE ROLE OF RENAL NUTRITION IN PROTECTING THE ENVIRONMENT BY DELAYING HEMODIALYSIS

Soukaina EL FAYQ
Department of Nephrology, Mohamed VI University Hospital, Morocco

Intissar HADDIYA
Department of Nephrology, Mohamed VI University Hospital, Morocco

Abstract
Chronic kidney disease (CKD) is a progressive, lifelong, and irreversible condition affecting more than 700 million people worldwide, with prevalence continuing to rise. Progression to end-stage kidney disease often requires renal replacement therapy (RRT), with hemodialysis (HD) being the most commonly used modality, despite its high financial and environmental costs. To explore the role of nutrition in delaying HD initiation and its potential co-benefits for patient well-being and environmental sustainability, a review of open-access literature published between 2020 and 2026 was conducted on PubMed, Google Scholar, ResearchGate, and ScienceDirect. Keywords related to CKD, hemodialysis, nutrition and the environment were used.
The findings indicate that current international CKD nutrition guidelines largely align with low-carbon dietary principles. These guidelines emphasize unprocessed or minimally processed foods and plant-based protein sources, while limiting highly processed foods and animal-derived products associated with high carbon footprints. Evidence suggests that adherence to these dietary recommendations can slow CKD progression, preserve residual renal function, and delay the initiation of HD.
In addition to its high financial cost, hemodialysis has a considerable environmental footprint. For example, in a UK hospital, the annual carbon footprint of a hemodialysis patient was estimated at 3,818 kg CO_2 eq, mainly due to medical equipment. A single dialysis session consumes water equivalent to the daily needs of 3.5–4 people, while a single dialysis center uses electricity comparable to multiple households.
In conclusion, adherence to evidence-based renal nutrition guidelines may delay hemodialysis initiation, reducing the clinical burden and the environmental impact of RRT.

COMPARATIVE EFFECTS OF VERBAL AND VISUAL FEEDBACK COMBINED WITH CONVENTIONAL PHYSIOTHERAPY ON BALANCE IN STROKE REHABILITATION: A RANDOMIZED CONTROLLED TRIAL

Dr. Hira Islam, PT
Associate Professor, Nazeer Hussain University, Karachi, Pakistan

ABSTRACT

Background

Post-stroke balance dysfunction is a common disability, resulting in loss of independence and falls. External feedback, such as verbal and visual feedback, has been commonly employed to improve learning; yet the relative effects of such feedback are unknown.

Objective

To investigate the comparative effects of verbal and visual feedback with traditional physiotherapy on balance function in stroke patients.

Methods

Thirty patients in the recovery phase of stroke were recruited for a randomized controlled trial. The patients were divided into two groups: Group A was treated with conventional physiotherapy with verbal feedback and Group B with conventional physiotherapy with visual feedback. The physiotherapy sessions were conducted five days a week for a month. We used the Berg Balance Scale (BBS) to measure balance before and after treatment. The data were analyzed using SPSS (version 20) with independent and paired t-tests. Effect sizes (Cohen's d, η^2) and 95% confidence intervals were determined.

Results

The BBS improved significantly in both groups from pre- to post-intervention ($p < 0.001$). But the improvement in Group B was significantly larger than in Group A ($p = 0.0007$) with a large effect size (Cohen's $d = 1.39$; $\eta^2 = 0.34$). The average improvement was greater in the visual feedback group (6.67 points) than in the verbal feedback group (4.33 points).

Conclusion

Visual feedback, as well as verbal feedback, are both effective in improving balance in stroke rehabilitation, but visual feedback is more effective due to better clinical and statistical results. Visual feedback may complement traditional physiotherapy treatment.

Keywords: Stroke rehabilitation, balance, verbal feedback, visual feedback, physiotherapy, Berg Balance Scale

REVOLUTIONIZING CANCER DIAGNOSIS: THE POTENTIAL OF 3D PRINTED NANOSENSORS

Babita Gupta
Assistant Professor, Department of Pharmacy, Institute of Technology and Management Gida Gorakhpur

Abstract: Cancer is a complicated illness with a worldwide impact, requiring ongoing breakthroughs in diagnosis and treatment. The application of 3D printing technology is increasingly recognized as an innovative tool in cancer diagnosis, offering enormous possibilities in detection and surveillance. The study aims to improve early diagnosis and prognosis for patients. 3D printing has become more popular for producing precise, customizable nanosensors with high sensitivity and specificity. The study covers the latest advances in 3D-printed cancer nanosensors. It discusses how inkjet printing, stereolithography, and fused deposition modeling can create intricate nanostructures with increased performance. Design and functionalization strategies for targeting nucleic acids, proteins, and circulating tumor cells are also covered. Nanomaterial-based sensors can detect tumor biomarkers, circulating cells, and extracellular vesicles, improving cancer diagnosis and survival. Integrating 3D-printed nanosensors with fluorescence, electrochemical, and surface-enhanced Raman spectroscopy allows rapid and accurate cancer diagnosis in clinical settings. The publication critically reviews and synthesizes previous research to show how 3D-printed nanosensors could improve cancer diagnosis as well as personalized therapy. The study explores the capacity of 3D-printed nanosensors to bring about significant changes in the field of cancer diagnostics. Using 3D-printed technology and additive manufacturing, these sensors provide exceptional sensitivity and specificity for the early identification of cancer biomarkers. Their ability to be customized allows for specific therapies for various types of cancer, offering substantial progress in precision medicine. The paper analyzes the most recent advancements, obstacles, and potential future opportunities of 3D-printed nanosensors, with a specific focus on their significant impact on transforming cancer diagnosis.
Keywords: 3D printing, Nanosensor, Stereolithography, Cancer diagnosis, personalized therapy,

TOXICOLOGICAL AND HISTOLOGICAL EVALUATION OF IMMUNOTHERAPY EFFECTS AGAINST THE NORTH AFRICAN SCORPIONS *ANDROCTONUS MAURETANICUS* AND *BUTHUS OCCITANUS*

Khawla AMMOUCH
Laboratory of Odontological Biomaterials and Nanotechnology, Faculty of Dental Medicine, Mohammed V University in Rabat, Rabat, Morocco
Laboratory of Venoms and Toxins, Pasteur Institute of Morocco, 1 Place Louis Pasteur, Casablanca 20250, Morocco
ORCID: 0009-0003-8596-9055

Nihal MESMOUDI
Laboratory of Odontological Biomaterials and Nanotechnology, Faculty of Dental Medicine, Mohammed V University in Rabat, Rabat, Morocco
Laboratory of Venoms and Toxins, Pasteur Institute of Morocco, 1 Place Louis Pasteur, Casablanca 20250, Morocco
ORCID: 0009-0004-7623-7204

Prof. Abdellah MOUSTAGHFIR
Laboratory of Odontological Biomaterials and Nanotechnology, Faculty of Dental Medicine, Mohammed V University in Rabat, Rabat, Morocco

Dr. Naoual OUKKACHE
Laboratory of Venoms and Toxins, Pasteur Institute of Morocco, 1 Place Louis Pasteur, Casablanca 20250, Morocco

Abstract
Scorpionism is a major public health issue in North Africa, particularly due to the neurotoxic venoms of *Androctonus mauretanicus* (*Am*) and *Buthus occitanus* (*Bo*), which cause severe multisystem dysfunction. The aim of this study is to compare the toxicity of these venoms, known for their dangerousness, and to evaluate the effectiveness of polyvalent antivenom in neutralizing them.
The toxicity of the venoms was assessed by determining the median lethal dose (LD50). The venoms were injected intraperitoneally into mice, with mortality monitored at 24 and 48 hours. In addition, the efficacy of the antivenom was evaluated by the median effective dose (ED50), administered by the same route. The results were analyzed using GraphPad Prism software.
The results show that the venom of *Androctonus mauretanicus* is the most toxic (597µg/kg), while the venom of *Buthus occitanus* is the least toxic (890.1µg/kg). The antivenom, composed of $F(ab')_2$ fragments of antibodies specific to the three venoms, shows significant neutralization against the venom of *Buthus occitanus*, but is less effective against *Am*.
This study reveals the critical urgency of scorpion envenomation, due to the high virulence of the venoms involved, and insists on the indispensable development of polyvalent antivenoms capable of effectively neutralizing this toxic diversity. This progress is essential to optimize clinical management and drastically reduce the associated morbidity and mortality.
Keywords: *Androctonus mauretanicus*, *Buthus occitanus*, scorpion envenomation, antivenom, LD_{50}, neutralization, neurotoxic venoms.

HUMAN ANATOMICAL MODELS: NATURAL LANGUAGE PROCESSING STUDY OF USER NARRATIVES AND EXPERIENCES

Emmanuel Lamptey
School of Basic and Biomedical Sciences, University of Health and Allied Sciences, Ho Ghana.

Abstract
Anatomical models provide users with the opportunity to demonstrate, visualize, and understand the body's intricate structure from a unique 3D perspective. These physical replicas help health professionals, students, learners, and patients to grasp complex anatomical relationships with realistic representations of body structures. They are non-distressing alternatives to cadaveric dissections, which triggers intense psychological experiences in medical training. Natural Language processing (NLP), an emerging branch of artificial intelligence, was employed to analyze vast amounts of text in a corpus derived from user narratives and experiences. The primary data consisted of 941 user-generated content collected from four major global e-commerce platforms.
Sentiment analysis using the Valence Aware Dictionary and Sentiment Reasoner (VADER Model) classified the emotional tone of the post, while the National Research Council Lexicon (NRC) assigned the eight basic emotions to measure and quantify the complex emotions users feel when using anatomical models. The sentiment analysis revealed 85.65% (803/941) positive reviews, 7.655% (72/941) negatives, and 6.7% (63/941) neutrals. Trust (18.52%), Joy (10.78%), and Anticipation (10.50%) were dominant while Anger (2.74%) and Disgust (2.03%) contributed minimally to the emotional profile. Topic modeling using Latent Dirichlet Allocation(LDA) with coherence score optimization identified eight themes: build quality and craftmanship (146/941,15.50% prevalence), Model value (123/941,13.10%), nurturing early childhood education (119/941,12.65%), seamless usage and integration (117/941,12.39%), home teaching aid/schooling (96/941,10.22%), patient educational tool (83/941,8.86%), student educational tool (72/941,7.66%), materials and features (69/941,7.34%),skeletal and joint anatomy demonstration (60/941,6.43%),visual impression and appeal (56/941,5.81%). Build quality and craftsmanship, the value of models, and their ability to nurture early childhood education were the most appeared topics across the corpus. Cross analysis of topic and sentiment revealed that negative sentiment was high for materials and features, models for skeletal and joint anatomy demonstrations, and seamless usage and integration, whereas patient educational tools, build quality, and craftmanship exhibited more positive sentiment. The analysis pipeline was implemented using R programming. Natural language processing (NLP) significantly provided a comprehensive data-driven understanding of the complex experiences of users by uncovering key themes, emotions, and challenges. The study highlights the complementary role of NLP alongside traditional research in providing more insight.
Keywords: Models, anatomic, language processing, natural.

Conflict of Interest/Ethical Approval
No conflict of interest to declare. Data collected is within public domain, ethical approval not required.

FROM MONARCHICAL CRISIS TO CONSTITUTIONAL ORDER: AN ANALYSIS OF THE PROCESS OF DRAFTING THE 1906 CONSTITUTION OF IRAN

Aref Barkhordari
Assistant Professor of Political Science, University of Tehran, Iran.
ORCID : 0000-0002-1585-3175

Abstract
The Iranian Constitutional Revolution (1905), at the beginning of the twentieth century, is regarded as one of the earliest experiences of transition to political modernity and the establishment of constitutional government in the Middle East. Drawing upon John Elster's theory of "constitution-making under conditions of crisis," this study analyzes the process of transition from the crisis of the Qajar monarchy to constitutional order and the drafting of the 1906 Constitution. According to this theory, constitutions emerge in the context of accumulated political, economic, and social crises and as a consequence of the declining legitimacy of the previous order, functioning as an institutional mechanism for the reconstruction of political order. The research adopts a descriptive-analytical method based on historical, legal, and sociological sources. The findings indicate that the Constitutional Revolution was the product of the simultaneous interaction of multiple structural factors, including the persistence of the traditional monarchy–Sharia discourse, pressures arising from encounters with modernity, unsuccessful state reforms, the emergence of new social classes, and the penetration of liberal and nationalist ideas. Together with the economic crisis of the late Qajar period, these factors contributed to waves of social protest and ultimately led to the issuance of the Constitutional Decree by Mozaffar al-Din Shah on 14 Mordad 1285 (5 August 1906). Subsequently, with the establishment of the National Consultative Assembly (Majles), Iran's first modern constitution was drafted in Dey 1285 (December 1906), consisting of 51 articles, followed by its Supplement comprising 107 articles in 1286 (1907), to regulate the relationship between the monarchy and the legislature and limit royal authority.
Keywords: Iranian Constitutional Revolution, Constitutionalism, Political Modernization, Qajar Monarchy Crisis, Constitution-Making in Crisis Situations.

1. Introduction and Theoretical Framework

The Iranian Constitutional Revolution occurred during the period 1905–1909 CE (1284–1288 SH). This revolution represents one of the most significant political and legal transformations in contemporary Iranian history and one of the earliest experiences of transition from absolute monarchy to the rule of law and the drafting of a codified constitution in the Middle East. The revolution not only transformed the structure of absolute political power in Iran but also provided the foundation for the formation of Iran's first modern constitution. This constitution was drafted with the objectives of limiting monarchical power, establishing the National Consultative Assembly, and regulating the relationship between the state and the nation. From this perspective, the Constitutional Revolution may be regarded as a turning point in Iran's transition toward a modern political and legal order; a process that emerged within the context of profound economic, social, intellectual, and political crises during the late Qajar era.

An analysis of the Iranian Constitutional Revolution demonstrates that prior to the revolution, Iran's political system was governed on the basis of a monarchical order; a system that, over many centuries, derived its political legitimacy from the linkage between the institution of monarchy and the institution of religion. However, from the early nineteenth century onward, particularly following the Russo-Persian Wars, this traditional order encountered new challenges. Military defeats, the penetration of foreign powers, the expansion of economic and political relations with the West, the transmission of modern concepts, the emergence of new educational institutions, and the formation of new social classes gradually undermined the legitimacy of the traditional power structure and political system, generating multiple crises within Iranian society. Under such circumstances, reform-minded statesmen such as Abbas Mirza, Amir Kabir, and Sepahsalar undertook extensive efforts to address these crises, overcome Iran's backwardness, modernize the structure of governance, and implement administrative and military reforms. However, due to resistance from traditional forces and political despotism, these efforts failed and further widened the gap between the state and society.

Following the Russo-Persian Wars and the increasing penetration of modern concepts and ideas into Iranian society, new social groups such as intellectuals, merchants, and the urban middle class emerged, demanding limitations on absolute power, the establishment of a House of Justice (Edalatkhaneh), the rule of law, and participation in governance. In conjunction with the economic crisis of the late Qajar period, increased fiscal pressures, inflation, and governmental inefficiency, these demands culminated in widespread socio-political protests and ultimately an acute revolutionary crisis. The revolutionary crisis, together with social pressures and protests, compelled Mozaffar al-Din Shah to issue the Constitutional Decree. Although he, along with court elites and the Crown Prince Mohammad Ali Mirza, initially opposed the decree, Mozaffar al-Din Shah eventually agreed to its issuance on 14 Mordad 1285 (5 August 1906), thereby paving the way for the establishment of the National Consultative Assembly and the drafting of Iran's first constitution.

The Constitution of Iran was drafted and ratified during the years 1285 and 1286 SH (1906–1907), through which Iran joined the ranks of states possessing a written constitution. The constitutional framework consisted of two documents: the "Fundamental Law" and its "Supplement." The Fundamental Law of 1285, comprising 51 articles, was drafted during the lifetime of Mozaffar al-Din Shah, whereas its Supplement was enacted after his death during the reign of his son, Mohammad Ali Shah. In any event, this constitution represented the first official effort to institutionalize a new legal order and to restrict monarchical authority in Iran.

In general, if one seeks to examine the process through which the revolutionary crisis and constitution-making emerged, it is evident that during the revolutionary crisis of 1284–1288 SH (1905–1909), structural crises first emerged, followed by popular protests. Subsequently, on 14 Mordad 1285 SH (5 August 1906), Mozaffar al-Din Shah Qajar issued the Constitutional Decree. The substance of this decree was the Shah's formal approval of the establishment of the National Consultative Assembly and constitutional government. Thereafter, an assembly was formed, and on 8 Dey 1285 SH (29 December 1906), it drafted and ratified Iran's first modern constitution, consisting of 51 articles. The primary focus of this constitution was the establishment of the Assembly, the definition of its powers and functions, and the regulation of its relationship with the Shah (Navaei, 1326, pp. 35–47). Owing to the haste with which the constitution was drafted, it did not contain all necessary and essential provisions. Consequently, a commission was established to address its deficiencies and complete the document. This commission prepared a text entitled the Supplement to the Constitution, which was approved in 1286 SH during the reign of Mohammad Ali Shah, thereby completing the text of the Constitutional Constitution of Iran (Ibid., p. 45). The Constitutional Constitution, despite numerous vicissitudes, remained in force until the Iranian Islamic Revolution of 1979 and ultimately experienced discontinuity and rupture following the establishment of a new political system after the victory of the 1979 Revolution.

This study employs John Elster's theoretical framework concerning "constitution-making under conditions of crisis" to analyze the formation of Iran's Constitutional Constitution. John Elster is among the foremost scholars who have examined the process of constitution-making in contemporary societies. In his article "Forces and Mechanisms in the Constitution-Making Process," emphasizing the exceptional nature of constitutional lawmaking processes, he argues that constitutions are typically drafted under conditions of crisis such as revolution, political regime collapse, or war. He also emphasizes the role of non-rational factors, including political emotions and decision-making constraints, during these exceptional periods (Elster, 1995).

Through examining the formation of constitutions in Western countries from the French Revolution to the post-collapse period of the Eastern Bloc, Elster seeks to classify and explain the factors influencing constitution-making processes. He identifies seven waves of constitution-making across these countries (Elster, 1995, p. 368).

Elster's studies lead him to several important conclusions. His most significant finding is the existence of a durable relationship between crisis and constitutional lawmaking. Accordingly, in examining the connection between crises and constitution-making, he identifies several forms of crisis or conditions: first, social and economic crisis; second, revolution; third, regime collapse; fourth, fear of regime collapse; fifth, defeat in war; sixth, post-war reconstruction; seventh, the creation of a new state; and eighth, liberation from colonial domination (Ibid., pp. 370–371).

In addition to the above discussions, Elster identifies three foundational concepts common to all constitutions he examined. He argues that constitution-making necessarily involves making choices under constraints. Therefore, it is essential to consider both the objectives of individual constitution-makers and the mechanisms through which these objectives are transformed into collective choices. According to him, the key concepts are: constraints, individual motivations, and systems of aggregation (or decision-aggregation mechanisms) (Ibid., p. 365). Consequently, he maintains that constitution-making involves "conditions" or "constraints" within which constitutional framers draft a constitution through an "aggregative process." From this perspective, a constitution is not merely a legal text but rather the product of interactions among social forces, political struggles, and specific historical circumstances.

The central research question of this study is: How did the process of drafting Iran's Constitution take shape, and under the influence of which social and political crises and conditions did it emerge?

The research hypothesis is that the 1906 Constitution of Iran was the result of the accumulation of structural crises, followed by a revolutionary crisis within the Qajar system, and was also the outcome of a form of compromise between traditional and modern forces within Iranian society; a compromise that manifested itself through the creation of new political and legal institutions.

The research methodology is descriptive-analytical and based on the examination of historical, legal, and sociological sources. Furthermore, by employing Elster's theoretical approach, the study seeks to analyze the relationship between political crisis and the process of constitutional lawmaking in Constitutional-era Iran.

The significance of this study lies in its re-examination of one of the most important periods in Iran's political history—the Constitutional Revolution of 1906 and the events preceding and following it—which can contribute to a deeper understanding of the formation of a law-governed state and the relationship among crisis, power, and constitutionalism in transitional societies.

2. The Crisis of the Revolution and the Drafting of the Constitutional Constitution of Iran.

2.1. The Crisis of the Constitutional Revolution and Its Backgrounds

The Iranian Constitutional Revolution materialized in 1906/1285. If this political and social phenomenon is examined as a process, this transformation occurred during a period extending from 1905–1909 CE (1284–1288 SH). This revolution is regarded as one of the most significant political and legal transformations in contemporary Iranian history and one of the earliest experiences of transition from absolute monarchy to the rule of law and the drafting of a codified constitution in the Middle East. The revolution not only transformed the system of absolute monarchy in Iran but also laid the groundwork for Iran's first modern constitution, drafted to limit royal authority, establish a National Consultative Assembly (Majles), and regulate the relationship between the state and the nation.

As discussed in the preceding sections regarding Jon Elster's theory, the most important aspect of his theory is the enduring linkage between crisis and constitution-making. Accordingly, he considers constitutions to be products of conditions of crisis. He argues that crises such as social and economic crises, revolution, regime collapse, fear of regime collapse, defeat in war, post-war reconstruction, the establishment of a new state, and liberation from colonial domination provide the conditions necessary for constitution-making.

If the crisis of the Iranian Constitutional Revolution and the subsequent drafting of the Constitutional Constitution are examined based on Elster's theory (Ibid., 370–371), an issue worthy of analysis is that the emergence of the revolutionary crisis and, subsequently, the drafting of Iran's first constitutional constitution were themselves the result of a series of crises and interactions that had begun decades before the revolution and ultimately culminated in the revolutionary crisis, the weakening of the previous political order, and the drafting of the constitution.

An analysis of the process of the Constitutional Revolution and the crises and events preceding it demonstrates that the Constitutional Revolution was a modern transformation within Iranian society that occurred during the period from 1284 to 1288 SH (1905–1909 CE). During this process, social protests initially emerged in Iranian society as a consequence of various crises. Subsequently, the Constitutional Decree was issued on 14 Mordad 1285 (1906) by Mozaffar al-Din Shah Qajar. Thereafter, an assembly was established, and on 8 Dey 1285 SH (29 December 1906), it drafted and approved Iran's first modern

constitution, consisting of 51 articles. One year later, owing to deficiencies in the original text, a Supplementary Fundamental Law comprising 107 provisions was drafted and approved in 1286 SH.

The backgrounds of the Iranian Constitutional Revolution and the drafting of the constitution may be examined through a process of crisis formation extending from 1180 to 1284 SH (1801–1905 CE). It may be argued that the starting point of this crisis can be traced to 1183 SH, namely the period marking the commencement of the Russo-Persian Wars and the developments that followed.

In general, before the Constitutional Revolution and the drafting of its constitution, a traditional political discourse that had prevailed for centuries (following the advent of Islam in Iran) governed Iranian society. This discourse consisted of two pillars: the state (monarchy) and religion (Sharia). The Sharia component of this discourse became further consolidated with the emergence of the Safavid dynasty and the transformation that occurred through the strengthening of Shi‘ism during the Safavid era, and it continued through the Qajar dynasty until the Constitutional Revolution.

During the reign of the Qajar monarchs, this discourse came under challenge and experienced rupture due to the entry of modernity, manifested through the Russo-Persian Wars between 1183 and 1192 SH. These wars occurred during two periods, namely 1804–1813 and 1826–1828 CE. They ended in Iran’s defeat and resulted in the signing of the Treaties of Gulistan and Turkmenchay and the separation of parts of the Caucasus from Iranian territory.

Since, within the framework of these wars, modernity imposed itself upon Iran in a material and institutional form and subjected the traditional discourse to crisis and rupture, several intellectuals and advocates of modernization began to reflect upon the causes of backwardness and despotism in Iran. They also became aware that they were confronting an adversary more powerful than themselves (Barkhordari, 2022: 200–202). During the century that followed, these individuals pursued the modernization of Iranian society and greater engagement with the Western world.

Within this process, figures such as Crown Prince Abbas Mirza (Algar, 1369: 133–134), Amir Kabir (Foran, 1377: 248), and Mirza Hossein Khan Sepahsalar (Adamiyat, 1356: 146–147), having recognized Iran’s backwardness, undertook reforms such as military modernization, the establishment of modern schools, secular education, the dispatch of students to the West, administrative reform, improvement of governance methods, expansion of industry and commerce, diplomatic engagement with the West, and other initiatives. However, these reforms failed due to opposition from supporters of the traditional discourse (the Shah, royalist supporters, and traditional clerics), and this failure itself became a source of further crises within Iranian society.

Nevertheless, within this process, interactions with the Western world commenced, and such interactions—whether through the dispatch of students for the acquisition of modern knowledge, diplomatic missions, foreign travelers, or commercial and economic relations—facilitated the transfer of Western culture and the components of modern civilization into Iranian society.

Contacts with the West and the introduction of Western and modern elements themselves created the conditions for another crisis within Iranian society. The impact of the West and the penetration of Western civilization weakened the relationship between Iranian society and the Qajar political system through two principal channels. The first was economic penetration, which contributed to the emergence of a traditional middle class composed of bazaar merchants possessing anti-state Shi‘i and traditional economic orientations. The second was intellectual and ideological penetration through modern educational institutions, new concepts, new aspirations, new professions, Western teachers, diplomats, ambassadors, and foreign travelers, which led to the formation of a new occupational class known as the intelligentsia. This class not only criticized despotism and absolute monarchy but also advocated liberalism, nationalism, and even socialism. These two social classes subsequently provided the social foundations for the victory of the Iranian Constitutional Revolution (Abrahamian, 1377: 45).

Simultaneously with Western influence and the gradual formation of these two classes, Naser al-Din Shah, Iran’s autocratic monarch, continued his despotic policies until his assassination in 1275 SH. He was succeeded by his son, Mozaffar al-Din Shah (Abrahamian, 1377: 68). Upon ascending to power, the latter pursued two categories of policies: first, a series of economic policies that proved ineffective and accelerated the decline of the Qajar dynasty; second, relatively liberal policies intended to appease political opponents. However, he failed to recognize that alongside the penetration of Western influence, liberalism, and progressive ideas, opponents became encouraged to establish semi-clandestine organizations, leading to the formation of groups such as the Markaz-e Ghaybi (Secret Center), the

Social Democratic Party (Ejtema‘iyun-e ‘Amiyun), Jame‘-ye Adamiyat, the Revolutionary Committee, and the Secret Society, all of which later played significant roles in the Constitutional Revolution (Abrahamian, 1377: 70).

In any event, by 1284 SH the country was rapidly moving toward a revolutionary crisis. Both the traditional middle class and the modern intellectuals, in addition to establishing organizations, associations, political parties, and semi-secret networks affiliated with themselves, despite their differences, shared a common objective: the overthrow of despotism, the abolition of absolute government, and the establishment of constitutionalism through the drafting of a constitution (Abrahamian, 1377: 74).

Although the aforementioned crises had created the conditions for the Constitutional Revolution, the final factor that accelerated both the revolutionary crisis and the drafting of the constitution was the economic crisis of late 1283 SH. In reality, several factors contributed to this economic crisis, including poor agricultural harvests throughout the country, the sudden stagnation of northern trade resulting from a cholera epidemic, the Russo-Japanese War, and the subsequent Russian Revolution, all of which caused food prices within Iran to rise sharply. This crisis generated three major public-political protests that ultimately culminated in the Constitutional Revolution of Mordad 1285 (Abrahamian, 1377: 74).

The first protest took the form of a peaceful demonstration organized by merchants and money changers. Their demands included the dismissal of Monsieur Naus, the Belgian Director-General of Iranian Customs, and the repayment of debts owed to them. Following governmental indifference, they exploited religious sentiments by circulating a photograph depicting Naus dressed in Shi‘i clerical attire while dancing. They subsequently proceeded to the shrine of Hazrat Abdol-Azim and staged a sit-in there (Abrahamian, 1377: 74). Following this protest, Mozaffar al-Din Shah promised to dismiss Naus, repay their debts, and establish a merchants’ committee within the Ministry of Commerce. However, of these promises, only the merchants’ committee was established, and even that remained largely ceremonial and ineffective (British Minister, Annual Report for 1905, F.O. 371/Persia, 1906/106).

The second protest emerged in Azar 1284 SH when Ayn al-Dowleh, the Governor of Tehran, ordered that two prominent sugar merchants be publicly beaten in an attempt to reduce sugar prices (E‘zam Qodsi, 1342: 99–100). As a result, shopkeepers, members of the public, and religious scholars once again proceeded to the shrine of Hazrat Abdol-Azim and staged another sit-in. The protesters advanced four demands: the dismissal of Ayn al-Dowleh, the removal of Monsieur Naus, the implementation of Sharia rulings, and, most importantly, the establishment of a House of Justice (Adalatkhaneh). Initially, the government ignored these demands but ultimately capitulated after one month. Upon their victorious return to the city, the protesters chanted, “Long Live the Iranian Nation” (Abrahamian, 1377: 75).

The third protest occurred in Tir 1285 SH. Its causes included the Shah’s failure to establish the House of Justice and dismiss Monsieur Naus, together with the imprudent action of security forces in arresting a preacher for delivering speeches against the government. The arrest of the preacher and several other prominent opponents prompted the associations and committees previously mentioned to issue angry declarations and manifestos. As a result, groups of citizens marched toward police headquarters, clashes erupted between demonstrators and law enforcement personnel, and one cleric was killed. The following day, many citizens, clerics, merchants, and guild members, dressed in shrouds and carrying the body of the slain cleric, marched toward the city’s central mosque. They were prevented from entering by security forces, leading to another violent confrontation in which several individuals were killed and injured (Kermani, 1346: 246).

Following this crisis and bloody confrontation, two forms of protest, strikes, and sanctuary-seeking movements emerged in Tehran. The first consisted of strikes and the migration of a number of Tehran’s clerics, led by Ayatollah Tabataba’i and Ayatollah Behbahani, to the religious city of Qom. They declared that they would refrain from performing religious functions and would continue their migration and strike until the Shah fulfilled his promises.

The second group consisted of merchants who sought bast (sanctuary) in the British Embassy in Tehran. These were primarily merchants who had formed the Committee of Guild Leaders and took refuge within the British Embassy. During the subsequent process, this committee attracted many educated individuals, intellectuals, women, students, and teachers from Dar al-Fonun. The latter group, having knowledge of modern sciences, the modern world, and constitutional systems in Europe, delivered lectures on the advantages of European constitutional regimes and the benefits of republican

government. As a consequence of these activities, and upon the advice of these newly educated intellectuals, the Committee of Guilds not only demanded the establishment of a House of Justice but also called upon the Shah and the royal court to convene a National Constituent Assembly (Abrahamian, 1377: 78).

Initially, the Shah and the royal court portrayed the protesters and sanctuary-seekers in the British Embassy as traitors and agents of Britain and refused their demands. Ultimately, however, due to various threats and nationwide protests—including declarations that armed volunteers would be dispatched—as well as growing divisions between conservative and moderate supporters of the government, the Shah and the court retreated from their position. Consequently, three weeks after the protesters had taken sanctuary in the British Embassy, on 14 Mordad 1285, Mozaffar al-Din Shah appointed Moshir al-Dowleh, a senior liberal-minded statesman, as Prime Minister and signed the decree authorizing the establishment of a National Constituent Assembly. Thus, the Constitutional Revolution achieved victory, and the process of constitution-making commenced (Abrahamian, 1377: 78).

Accordingly, a combination of crises within Iranian society—including pressures arising from the encounter with modernity, the rupture of the traditional monarchy–Sharia discourse, unsuccessful governmental reforms, the emergence of new social classes, the penetration of liberal and nationalist ideas, economic crisis, and social protest—collectively created the conditions for the revolutionary crisis and subsequently for the drafting of Iran's Constitutional Constitution. The following section will therefore examine the process of drafting and adopting the constitution.

2.2. The Drafting of the Constitutional Constitution of Iran

The theoretical foundation of Jon Elster's approach to the study of constitution-making is based upon the proposition that the drafting of constitutions is the product of crisis. If the process of drafting and adopting the Iranian Constitution is analyzed based on this theory, the issue that can be elucidated is that constitution-making following the revolutionary crisis occurred gradually and in several stages. First, through the accumulation of crises previously discussed; then through the protests that emerged against despotism as a consequence of those crises; consequently, the crisis of the Constitutional Revolution took shape. Thereafter, the Constitutional Decree was issued, the National Assembly was established, and the initial constitution was drafted. Subsequently, the Supplementary Fundamental Law was adopted in order to complete the structure of government and define the rights of the nation.

This process indicates that Mozaffar al-Din Shah Qajar, first as a consequence of the accumulated crises within society and subsequently due to popular protests and the Constitutional Revolution, signed the "Constitutional Decree" on 14 Mordad 1285 (5 August 1906). In this decree, which essentially provided for the establishment of the "National Consultative Assembly" (Majles-e Shorā-ye Melli), the Shah, for the first time, agreed to popular participation in government. It further provided for the formation of an assembly composed of representatives of various social estates, including Qajar princes, religious scholars ('ulama), notables and aristocrats, landowners, merchants, and guilds, in the capital city of Tehran. It was also stipulated that by the end of the summer of 1285 SH, the necessary arrangements for conducting elections and drafting electoral regulations would be completed (Nava'i, 1326: 161).

Research indicates that immediately following the issuance of the Constitutional Decree, a committee or constituent assembly composed of clerics, state trustees, and political dignitaries was formed to prepare electoral regulations and a draft constitution. During these sessions, Moshir al-Dowleh was assigned responsibility for translating the laws of other countries, and it was decided that this committee would draft the electoral law and the regulations governing the National Consultative Assembly and submit them for the Shah's approval. Following this meeting, several additional sessions were held by the same individuals, and the electoral regulations were drafted based on a "guild-based electoral system" and were approved and signed by the Shah on 19 Shahrivar 1285 (Ibid., p. 37).

According to the electoral regulations, the first election for the National Consultative Assembly—the first election in Iranian history—was held on 25 Shahrivar 1285 (early autumn of 1906), and the deputies of the First Majles were elected. In this election, representatives were chosen from six social estates: Qajar princes, notables and aristocrats, religious scholars and theological students, landowners and peasants, merchants, and guild members (Abrahamian, 1377: 79). Under these regulations, women, minors, foreign nationals, and bankrupt individuals were denied the right to vote.

Following the elections, the inaugural session of the National Consultative Assembly was convened on 18 Sha'ban 1324 AH (7 October 1906) at the Golestan Palace. Mozaffar al-Din Shah attended the session and formally opened the Assembly with his inaugural address (Nava'i, 1326: 38).

On the first day of its operation, the Speaker of the Assembly declared that the drafting of the Assembly's internal regulations and the preparation of a constitutional draft would constitute its highest priorities. Since, following the issuance of the Constitutional Decree, responsibility for drafting the constitution had initially been assigned to Mirza Nasrollah Khan Moshir al-Dowleh (the Prime Minister), the National Consultative Assembly expected the receipt of a constitutional document or fundamental law from the Prime Minister during its first session. However, when the draft constitution or constitutional regulations were submitted to the Assembly, it became evident that the text remained largely based upon traditional and autocratic principles. Consequently, it failed to satisfy the demands of constitutionalists and parliamentary representatives, and the deputies rejected it. It was therefore decided that the representatives themselves would undertake the drafting of the constitution. Accordingly, the deputies of the First National Consultative Assembly assumed responsibility for constitution-making and, drawing upon the constitutions of European countries, particularly Belgium, prepared a new constitutional text (Ibid., pp. 38–39).

This draft was submitted to the royal court for approval. However, due to the severe illness of Mozaffar al-Din Shah, opposition from certain court officials, and obstruction by Mohammad Ali Mirza (the Crown Prince at the time), the approval process was delayed. Following pressure exerted by the deputies, a version of the constitution was returned to the Assembly. The deputies believed that alterations had been made to the submitted text and that it no longer conformed to several principles previously agreed upon. Consequently, the Assembly once again rejected the text and requested that the Prime Minister either return the original draft or establish a commission to revise and correct the altered provisions. Immediately thereafter, a committee composed of elected deputies was appointed to prepare a new constitutional draft.

Because of the deteriorating health of Mozaffar al-Din Shah, the drafting process proceeded rapidly, and it was decided that the constitution would be modeled upon the constitutions of European states, including Belgium and France. This committee, composed of parliamentary representatives and several clerics, reviewed and finalized the text in the presence of plenipotentiary representatives of the government and subsequently transmitted it to the royal court. Ultimately, the first approved version of the Constitutional Constitution, consisting of 51 articles, received the signature of Mozaffar al-Din Shah on 8 Dey 1285 SH (30 December 1906). The Shah died only a few days later (Nava'i, 1326: 45).

The first Constitutional Constitution was incomplete due to the haste with which it had been drafted. It resembled an electoral charter more than a comprehensive constitution and failed to address many significant issues, including the rights of the nation, the limits of governmental authority, and the organization of the judicial system. For this reason, the Assembly appointed a commission to prepare a Supplementary Fundamental Law.

Drawing upon the constitutions of several European countries, particularly Belgium and France, this commission prepared the supplementary text. The drafting process extended over several months, and delays in its adoption generated public dissatisfaction and protests in several cities. Following the submission of the Supplementary Fundamental Law to the Assembly, opposition emerged from two directions. On the one hand, certain traditional clerics and proponents of the Sharia objected to principles such as equality of rights for all subjects of the state and the transfer of judicial adjudication to a modern judiciary. On the other hand, the royal court and the Shah himself opposed several provisions that limited royal prerogatives and strengthened governmental responsibility before the Assembly, thereby creating obstacles and delays in its adoption.

These disagreements impeded the approval of the Supplementary Fundamental Law and resulted in prolonged debates within the Assembly. Nevertheless, public pressure, market closures, the activities of popular associations, and the persistence of parliamentary representatives ultimately compelled the opponents to retreat. Finally, after extensive revisions and negotiations, the Supplementary Fundamental Law was approved by the Assembly and signed by the Shah in 1286 SH. This supplement constituted the most important component of the Constitutional Constitution, as it defined the rights of the nation, the limits of monarchical authority, the responsibility of ministers, and the structure of government (Nava'i, 1326: 45–47).

Following the promulgation of the Constitution and its Supplementary Fundamental Law, Mohammad Ali Shah adopted an entirely hostile and autocratic stance toward constitutionalism. He opposed the very principle of constitutional government and the limitation of royal authority and regarded the National Consultative Assembly as an obstacle to absolute monarchy. Consequently, together with other royalists and with the support of the conservative Tehran cleric Sheikh Fazlollah Nouri, he undertook measures against constitutionalism and constitutionalists. Ultimately, with the assistance of military forces and the support of Tsarist Russia and the Russian officer Liakhov, he ordered the bombardment of the National Consultative Assembly on 2 Tir 1287 SH. As a result, many constitutionalists were arrested, exiled, or executed.

However, his period of autocratic rule did not endure. The constitutionalists refused to surrender and launched uprisings in various cities. Ultimately, the Bakhtiari and Tabrizi constitutionalists, under the leadership of Sardar Asad Bakhtiari, Sattar Khan, and Bagher Khan, together with the constitutionalists of Gilan, marched toward Tehran. In Tir 1288 SH, they captured the capital, established the Supreme Assembly (Majles-e A'la), and deposed Mohammad Ali Shah. Thus, the period of Mohammad Ali Shah's autocratic rule came to an end (Abrahamian, 1377: 91).

3. The Constitutional Constitution as a Construct of Constraints, Actors' Interests, and Aggregative Processes

With the emergence of the revolutionary crisis and the victory of the Iranian Constitutional Revolution, the first Constitution and its Supplementary Law were drafted and adopted in 1285 and 1286 SH, and Iran joined the group of countries possessing a written constitution. This Constitution, which consists of two documents—the "Fundamental Regulations (Nizamnāmeh-ye Asasi)" and its Supplementary Law—is regarded as one of the most important and fundamental laws of Iran (Jalali, 1404: 39). Since this law symbolizes the end of absolute monarchy and the beginning of the rule of law and attention to the rights of the nation, the manner of its drafting, the identification of its drafters and their interests, as well as its aggregative processes, is essential.

The drafting and adoption of the Iranian Constitutional Constitution resulted from compromise and contestation among various guilds and social classes, each of which influenced the process according to its own interests. The drafting of the Iranian Constitutional Constitution was shaped within a process of constraints, the influence of forces (despots, clerics, and constitutionalists), and aggregative processes. Jon Elster, in part of his theory concerning the mechanisms of constitution-making, argues that the creation of a constitution requires making choices under constraints. According to him, in constitution-making one must consider both the goals of individual lawmakers and the mechanisms that transform these goals into collective choices. In other words, in the process of drafting a constitution, one must take into account constraints, individual motivations and interests, and aggregation systems (or decision-summing mechanisms). According to his perspective on constitution-making, if the Iranian Constitutional Constitution is analyzed, as previously stated, following the revolutionary crisis the Constitutional Decree was issued and it was decided that an assembly composed of representatives of various classes (Qajar princes, clerics, notables and aristocrats, landowners, merchants, and guilds) would be formed in the capital, Tehran (Nava'i, 1326: 161). Accordingly, elections were held and representatives of six classes—Qajar princes, notables and aristocrats, clerics and religious scholars, landowners and peasants, merchants, and guilds—were elected (Abrahamian, 1377: 79). Immediately thereafter, a committee composed of elected representatives was appointed to prepare the draft constitution (Nava'i, 1326: 45).

In drafting the Constitution, lawmakers were compelled to maintain a balance among different forces. On one side were the Shah, the court, supporters of absolutism, some clerics, and ultimately certain social traditions and religious considerations, which imposed constraints and limitations on constitution-making. On the other side were the aristocracy, some clerics and courtiers supporting constitutionalism, as well as constitutionalists and other social classes, each pursuing specific interests and freedoms. The third element consisted of decision-making mechanisms and aggregation processes, all of which were involved in the drafting of the Iranian Constitutional Constitution. Therefore, it can be stated that in the drafting of the Iranian Constitutional Constitution, as in other constitutions, there existed constraints and limitations, actors with specific interests, and mechanisms of decision aggregation, all of which must be examined.

3.1 Constraints and Limitations in Constitution-Making

One of Jon Elster's key concepts is the existence of constraints and limitations in constitution-making. In the drafting of the Iranian Constitution, such constraints also existed. The power of the Shah and the court, the opposition of certain clerics, the influence of foreign powers, social traditions, and internal divisions among constitutionalists all functioned as constraints, resulting in a Constitution that was a combination of modern ideas and traditional limitations.

Foremost among these constraints was the authority of the monarchy and the court. The Shah was unwilling to fully relinquish absolute power. The court sought to limit the powers of the Majles, and many court-affiliated elites opposed constitutional government. Mozaffar al-Din Shah and the Qajar court agreed to all three documents—the Constitutional Decree, the Electoral Law, and the Constitution itself—only on the condition that neither negotiations nor parliamentary resolutions would endanger the privileges of the Shah and the court (Amanat, 2018: 17–18).

During the Constitutional Revolution and even after the drafting of the Constitution, the term "constitutionalism" was used without a precise definition until only after the death of Mozaffar al-Din Shah and the accession of Mohammad Ali Shah on 28 Dhu al-Hijjah 1324 / 11 February 1907, when the Majles for the first time requested the Shah to acknowledge that Iran was a constitutional state. On the other hand, Mohammad Ali Shah himself was one of the opponents of constitution-making. After extensive negotiations, he amended the proposed decree by defining the term "Mashrutah" as "Constitution" (constitution), intending to prevent broader interpretations, including potentially republican interpretations of constitutionalism (see Tarikh-e Bidari-ye Dowom, pp. 82–85). Initially, he opposed many provisions of the Supplementary Fundamental Law and refused to sign it; ultimately, under pressure, the Supplementary Law was approved by the Majles (Nava'i, 1326: 47).

The second group imposing constraints were clerics supporting the Sharia, who considered liberal principles such as equality and freedom of the press to be contrary to Islamic law and demanded clerical supervision over parliamentary legislation. They regarded intervention in divine law as absolutely immutable and beyond the jurisdiction of the National Consultative Assembly (Nava'i, 1326: 47; see also Amanat, 2018: 17–18).

Another obstacle was the foreign powers, particularly Russia and Britain, which exerted significant influence over Iranian politics and supported anti-constitutional forces to prevent the emergence of an independent and strong government. Another constraint was the aristocratic and landowning class, which feared losing its privileges. Social and religious traditions of Iranian society also constituted another barrier. Iranian society remained largely traditional, and acceptance of modern concepts such as civil liberties, women's rights, and legal equality for various social groups was difficult and often resisted.

Another constraint was the lack of legal and political experience and the absence of a parliamentary tradition in Iran, which led to ambiguity in several constitutional provisions, resulting in reliance on foreign constitutional models, particularly those of France and Belgium (Ibid., 2018: 21–22).

Another constraint was internal disagreement among constitutionalists themselves. Constitutionalists were not a unified group and included Western-oriented intellectuals, constitutionalist clerics, merchants, and reformist aristocrats, each with different perspectives (Ibid., pp. 21–22).

3.2 Interests of Constitution Drafters

The drafters and supporters of the Iranian Constitutional Constitution formed a coalition of diverse forces with sometimes shared and sometimes conflicting interests and objectives. Therefore, the final text of the Constitution and its Supplementary Law represented a compromise among different groups with different interests. The most important actors with interests included the Qajar monarchy and the court, modernist intellectuals and bureaucrats, constitutionalist clerics, the legitimacy-oriented (Mashru'eh) current, and merchants and bazaar traders.

Modernist intellectuals and bureaucrats were a group of educated individuals familiar with the West who sought to establish a modern state, rule of law, limitation of royal power, and adoption of European parliamentary models. They regarded the Constitution as an instrument for state modernization and the end of despotism (Ibid., 2–8).

Constitutionalist clerics emphasized justice-seeking, restraining governmental oppression, opposing despotism, and preserving the religious legitimacy of governance (Ibid., 21–22).

The Mashru'eh movement consisted of clerics and individuals concerned with implementing Islamic Sharia and worried about the secularization of legislation and the influence of Western ideas on the Constitution. Therefore, they insisted on Sharia supervision over new laws, while also claiming a leadership role for the clergy within the new order (Ibid., 20–21).

Merchants and bazaar traders were among the most important financial and social supporters of the Constitutional movement. They were sincerely committed to constitutionalism, viewed the Majles as a consultative institution for judicial, financial, and administrative reforms, and sought further reduction of royal power and adoption of secular legislation. They pursued economic security, limitation of arbitrary taxation, contractual stability, and prevention of concessions to foreign powers (Ibid., 19).

The Qajar court, especially Mozaffar al-Din Shah, accepted the Constitution mainly to reduce political and social pressure; however, his successor Mohammad Ali Shah fundamentally sought the restoration of monarchy and opposed constitutional government and limitation of royal authority. He later made extensive efforts to dismantle the Constitution and the Majles (Amanat, 2018: 17–18).

3.3 Aggregative Process of the Constitution

Another issue in Jon Elster's theory of constitution-making concerns aggregative decision-making processes. Regarding the aggregative or decision-making process in the adoption of the Constitutional era Constitution, it must be stated that in the parliamentary law of the Constitutional period, the adoption of constitutional principles was based on the absolute majority of those present, not a relative majority. The proceedings of the First Majles repeatedly refer to the majority of votes of representatives (see Haghddar, 1402: 115).

Article 7 of the Constitution also explicitly states: the Assembly may begin deliberations with any number of members present, but for voting, the presence of more than half of the representatives is required; and a majority is achieved when more than half of those present vote in favor or against the issue. (Constitution of the Constitutional Monarchy of Iran, Fundamental Law, 1285) (Ghorbani, 2015, 5). Therefore, the aggregative process in the drafting and adoption of the Iranian Constitution was based on the majority vote of representatives present in the Assembly.

Conclusion

The process of drafting the Iranian Constitutional Constitution of 1285 SH should be understood not merely as a legal event, but as the outcome of a historical–structural crisis within the Qajar system. According to Jon Elster's theoretical framework, a constitution emerges when a prior political order is confronted with declining legitimacy and the accumulation of economic, social, and political crises. In late Qajar Iran, a set of factors such as military defeats against Russia, the failure of state reforms, economic crisis, the penetration of modern ideas, and the formation of new social classes provided the conditions for the gradual disintegration of the traditional order. Within this context, the Constitutional Revolution emerged as a collective response to a crisis of political authority, with its main objective being the establishment of the rule of law and the limitation of monarchical power. The issuance of the Constitutional Decree and the establishment of the National Consultative Assembly marked the beginning of the transition from absolute monarchy to a new legal order. The Constitution of 1906 and its Supplementary Law were products of this process, which for the first time regulated the structure of political power within a legal framework.

However, this Constitution was not the result of the will of a single actor; rather, it was the outcome of interaction and compromise among different social groups. Actors such as intellectuals, clerics, merchants, the court, and traditional currents each played a role in this process with divergent interests. Consequently, the Constitution became a combination of modern demands and traditional constraints.

Ultimately, it can be stated that the Iranian Constitution was the outcome of three fundamental factors: structural crises, conflicting interests of actors, and aggregative decision-making mechanisms within the Majles. Therefore, this Constitution was not merely a simple transition to modernity, but rather the product of a tense and crisis-driven process in which an attempt was made to establish a new political order based on legalism.

References

Abrahamian, Y. (1998). *Iran Between Two Revolutions* (translated by Ahmad Golmohammadi & Mohammad Ebrahim Fattahi). Tehran: Nashr-e Ney.

-Adamiyat, F. (1977). *The Idea of Progress and Constitutional Government: The Sepahsalar Era*. Tehran: Kharazmi Publications.

-A'zam Qodsi, M. H. (1963). *My Memoirs, or Illuminating the History of One Hundred Years*. Tehran: Ibn Sina Publications.

-Algar, H. (1990). *The Role of Progressive Clergy in the Constitutional Movement* (translated by Abolghasem Seri). Tehran: Toos Publications.

-Amanat, A. (1992/2018). *Constitutional Revolution: Intellectual Background*. In *Encyclopaedia Iranica*. Retrieved from Encyclopaedia Iranica.

-Barkhordari, A. (2022). A short history of liberalism in contemporary Iran. *Constitutional Political Economy*, 33, 200–216. https://doi.org/10.1007/s10602-021-09343-9

-British Minister. (1906). *Annual Report for 1905: Persia* (F.O. 371/Persia/1906/106). London: Foreign Office.

-Elster, J. (1995). Forces and mechanisms in the constitution-making process. *Duke Law Journal*, 45(2), 364–396.

-Foran, J. (1998). *Fragile Resistance: A History of Social Transformations in Iran from the Safavid Era to the Post-Revolutionary Years* (translated by Ahmad Tadayon). Tehran: Rasa Cultural Services Institute.

- Ghorbani, A. (2015). *The Constitution of Iran Ratified in 1906 (Iranian Constitutional Law)*. Khaneh Ketab Publications.

-Haqdar, A. A. (2023). *Detailed Proceedings of the First Parliament and Constitutional Institutions* (3rd ed.). No publisher.

-Iran. (1906). *Fundamental Law of the Constitutional Monarchy of Persia (Nezamnameh-ye Asasi)*. Tehran: National Consultative Assembly.

-Jalali, M., et al. (2025). Model-making in drafting the Constitution of the Constitutional Revolution: Model laws and the role of authors. *Journal of Public Law Research*, 26(86), 31–82. https://doi.org/10.22054/qjpl.2024.76378.2938

-Kermani, Nazem al-Islam. (1967). *History of the Awakening of Iranians* (Vol. 2). Tehran: Agahi Publications.

-Navai, A. (1947). A page from the history of the Iranian Constitutional Revolution. *Yadgar Magazine*, (No. 5), 35–47.

ECONOMIC SECURITY AND COUNTER-TERRORISM POLICIES IN THE EUROPEAN UNION

PhD Candidate Orlinda SINANAJ
University of Insurance and Finance, Sofia, Bulgaria
ORCID ID: 0009-0006-8592-8722

Romina SINANAJ
Municipality of Vlora, Albania
ORCID ID: 0009-0004-0746-151X

Abstract
The concept of economic security has progressively evolved into a core pillar of the European Union's strategic resilience architecture, particularly in response to the growing complexity of transnational terrorism, processes of digital radicalisation, and the deepening integration of global financial systems. In this transformed security environment, terrorism is no longer interpreted solely as a kinetic or physical threat, but rather as a multidimensional phenomenon with profound economic, financial, and institutional consequences.
This paper explores the nexus between economic security and counter-terrorism policymaking within the European Union, placing particular emphasis on the financial dimension of counter-terrorism frameworks. The study is grounded in a qualitative, document-based methodology, drawing on institutional evidence and analytical reports produced by Europol, the Financial Action Task Force (FATF), the European Banking Authority (EBA), Eurojust, and the European Commission.
The analysis indicates that the European Union has significantly advanced its Anti-Money Laundering and Countering the Financing of Terrorism (AML/CFT) regime through legislative harmonisation, institutional strengthening, and enhanced mechanisms of cross-border cooperation. Despite these achievements, the rapid emergence of digital financial instruments, including cryptocurrencies and decentralised financial ecosystems, continues to challenge existing regulatory and supervisory capacities.
The study concludes that the effectiveness of economic security within the EU increasingly depends on the sophistication of financial intelligence systems, the depth of inter-agency coordination, and the adaptability of regulatory frameworks to technological change. Consequently, counter-terrorism strategies must integrate both financial governance instruments and legal enforcement mechanisms in a coherent and adaptive policy structure.
Keywords: Economic Security; Counter-Terrorism; European Union; AML/CFT; Terrorist Financing; Europol; FATF; Financial Regulation

1. Introduction

In the context of the European Union, the understanding of security has undergone a significant conceptual expansion, moving beyond traditional military and geopolitical considerations to incorporate economic stability and financial resilience as fundamental components of overall security architecture. Contemporary security studies increasingly recognise that economic systems themselves may become targets, instruments, or transmission channels of hybrid threats.
Within this broadened framework, terrorism emerges as one of the most complex and adaptive security challenges. It operates through a combination of ideological motivations and financial infrastructures that are often fragmented, transnational, and difficult to trace. Funding streams may originate from both illicit activities and legitimate economic transactions, which further complicates detection and disruption efforts.
As a result, EU counter-terrorism policy has progressively shifted from a reactive model focused on physical prevention toward a preventive financial disruption model. This approach prioritises the identification of suspicious monetary flows, the strengthening of financial transparency, and the disruption of networks that facilitate terrorist financing. Institutions such as Europol, Eurojust, and the European Banking Authority provide essential support in coordinating intelligence exchange, legal cooperation, and regulatory enforcement across Member States.

2. Conceptual framework

2.1 Economic Security

Economic security can be defined as the capacity of a state or supranational entity to ensure the stability, resilience, and proper functioning of its financial systems, economic institutions, and market structures in the face of internal disruptions and external pressures. In the European context, this concept is closely linked to systemic financial stability, regulatory coherence, and institutional robustness.

2.2 Terrorist Financing

According to the Financial Action Task Force (FATF), terrorist financing refers to any act of collecting, providing, or transferring funds with the intention that they be used to support terrorist organisations or activities. A key distinction from money laundering lies in the fact that terrorist financing may involve legally obtained resources, which significantly increases the complexity of monitoring and prevention.

2.3 Institutional Framework

The European Union's counter-terrorism financial governance system is built upon a multi-level institutional structure, which includes:

- Europol as the central EU law enforcement coordination agency
- Eurojust as the judicial cooperation body supporting cross-border prosecution
- The European Banking Authority (EBA) responsible for regulatory supervision in the banking sector
- The Financial Action Task Force (FATF) as the global standard-setting body for AML/CFT
- The European Commission, which drives legislative development and policy coordination

3. Methodology

The research adopts a qualitative and interpretative methodological framework based on systematic document analysis. The empirical foundation of the study is derived from a wide range of institutional and policy-oriented sources.

The main materials analysed include:

- Europol Terrorism Situation and Trend Reports (TE-SAT) and EU strategic security documents
- FATF mutual evaluation reports and risk assessment frameworks
- European Banking Authority regulatory guidelines and supervisory documentation
- Eurojust annual reports on judicial cooperation in counter-terrorism cases
- Peer-reviewed academic literature focusing on financial crime, terrorism studies, and economic governance

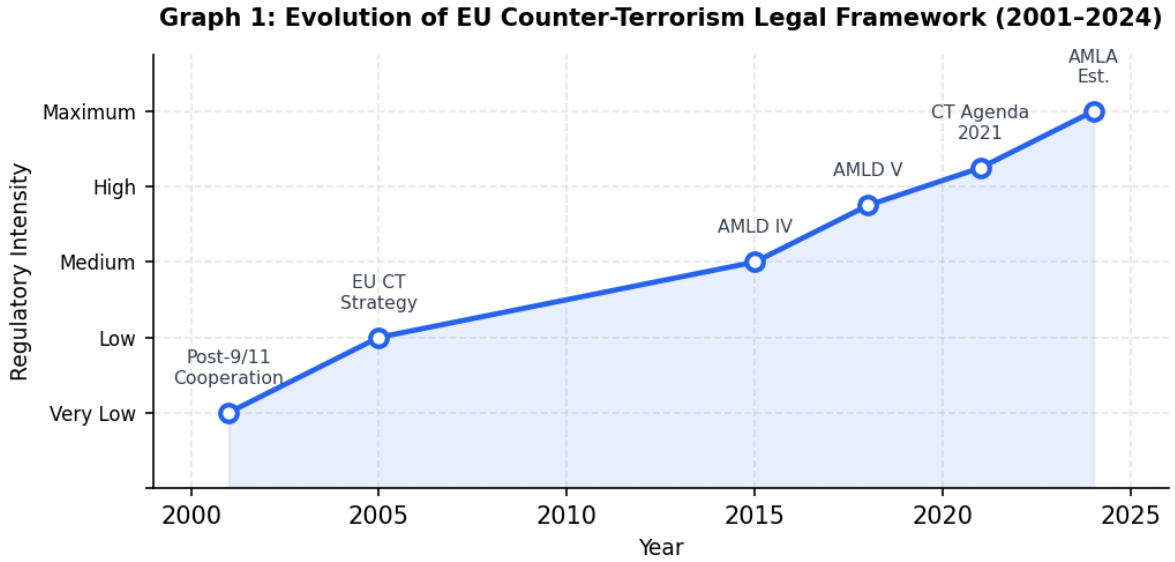
The methodological approach is primarily descriptive-analytical, aiming to interpret institutional developments, policy evolution, and regulatory responses rather than conducting quantitative modelling or statistical inference.

4. Counter-terrorism policies in the EU

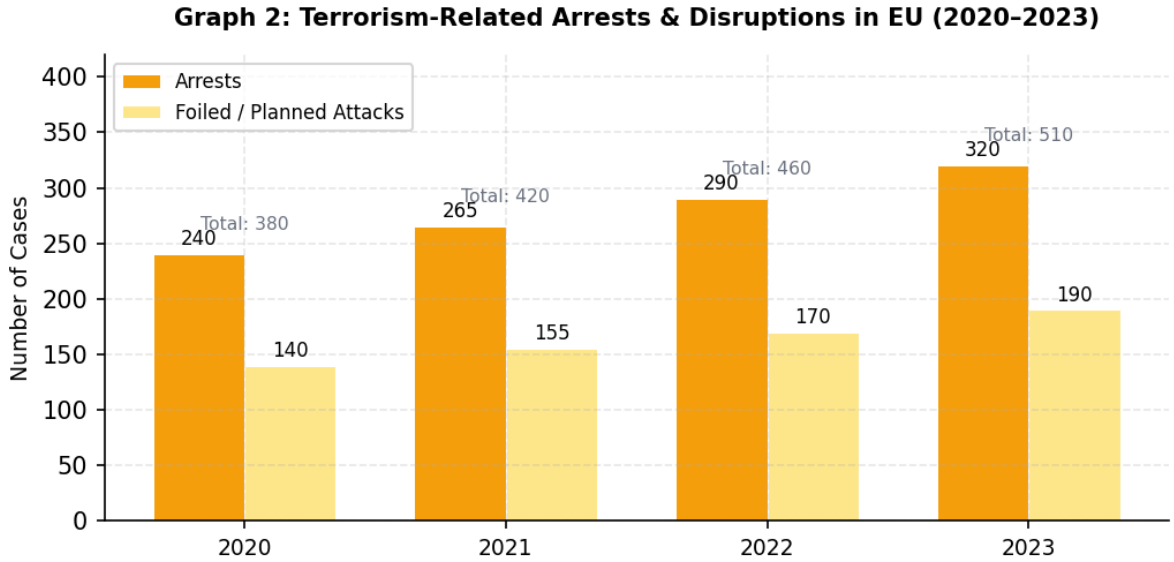
Over the past decades, the European Union has progressively constructed a comprehensive legal and institutional framework aimed at combating money laundering and preventing the financing of terrorism, while simultaneously reinforcing transparency and accountability within financial systems.

Key regulatory milestones include:

- Directive (EU) 2015/849 (Fourth Anti-Money Laundering Directive)
- Directive (EU) 2018/843 (Fifth Anti-Money Laundering Directive)
- The EU Counter-Terrorism Agenda adopted in 2021
- The establishment of the Anti-Money Laundering Authority (AMLA) in 2024



Empirical assessments published by Europol consistently indicate that terrorist-related activity, although varying across Member States, remains a persistent security concern. This reinforces the need for integrated financial intelligence systems and coordinated surveillance mechanisms at the European level.



5. Economic dimensions of terrorism

The economic impact of terrorism extends well beyond immediate physical destruction, generating long-term structural costs that affect multiple sectors of the economy. These impacts include:

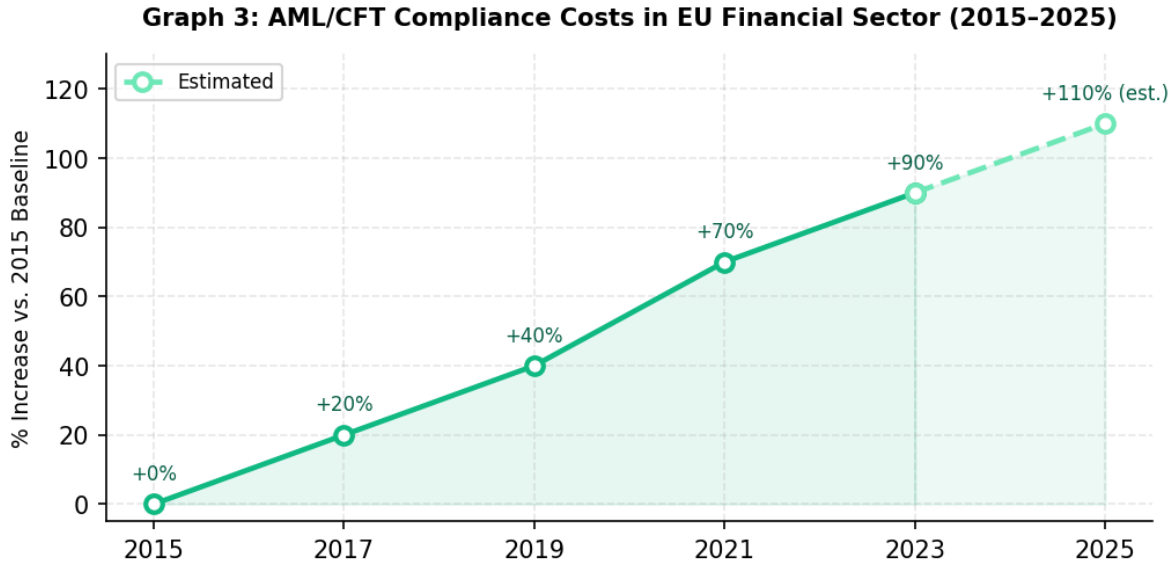
- Destruction and disruption of critical infrastructure
- Reduced investor confidence and increased risk perception
- Expansion of public expenditure on security and surveillance
- Rising compliance and regulatory costs for financial institutions

Table 1: Economic Impact of Terrorism by Sector

Sector	Type of Impact	Description
Banking	Indirect	Higher compliance costs, risk controls
Tourism	Direct/Indirect	Drop in visitors, reputational damage

Insurance	Financial loss	Claims from attacks and disruptions
Public Sector	Fiscal burden	Increased security spending

Financial institutions operating within the EU are required to implement increasingly sophisticated compliance mechanisms, including Know Your Customer (KYC) procedures, continuous transaction monitoring systems, and mandatory reporting of suspicious financial activity to relevant authorities.



6. Digital finance and emerging risks

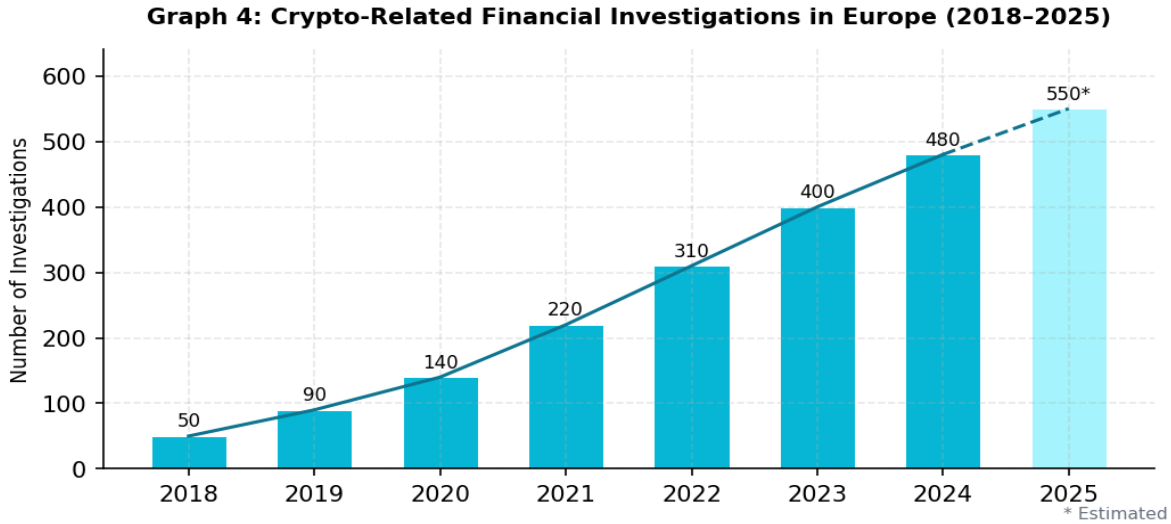
The rapid expansion of financial technology ecosystems has introduced a new layer of complexity to counter-terrorism financing frameworks within the European Union. In particular, digital financial instruments have created both opportunities for efficiency and vulnerabilities in regulatory oversight. Terrorist and criminal networks are increasingly observed to exploit:

- Cryptographic currencies and token-based assets
- Digital wallets and mobile payment applications
- Decentralised finance (DeFi) infrastructures
- Cross-border instantaneous payment systems

Table 2: Risk Levels of Emerging Financial Technologies in Terrorism Financing

Technology	Risk Level	Reason
Cryptocurrencies	**High**	Anonymity, cross-border transfers
Online wallets	**Medium**	Traceable but vulnerable
DeFi platforms	**High**	Lack of centralized control
Mobile payments	**Medium**	High usage, partial monitoring

Analytical reports from Europol and FATF highlight that features such as pseudonymity, decentralisation, and cross-border accessibility significantly complicate traditional financial surveillance and investigative techniques.



7. Institutional cooperation

The effectiveness of counter-terrorism financing policies in the European Union is strongly dependent on the level of coordination between supranational institutions, national authorities, and international regulatory bodies.

The primary stakeholders include:

- European Union institutions responsible for policy formulation and enforcement coordination
- National Financial Intelligence Units (FIUs) responsible for domestic monitoring
- International organisations responsible for global regulatory standardization

Table 3: Institutional Roles in AML/CFT Governance

Institution	Role
Europol	Intelligence coordination & analysis
Eurojust	Judicial cooperation in prosecutions
EBA	Banking supervision and guidelines
FIUs	National financial monitoring
FATF	Global AML/CFT standard setting

The Financial Action Task Force continues to function as the principal global standard-setting body in the field of anti-money laundering and counter-terrorism financing, exerting significant influence on EU legislative and regulatory frameworks.

8. Conclusion

Economic security and counter-terrorism policy within the European Union constitute increasingly interconnected domains of governance. Terrorism, in this context, should be understood not only as a direct security threat but also as a systemic economic risk capable of undermining financial stability, institutional trust, and long-term economic resilience.

While the European Union has achieved substantial progress in developing robust AML/CFT frameworks and strengthening inter-agency coordination mechanisms, the continuous evolution of digital financial technologies presents persistent regulatory challenges. These include the increasing use of decentralised financial infrastructures and crypto-based transaction systems.

Future policy development should therefore prioritise adaptive regulatory models that combine technological innovation with enhanced financial oversight capabilities, ensuring that the European economic system remains both resilient and secure in an increasingly complex threat environment.

References

Europol (2024). TE-SAT Report on Terrorism Trends in the EU
FATF (2025). Reports on Terrorist Financing Risks and Vulnerabilities
European Commission. EU Security Union Strategy Documentation
European Banking Authority (EBA). Supervisory and Regulatory Publications
Eurojust. Annual Reports on Judicial Cooperation in Criminal Matters
Financial Action Task Force (FATF). International AML/CFT Standards
Academic literature on economic security, terrorism financing, and financial regulation

INTEGRATION OF MEDICAL SCIENCE AND FORENSIC PRACTICES IN CRIMINAL INVESTIGATION AND JUSTICE DELIVERY IN INDIA

Dr. Bharti Nair Khan
Assistant Professor (Senior Scale) UPES, School of Law, Knowledge Acres, Kandoli, Dehradun-248007, Uttarakhand, India.
ORCID: 0000-0003-0994-0616.

ABSTRACT
Integration of medical science and forensic practice is crucial to modernizing criminal justice in India. This research paper examines statutory, judicial, and practical dimensions of medico-legal evidence. Methods include doctrinal analysis of statutes such as the Bharatiya Sakshya Adhiniyam 2023 (Evidence Code), Bharatiya Nagarik Suraksha Sanhita 2023 (CrPC), and Bharatiya Nagrik Suraksha Adhiniyam 2023 (Penal Code), systematic literature review, case-law synthesis, and empirical assessment. Key findings show that these reforms codify forensic protocols (e.g., expert testimony rules and mandatory crime-scene examination) while courts emphasize forensic evidence integrity. Despite this progress, significant gaps persist like under-resourced forensic labs, insufficient training of investigators and medical examiners, and frequent breaks in evidence chain-of-custody. Based on these findings, the paper recommends reforms such as legally codifying chain-of-custody safeguards, strengthening forensic lab capacity, improving interdisciplinary training and accreditation, protecting privacy in DNA/databank use, and reinforcing judicial gatekeeping of expert evidence.
Keywords: Forensic Evidence, Medical Jurisprudence, criminal justice reform, India, expert testimony, DNA profiling.

THE IMPACT OF CONSTRUCTION DEFECTS ON PUBLIC HEALTH: MEDICO-LEGAL AND CRIMINAL LAW PERSPECTIVES

PhD Candidate Mariana VATAMANITA
"Constantin Stere" University of European Political and Economic Science, Faculty of Law, Department of Law, Republic of Moldova
ORCID ID: 0009-0004-2949-4750

Abstract
Construction defects represent a significant threat to public health and safety, particularly when they affect residential buildings, hospitals, schools, and other public infrastructure. This article examines the relationship between construction deficiencies and their medico-legal and criminal law implications, with a focus on the Republic of Moldova. The research analyses how poor-quality construction materials, violations of technical standards, negligence in design and execution, and corruption in the construction sector may generate serious consequences for human health, including occupational injuries, chronic diseases, structural collapses, and fatalities.
The study highlights the interdisciplinary nature of the issue by integrating legal, medical, and criminological perspectives. Particular attention is paid to the role of forensic medicine in establishing causality between construction defects and bodily harm, as well as in assessing criminal liability for engineers, contractors, public officials, and other responsible persons. The paper also explores the legal framework governing construction safety, public health protection, and criminal accountability for violations related to unsafe or non-compliant buildings.
In addition, the article evaluates the effectiveness of existing regulatory and institutional mechanisms designed to prevent construction-related harm and protect public welfare. Comparative references to European Union standards and international best practices are included to identify legislative gaps and propose reforms for strengthening oversight and enforcement in the construction sector.
The findings demonstrate that construction defects should not be viewed solely as technical or administrative issues, but also as matters of public health and criminal justice. Strengthening preventive controls, transparency, and legal accountability is essential for ensuring safer construction practices and protecting human life and health.
Keywords: construction defects, public health, criminal liability, forensic medicine, construction safety.

INTRODUCTION

Construction activities constitute a key pillar in the process of socio-economic development, as they directly contribute to the expansion of infrastructure, urban modernization, and the improvement of living standards. At the same time, this sector is inherently exposed to considerable risks, particularly in situations where established technical regulations and safety requirements are not properly observed or are deliberately ignored.
When errors or deficiencies occur at any stage of the construction process whether during the design phase, the actual execution of works, or the subsequent technical supervision the consequences can be severe and far-reaching. Design flaws may result in structural imbalances that compromise the integrity and stability of buildings, making them vulnerable to partial or total collapse. Similarly, improper execution, such as the use of substandard materials or deviation from approved plans, significantly increases the likelihood of construction failures.
Moreover, insufficient or inadequate supervision exacerbates these risks by allowing violations of safety standards to go undetected or uncorrected. As a result, occupants and users of such buildings may be exposed to a wide range of dangers, including but not limited to structural instability, contact with hazardous or toxic construction materials, elevated fire risks due to faulty installations, and various environmental health threats such as poor ventilation, mold development, and air contamination. These conditions not only compromise physical safety but may also have long-term adverse effects on public health and overall well-being.
From the standpoint of public health, buildings that do not meet safety requirements have a direct and measurable impact on population health outcomes, as they contribute to increased rates of injury,

illness, and in severe cases, premature death. The presence of structural deficiencies or hazardous conditions within built environments elevates the overall burden of morbidity and mortality by exposing individuals to preventable risks on a continuous basis.

In addition to these physical health consequences, unsafe construction conditions also generate significant indirect effects, particularly in the psychological domain. Individuals living or working in such environments may experience chronic stress, anxiety, and a persistent sense of insecurity, all of which can gradually deteriorate mental well-being and diminish overall quality of life. Over time, these psychosocial pressures may become as impactful as the physical dangers themselves.

From a legal perspective, construction defects that lead to harm introduce complex issues of responsibility and accountability. Determining liability becomes particularly challenging in situations where injuries or damages arise due to negligence, lack of due diligence, or failure to comply with established construction norms and regulatory standards. In such cases, it is necessary to assess the extent to which various actors involved in the construction process such as designers, contractors, and supervisory authorities contributed to the occurrence of harm, thereby establishing the appropriate legal consequences under civil, administrative, or criminal law frameworks.

In the Republic of Moldova, the safety and quality of construction activities are governed by a structured regulatory framework that combines technical standards with mechanisms of legal responsibility. This system is designed to ensure compliance with building norms through multiple layers of control, including preventive oversight, quality assurance procedures, and post-construction evaluation.

Legal accountability in this field is multidimensional, encompassing civil, administrative, and criminal liability depending on the nature and severity of the violation. Civil liability generally arises in cases where construction defects result in material damage, requiring compensation for losses suffered by affected parties. Administrative liability is typically applied for breaches of regulatory requirements, such as failure to comply with licensing conditions, technical regulations, or inspection procedures.

Criminal liability, however, represents the most severe form of legal responsibility and is reserved for situations in which violations of construction standards lead to serious consequences. It becomes particularly relevant when defective execution of construction works creates a real danger to human life or results in significant bodily harm. In such cases, the law treats these actions not merely as regulatory infractions, but as offenses with serious social danger, warranting criminal sanctions against responsible individuals or entities involved in the design, execution, or supervision of the construction process.

CONSTRUCTION DEFFECTS AS A PUBLIC HEALTH RISK

Construction defects encompass a broad range of deficiencies and irregularities that may arise during the planning, design, execution, or maintenance phases of a building project. These defects can significantly compromise the safety, functionality, durability, and overall performance of a structure, creating risks not only for the integrity of the building itself but also for the health and safety of its occupants.

Among the most serious forms of construction defects are structural failures, which occur when critical load-bearing elements such as foundations, columns, beams, walls, or roofs are improperly designed, constructed, or maintained. Such failures can reduce the stability of a structure and, in extreme cases, lead to partial or complete collapse. Another common source of concern is the use of poor-quality or substandard construction materials that do not meet the required technical specifications. Inferior materials may deteriorate prematurely, weaken structural components, and significantly reduce the lifespan and reliability of a building.

Construction defects may also involve inadequate thermal or acoustic insulation, which can negatively affect indoor environmental quality and energy efficiency. Poor insulation often results in excessive heat loss, moisture accumulation, condensation, and mold growth, thereby creating conditions that may adversely affect the health and comfort of occupants. Furthermore, non-compliance with seismic design requirements represents a particularly significant risk in regions exposed to earthquake activity. Buildings that are not constructed in accordance with applicable seismic standards may be unable to withstand ground movements, increasing the likelihood of catastrophic structural damage and loss of life during seismic events.

Additionally, defects frequently arise from the improper installation of essential building systems, including electrical and gas networks. Faulty electrical installations may lead to short circuits, electrical

shocks, or fires, while incorrectly installed gas systems can result in leaks, explosions, or exposure to hazardous substances. Such deficiencies not only threaten the safety of building users but also pose substantial risks to neighboring properties and the wider community.

Consequently, construction defects should be viewed as multidimensional problems that extend beyond technical imperfections, as they have the potential to generate serious economic losses, environmental consequences, public health concerns, and legal liability for the parties responsible for the construction process.

These deficiencies and failures in construction quality can give rise to a wide spectrum of public health risks, affecting both the physical and psychological well-being of individuals who live, work, or spend time within the built environment. The consequences are often multifaceted and may manifest immediately following a construction-related incident or develop gradually over an extended period.

One of the most significant categories of risk involves traumatic injuries, which result from sudden structural failures or safety incidents. Defective buildings may experience partial or complete collapse, causing severe injuries or fatalities among occupants and nearby individuals. In addition, poorly secured construction elements, deteriorating facades, falling debris, and defective structural components can create hazardous conditions that expose people to serious physical harm. Faulty electrical installations, inadequate fire protection systems, and improperly designed escape routes further increase the likelihood of fire-related incidents, which can result in burns, smoke inhalation, and loss of life.

Construction deficiencies also generate important environmental health risks. Inadequate ventilation systems may contribute to poor indoor air quality by allowing the accumulation of pollutants, excessive humidity, and harmful microorganisms. These conditions often facilitate the growth of mold and fungi, which are known to adversely affect human health. Furthermore, the presence of toxic substances, hazardous construction materials, chemical emissions, or contaminated building components can expose occupants to dangerous environmental agents capable of producing both short-term and long-term health complications.

Beyond immediate hazards, defective construction may lead to various chronic health effects that emerge over time due to prolonged exposure to unhealthy indoor environments. Poor air quality, persistent dampness, and the presence of allergens can contribute to the development or aggravation of respiratory disorders, including asthma, bronchitis, and other pulmonary diseases. Individuals exposed to such conditions may also experience allergic reactions, weakened immune responses, and increased cardiovascular strain. Continuous exposure to environmental stressors within unsafe buildings can therefore significantly affect overall health and reduce life expectancy.

The consequences of unsafe construction are not limited to physical health. They also produce substantial psychological and emotional impacts on affected individuals. Living or working in buildings perceived as unsafe can create persistent feelings of anxiety, fear, and insecurity. Occupants may develop a diminished sense of personal safety and trust in their surroundings, which can negatively influence mental well-being. In cases involving serious accidents, structural failures, or prolonged exposure to hazardous conditions, individuals may experience chronic stress, sleep disturbances, and, in some instances, long-term psychological disorders associated with traumatic experiences.

Evidence from international studies consistently demonstrates that hazards associated with construction activities and defective built environments continue to represent one of the leading causes of occupational injuries, work-related illnesses, and fatalities worldwide. The construction sector remains particularly vulnerable due to the complexity of its operations, the involvement of multiple stakeholders, and the potentially severe consequences of non-compliance with safety standards. As a result, construction-related risks are widely recognized as a major public health concern, emphasizing the need for rigorous regulatory oversight, effective quality control mechanisms, and comprehensive safety management throughout all stages of the construction process (Ministerul Sănătății al Republicii Moldova, 2021).

Consequently, defective construction should not be regarded solely as a technical or engineering problem confined to issues of design, materials, or workmanship. Its implications extend far beyond the structural integrity of buildings, making it an important factor that directly and indirectly influences public health outcomes at the population level. The quality and safety of the built environment play a crucial role in shaping the conditions in which people live, work, study, and interact, thereby affecting both individual and collective well-being.

When construction defects compromise building safety, they create conditions that may increase the incidence of injuries, diseases, disabilities, and even premature deaths. Structural failures, exposure to hazardous materials, poor indoor environmental quality, inadequate ventilation, and fire-related dangers all have the potential to negatively affect human health. As a result, defective buildings can contribute to higher levels of morbidity and mortality within communities, placing additional pressure on healthcare systems and public resources.

Moreover, the impact of unsafe construction extends beyond physical health. Prolonged exposure to unhealthy or insecure living and working environments may generate psychological stress, anxiety, and a diminished sense of safety among occupants. These effects can adversely influence mental health, social well-being, and overall quality of life. In this context, the built environment becomes a significant social determinant of health, capable of either promoting or undermining the well-being of entire populations.

The broader societal consequences of construction defects also include economic losses, reduced productivity, increased healthcare expenditures, and the costs associated with repair, rehabilitation, and legal proceedings. Communities affected by unsafe buildings may experience disruptions to daily life, displacement of residents, and diminished confidence in public institutions responsible for ensuring construction safety and regulatory compliance.

Therefore, defective construction must be understood as a multidisciplinary issue situated at the intersection of engineering, public health, environmental protection, and law. Recognizing construction quality as a determinant of population health underscores the importance of preventive measures, rigorous regulatory oversight, effective quality control systems, and strict enforcement of safety standards. By ensuring that buildings are designed, constructed, and maintained in accordance with established technical and legal requirements, societies can protect human life and health while fostering safer and more sustainable living environments.

MEDICAL-LEGAL ASSESSMENT OF CONSTRUCTION-RELATED HARM

Medico-legal expertise occupies a fundamental position in the investigation and evaluation of injuries, illnesses, or fatalities resulting from construction defects and building failures. Whenever a construction-related incident leads to harm, forensic specialists are often called upon to provide objective scientific assessments that assist judicial authorities, regulatory bodies, and other stakeholders in establishing the facts surrounding the event. Through the application of medical, forensic, and scientific methodologies, medico-legal examinations help clarify the circumstances of the incident and provide essential evidence for determining legal responsibility.

One of the primary functions of forensic medicine in such cases is the establishment of a causal relationship between the construction defect and the resulting injury or death. This involves a detailed analysis of the circumstances surrounding the incident, including the nature of the structural failure, the sequence of events, and the medical consequences suffered by the victim. Forensic experts evaluate whether the injuries sustained can reasonably be attributed to the identified construction defect and whether the harm would likely have occurred in the absence of that defect. Establishing this causal connection is often a critical requirement in both civil and criminal proceedings.

Another important contribution of medico-legal expertise is the assessment of the nature and severity of bodily injuries sustained by affected individuals. Forensic specialists conduct comprehensive examinations to determine the extent of physical harm, classify injuries according to their seriousness, and evaluate any resulting disabilities or long-term health consequences. Such assessments are essential for determining the legal classification of the offense, calculating compensation, and evaluating the overall impact of the incident on the victim's health and quality of life.

Forensic medicine also plays a crucial role in distinguishing between accidental events and harm resulting from negligence or violations of safety standards. Construction-related injuries may arise from unavoidable accidents, unforeseen circumstances, or natural events; however, they may also result from failures to comply with technical regulations, inadequate supervision, improper use of materials, or other forms of professional negligence. Through scientific examination and reconstruction of the circumstances, medico-legal experts help identify whether the harm was merely accidental or whether it was linked to preventable human errors and breaches of legal obligations.

Furthermore, forensic investigations are essential for identifying and documenting exposure to harmful environmental factors associated with defective construction. Such factors may include toxic substances released from hazardous building materials, exposure to harmful chemicals, poor air quality caused by inadequate ventilation systems, mold contamination, or injuries resulting from structural collapse and falling debris. In these situations, forensic experts assess both the immediate and long-term health effects of exposure, providing valuable evidence regarding the extent of the damage suffered by affected individuals.

Beyond these specific functions, medico-legal expertise serves as a bridge between medical science, engineering analysis, and legal decision-making. The findings of forensic specialists frequently complement the work of structural engineers, architects, construction inspectors, and other technical experts involved in investigating construction failures. This interdisciplinary approach enables a more comprehensive understanding of the causes and consequences of construction-related incidents, thereby supporting fair judicial outcomes and enhancing accountability within the construction sector.

In practical terms, medico-legal evaluations constitute a crucial component of judicial and investigative proceedings arising from construction-related accidents and structural failures. Whenever an incident occurring within the construction sector results in injuries, fatalities, or significant harm to human health, courts and investigative authorities frequently rely on forensic medical expertise to obtain objective and scientifically grounded evidence regarding the nature, extent, and causes of the damage suffered by victims. Such evaluations provide an essential basis for understanding the medical consequences of the incident and for ensuring that legal decisions are supported by reliable expert findings.

The importance of medico-legal assessments becomes particularly evident when determining the liability of individuals and entities involved in the construction process. Construction projects typically involve multiple participants, including architects, engineers, contractors, subcontractors, technical supervisors, project managers, and regulatory authorities. In the event of an accident, it is often necessary to establish whether the injuries or deaths resulted from technical failures, inadequate supervision, non-compliance with safety regulations, professional negligence, or other breaches of legal and professional obligations. Medico-legal expertise assists in this process by clarifying the relationship between the harmful event and the injuries sustained, thereby helping investigators identify the parties whose actions or omissions may have contributed to the occurrence of the damage.

Furthermore, forensic medical evaluations are instrumental in assessing the severity of bodily injuries, determining the degree of incapacity suffered by victims, and evaluating whether the consequences are temporary, permanent, or life-threatening. These findings frequently influence the legal classification of offenses, the level of sanctions imposed, and the amount of compensation awarded to injured parties or their families. In cases involving fatalities, medico-legal examinations, including autopsies and forensic analyses, are often indispensable for establishing the precise cause and mechanism of death and for determining whether the fatal outcome was directly linked to the construction defect or safety violation under investigation.

In addition, medico-legal expertise contributes significantly to the reconstruction of accident scenarios. By combining medical findings with engineering reports, technical inspections, and other forms of evidence, forensic specialists help create a comprehensive picture of how the incident occurred and what factors contributed to its consequences. This interdisciplinary approach enables courts to better understand the sequence of events and to distinguish between unavoidable accidents and incidents resulting from negligence, recklessness, or intentional disregard of safety standards.

The role of medico-legal evaluations is equally important when assessing the responsibility of supervisory authorities and regulatory bodies. In certain cases, construction accidents may not be attributable solely to contractors or engineers but may also involve failures in inspection, monitoring, certification, or enforcement of technical regulations. Forensic findings can therefore serve as a critical element in determining whether public officials or supervisory institutions adequately fulfilled their legal duties to ensure construction safety and protect public welfare.

In cases related to defective construction, forensic experts are frequently confronted with complex methodological and practical difficulties when attempting to reconstruct the sequence of technical failures that led to the incident. Unlike more straightforward medical cases, construction-related events typically involve multifactorial causes, including design errors, material deficiencies, execution flaws,

and inadequate supervision, all of which may interact in ways that are difficult to isolate and analyse retrospectively.

As a result, determining the precise mechanism of failure often requires a detailed reconstruction of the entire construction process, including the original design documentation, compliance with technical standards, quality of materials used, and adherence to approved construction procedures. In many situations, critical evidence may be partially destroyed due to the collapse itself, post-incident emergency interventions, or the passage of time, further complicating the investigative process.

Given the technical complexity of such cases, forensic experts cannot operate in isolation. Effective analysis necessitates close interdisciplinary collaboration with specialists from other fields, particularly civil and structural engineers, construction inspectors, architects, and safety regulators. Civil engineers contribute essential expertise in understanding structural behaviour, load distribution, material resistance, and design principles, while construction inspectors provide valuable information regarding compliance with building codes, inspection records, and on-site practices during the construction process.

This cooperative approach allows for a more accurate and comprehensive reconstruction of the events that led to structural failure. By integrating medical findings with engineering analyses and inspection reports, experts are better able to identify the root causes of defects, determine the sequence of failures, and assess whether the incident resulted from human error, technical negligence, regulatory non-compliance, or a combination of these factors.

Moreover, interdisciplinary cooperation is essential for distinguishing between unavoidable structural failures caused by extraordinary circumstances and those resulting from preventable deficiencies in design, construction, or supervision. It also enhances the evidentiary value of forensic reports presented in judicial proceedings, ensuring that conclusions are based on a holistic evaluation of both medical and technical data.

Therefore, the reconstruction of construction failures in forensic practice represents a highly specialized and collaborative process, requiring the integration of knowledge from multiple disciplines to ensure accuracy, reliability, and legal relevance in determining responsibility and causation.

CRIMINAL LIABILITY FOR CONSTRUCTION DEFECTS

Criminal law is engaged in situations where construction defects are not merely the result of technical imperfections or accidental shortcomings, but stem from negligent behaviour or deliberate breaches of established safety regulations and construction standards. In such circumstances, the legal system recognizes that the conduct involved goes beyond civil wrongdoing or administrative non-compliance and reaches a level of social danger that justifies criminal liability.

This occurs particularly when failures in compliance with mandatory building norms, technical requirements, or professional duties create or significantly increase the risk to human life and physical integrity. Whether these violations arise from carelessness, lack of professional diligence, inadequate supervision, or intentional disregard of safety rules, the key element is the presence of fault that can be attributed to individuals or legal entities involved in the construction process.

When such defective actions or omissions lead to situations that endanger the health or safety of occupants, workers, or the general public, criminal law intervenes to sanction the responsible parties. The objective is not only to punish wrongful conduct but also to deter future violations and reinforce the importance of strict adherence to construction safety standards.

In this context, liability may extend to various actors within the construction sector, including designers, engineers, contractors, site managers, and supervisory personnel, depending on their specific role and degree of responsibility. The application of criminal law thus reflects the serious societal implications of construction safety breaches, particularly when human life and health are placed at significant risk.

In the Republic of Moldova, the regulatory and criminal justice framework contains distinct legal provisions that address the improper or defective execution of construction works. These norms are designed to ensure that construction activities are carried out in strict compliance with established technical standards, building codes, and safety requirements, thereby safeguarding both structural integrity and public safety.

Within this framework, the Criminal Code explicitly provides for criminal liability in situations where construction works are performed in violation of mandatory technical regulations.

Such violations are not treated as minor administrative infractions when they reach a level of seriousness that affects the safety of buildings or the well-being of individuals. Instead, they are considered socially dangerous acts that may attract criminal sanctions.

In particular, criminal liability arises when the execution of construction activities deviates from approved technical norms in a way that compromises the stability of structures or creates a real risk to human life and health. This includes situations where substandard construction practices, unauthorized modifications to design documentation, the use of inadequate materials, or failure to comply with safety requirements lead to conditions that may result in building failure or exposure of occupants to danger.

The legislative approach in the Republic of Moldova reflects the understanding that construction safety is not only a technical matter but also a matter of public interest and legal protection. By criminalizing serious violations in the construction process, the law aims to prevent hazardous practices, ensure accountability among professionals in the field, and protect individuals from the potentially severe consequences of defective construction.

In addition, the national legal framework governing construction quality provides that any failure to comply with mandatory technical regulations and building standards may trigger a range of legal consequences, depending on the severity and impact of the violation.

Such non-compliance can first result in criminal liability when the breach of technical norms is sufficiently serious to create or contribute to a danger to human life, health, or structural safety. In these cases, the conduct is treated as socially dangerous and subject to criminal prosecution, particularly where negligence or intentional disregard of safety rules can be established.

Secondly, less severe violations typically fall under the scope of administrative sanctions, which are applied by competent regulatory or supervisory authorities. These sanctions may include fines, suspension of construction activities, withdrawal of licenses, or other corrective measures aimed at ensuring compliance with construction standards and preventing further risks.

Finally, construction defects and regulatory breaches may also give rise to civil liability, particularly when they result in material damage, financial losses, or harm suffered by individuals or legal entities. In such situations, the responsible parties are legally obliged to provide compensation for the damages caused, including costs related to repair, reconstruction, or other forms of economic recovery.

Taken together, these layers of liability reflect a comprehensive legal approach designed to enforce discipline in the construction sector, ensure adherence to safety standards, and protect both individual rights and public interests (Ciochina, 2024).

Criminally relevant conduct in the field of construction typically encompasses a range of unlawful actions or omissions that violate established technical standards and compromise safety requirements during the planning and execution of building works. Such conduct is generally characterized by a breach of professional duties and regulatory obligations that are intended to ensure the structural integrity of buildings and the protection of human life and health.

One common form of such behaviour consists of unauthorized deviations from approved project documentation, where construction activities are carried out in a manner that differs from the officially sanctioned design plans without prior authorization from competent authorities. These deviations may significantly alter structural parameters and increase the risk of construction failure.

Another serious violation involves the use of substandard or non-compliant materials, where construction materials that do not meet required quality standards or technical specifications are intentionally or negligently incorporated into the building process. This practice can severely weaken structural stability and reduce the durability and safety of the construction.

Criminally relevant conduct may also include failure to comply with mandatory safety inspections, meaning that required checks, verifications, and approvals by supervisory authorities are either ignored or improperly conducted. This undermines the system of quality control designed to prevent defects and ensure compliance with construction norms.

In addition, liability may arise from the continuation of construction works despite an official suspension order, which occurs when building activities proceed even after competent authorities have legally halted the project due to identified risks or violations. Such conduct demonstrates a disregard for regulatory enforcement and significantly increases the potential for harm.

Furthermore, negligence in supervision and quality control represents another key category of criminally relevant behaviour. This includes failures by responsible professionals to adequately monitor

construction processes, ensure compliance with technical requirements, or intervene when irregularities are detected.

Regarding liability, responsibility may extend to various categories of participants involved in the construction process. These typically include site managers responsible for on-site coordination and safety, project designers who develop and approve technical plans, technical supervisors tasked with ensuring compliance during execution, as well as legal entities such as construction companies that organize and carry out the works. Each of these actors may bear criminal responsibility depending on their specific role, level of involvement, and degree of fault in the occurrence of construction defects and resulting harm.

THE SITUATION IN THE REPUBLIC OF MOLDOVA

The Republic of Moldova has established a relatively structured and comprehensive regulatory system aimed at ensuring construction safety and maintaining quality standards throughout all stages of the building process. This framework is designed to minimize risks associated with defective construction and to promote accountability among all actors involved in the sector.

A fundamental component of this system is the requirement for licensing and official authorization of construction activities. Before any construction project can be initiated, developers and contractors must obtain the necessary permits and approvals from competent state authorities. These procedures ensure that proposed works comply with urban planning regulations, technical norms, and safety requirements, thereby providing an initial layer of preventive control.

Another key element is the system of technical supervision carried out by authorized competent authorities and qualified professionals. Throughout the construction process, oversight mechanisms are in place to monitor compliance with approved standards, verify the quality of materials and workmanship, and ensure that construction activities are executed in accordance with legal and technical requirements. This supervision plays a critical role in identifying and correcting potential violations before they result in serious defects or hazards.

In addition, construction participants are legally bound by strict obligations to adhere to approved design documentation. This means that all works must be carried out in full conformity with the technical project, architectural plans, and engineering specifications that have been formally authorized. Any unauthorized modification or deviation from these documents is considered a breach of regulatory requirements and may lead to legal liability.

Finally, the system includes provisions for post-construction liability for defects, which ensures that responsibility does not end once a building is completed and commissioned. Developers, contractors, designers, and other responsible parties may still be held accountable if structural defects, safety issues, or other deficiencies are discovered after completion. This mechanism serves both a corrective and preventive function, encouraging higher standards of quality and long-term safety in construction practices.

However, despite the existence of a comprehensive legal and regulatory framework, the effective enforcement of construction safety standards continues to represent a significant practical challenge. Various reports and legal analyses suggest that violations of construction norms are not isolated occurrences but tend to arise at multiple and interconnected stages of the construction process, including the initial permitting phase, the actual execution of works, and the final inspection and acceptance of completed buildings.

At the permitting stage, irregularities may involve insufficient verification of project documentation or inadequate assessment of compliance with technical requirements. During the execution phase, common issues include deviations from approved designs, the use of non-compliant materials, and weak on-site supervision. Finally, at the stage of building acceptance, shortcomings in inspection procedures or formal approval processes may allow defective or unsafe structures to be officially commissioned.

Such deficiencies in institutional oversight and regulatory control can have serious consequences, as they may result in buildings being declared fit for use despite the presence of hidden or visible safety risks. In some cases, these shortcomings expose occupants and users to significant hazards, ranging from structural instability to long-term environmental and health risks.

These circumstances clearly demonstrate the existence of a persistent gap between the formal normative framework established by law and its actual implementation in practice. While the legal provisions are

designed to ensure high standards of construction safety, weaknesses in enforcement mechanisms, institutional capacity, and coordination among responsible authorities can undermine their effectiveness. This disparity highlights the need for stronger oversight, improved regulatory enforcement, and more rigorous compliance mechanisms within the construction sector (Logos Press, 2025).

The interaction between construction engineering, public health, and criminal law exposes a series of complex and interrelated challenges that complicate both the assessment of responsibility and the effective management of risks associated with defective construction. These difficulties arise from the inherently multidisciplinary nature of construction-related harm, which requires the integration of technical, medical, and legal perspectives.

One of the primary challenges is complex causality, which refers to the difficulty of establishing a clear and direct link between specific construction defects and resulting health outcomes. In many cases, multiple contributing factors are involved, making it hard to determine whether a particular structural flaw directly caused injury or illness, or whether it acted in combination with other environmental or individual risk factors.

Another important issue is delayed harm, where the adverse effects of construction defects do not manifest immediately but develop gradually over time. Conditions such as respiratory illnesses, allergic reactions, or other chronic health problems may emerge long after initial exposure, making it more difficult to trace them back to their original source within the construction environment.

A further complication lies in the translation between technical and legal domains, as judicial authorities must rely heavily on expert reports produced by engineers, forensic specialists, and medico-legal professionals. Courts are often required to interpret complex technical data in order to determine liability, which can create difficulties in ensuring consistent and accurate legal assessments.

In addition, institutional fragmentation represents a significant structural challenge, as oversight of construction safety is typically distributed among multiple authorities and regulatory bodies. This dispersion of responsibilities can lead to gaps in communication, inconsistencies in enforcement, and reduced overall effectiveness of monitoring systems.

Moreover, preventive deficiencies remain a critical concern, particularly in relation to the limited capacity to identify construction irregularities at an early stage. Weak inspection mechanisms or insufficient monitoring may allow defects to remain undetected until they result in serious consequences.

From a broader policy perspective, it is generally recognized that preventive approaches are more effective and economically efficient than reactive measures based on post-incident liability. This implies the need for strengthened inspection systems, improved coordination among responsible institutions, and the development of integrated risk management strategies aimed at identifying and addressing potential hazards before they result in harm.

CONCLUSION

Construction defects constitute a serious and multidimensional threat to public health, as their impact goes far beyond simple technical or engineering shortcomings. Such deficiencies in the construction process can directly or indirectly endanger human life and physical integrity, thereby entering the sphere of medico-legal evaluation and, in more severe cases, criminal liability. As a result, defective construction must be understood not only as a matter of structural or architectural failure but also as a significant public safety and legal concern.

In the context of the Republic of Moldova, the existing legal framework establishes various mechanisms intended to ensure accountability for violations in the construction sector. These include provisions for civil liability, administrative sanctions, and criminal responsibility in cases where non-compliance with technical standards leads to serious consequences. Despite the existence of these regulatory instruments, practical enforcement and effective prevention of construction defects remain persistent challenges. Gaps in oversight, inconsistent application of regulations, and limited institutional capacity can reduce the overall effectiveness of the system in preventing unsafe construction practices.

Addressing these issues requires a more integrated and coordinated approach among all relevant stakeholders involved in construction safety governance. Strengthening interdisciplinary cooperation between legal professionals, construction oversight authorities, and forensic experts is particularly

important, as it allows for a more comprehensive assessment of risks, causes, and consequences associated with construction defects. Such collaboration enhances both the accuracy of investigations and the effectiveness of judicial proceedings.

Furthermore, improving public safety in this domain depends on the implementation of more robust preventive strategies. These include enhanced regulatory frameworks, stricter and more consistent monitoring of compliance with construction standards, and the effective enforcement of legal sanctions in cases of violations. By reinforcing these mechanisms, it becomes possible to reduce the incidence of construction-related harm, protect public health more effectively, and ensure higher standards of safety and accountability within the construction sector.

REFERENCES

Ciochina, S. (2024).Analiza reglementărilor internaționale, standardele și practicile în domeniul executării construcțiilor prin prisma prevederilor art. 257 Cod Penal al Republicii Moldova. Statul de drept și reziliență economică în contextul aderării Republicii Moldova la Uniunea Europeană. Materialele conferinței științifico-practice internaționale, Chișinău, pp. 197-206.

Logos Press. (2025). Construction without rules [online] [Accessed on the date 25.05.2026]. Available: https://logos-pres.md/en/article/construction-without-rules/?utm_source

Ministerul Sănătății al Republicii Moldova. Ministerul Sănătății, Muncii și Protecției Sociale reiterează importanța respectării cerințelor de securitate și sănătate la locul de muncă, pentru a preveni accidentele de muncă. (2021) [online] [Accessed on the date 25.05.2026]. Available: https://ms.gov.md/comunicare/comunicate/ministerul-sanatatii-muncii-si-protectiei-sociale-reitereaza-importanta-respectarii-cerintelor-de-securitate-si-sanatate-la-locul-de-munca/?utm_source

ART THERAPY FOR ELDERLY PEOPLE - FROM VISUAL IMPACT OF UNIQUE ART-BIJOUX PIECES TO EDUCATION IN SELF-PRODUCING OF CROCHETED WIRES BASED JEWELLERY

YAŞLILAR İÇİN SANAT TERAPİSİ - EŞSİZ SANAT ESERLERİNİN GÖRSEL ETKİSİNDEN, TÜYLE ÖRGÜ TELİ TABANLI TAKILARIN KENDİ KENDİNE ÜRETİLMESİ KONUSUNDA EĞİTİME KADAR

Artist Florina Ravariu
Union of Professional Visual Artists of Romania, Bucharest, Romania,

Prof. Cristian Ravariu*
Education-Science-Art EduSciArt SRL, Bucharest, Romania
ORCİD: ID/0000-0002-1483-2583

Abstract
All statistics warn that in Europe, Asia and America, the number of elderly people will increase in the next decades. Among the major problems these people face is lack of activity, immediately accompanied by depression, anxiety, social isolation, and even negative physiological effects. Art-therapy is already a well-known direction, which can combat these symptoms. In this article, we propose the art of jewellery, as a practice or even a hobby, to capture their interest and pleasure in working on something according to their strengths. The first step would be to educate groups of elderly people with the art of jewellery [1], with the notion of unique jewellery, design jewellery, materials involved from the expensive to the most affordable. Even few people know that precious stones, such as sapphire, diamond and ruby, start from their extraction from mines, initially as minerals, then as semi-precious sapphires or semi-precious rubies or a rough diamond, and later, through sophisticated cutting and faceting processes, they acquire a brilliant aspect. But unique jewellery can also be made with precursor semiprecious stones, which offer the same hardness and consequently, the same sparkling shine, but at an affordable price. Knowing these ABCs of jewellery, we can move on to the 2nd stage of educating a group of people to create their own jewellery. In this article, we refer to the cheapest working tools, like a few pliers, and the most accessible technique to anyone: crocheting thin metal wires, as shown in Fig. 1, as few creations made by us.
Keywords: Crocheted wires, Jewellery art, Art-Therapy

Fig. 1. Different models of wires crocheted jewellery.

Özet
Tüm istatistikler, Avrupa, Asya ve Amerika'da yaşlı nüfusun önümüzdeki on yıllarda artacağı konusunda uyarıyor. Bu insanların karşılaştığı başlıca sorunlardan biri, hemen ardından depresyon, kaygı, sosyal izolasyon ve hatta olumsuz fizyolojik etkilerle birlikte gelen aktivite eksikliğidir. Sanat terapisi, bu semptomlarla mücadele edebilecek bilinen bir alandır. Bu makalede, yaşlıların ilgisini çekmek ve güçlü yönlerine göre bir şey üzerinde çalışmaktan zevk almalarını sağlamak için, bir uygulama veya hatta bir hobi olarak mücevher sanatını öneriyoruz. İlk adım, yaşlı grupları mücevher sanatı [1], benzersiz mücevher, tasarım mücevher, pahalıdan en uygun fiyatlıya kadar kullanılan malzemeler kavramıyla eğitmek olacaktır. Safir, elmas ve yakut gibi değerli taşların, başlangıçta mineral olarak, daha sonra yarı değerli safir veya yarı değerli yakut veya ham elmas olarak madenlerden

çıkarılmasıyla başladığını ve daha sonra sofistike kesme ve fasetleme işlemleriyle parlak bir görünüm kazandığını çok az insan biliyor. Ancak, aynı sertliği ve dolayısıyla aynı ışıltıyı sunan, ancak daha uygun fiyatlı öncü yarı değerli taşlarla da eşsiz mücevherler yapılabilir. Mücevher yapımının bu temellerini öğrendikten sonra, bir grup insanı kendi mücevherlerini yaratmaları için eğitmenin 2. aşamasına geçebiliriz. Bu yazıda, birkaç pense gibi en ucuz çalışma araçlarına ve herkesin kolayca erişebileceği tekniğe, Şekil 1'de gösterildiği gibi ince metal telleri tığla örme tekniğine, bizim tarafımızdan yapılan birkaç örnek olarak değineceğiz.
Anahtar kelimeler: Örgü teller, Takı sanatı, Sanat terapisi

INTERNATIONAL LEGAL STANDARDS AND NATIONAL REGULATIONS ON FORCED MARRIAGE

Milea DIANA
Dr. in law, "Constantin Stere" University of European Political and Economic Science, Faculty of Law, Department of Law, Republic of Moldova,
ORCID: 0009-0002-9557-5327

Marcel BOSCANEANU
"Stefan cel Mare" Academy of the Ministry of Internal Affairs, Chisinau, Republic of Moldova,
ORCID: 0000-0002-4776-9349,

ABSTRACT
This article examines the relationship between international legal standards and national regulatory frameworks governing forced marriage, with particular emphasis on the normative developments that occurred between 2022 and 2025 at the universal, regional, and domestic levels. Forced marriage, understood as any matrimonial union concluded without the free and full consent of one or both parties, constitutes a serious violation of fundamental human rights protected under Article 16(2) of the United Nations Universal Declaration of Human Rights, Article 23(3) of the International Covenant on Civil and Political Rights, and Article 16(1)(b) of the Convention on the Elimination of All Forms of Discrimination Against Women (CEDAW). Although these international instruments establish a comprehensive normative framework, the implementation of their provisions at the national level has remained inconsistent, generating significant disparities in victim protection and institutional response mechanisms.
The study analyzes the interaction between universal treaty obligations, the Council of Europe Istanbul Convention, and domestic criminal legislation, highlighting the role of the jurisprudence of the European Court of Human Rights in shaping state obligations concerning prevention, protection, and prosecution. Particular attention is devoted to recent reforms adopted in the Republic of Moldova following the entry into force of the Istanbul Convention in 2022. The article examines the legislative significance of Law No. 231/2024 and Law No. 252/2025, through which forced marriage was criminalized as a stand-alone offence and the legal framework on domestic violence was expanded to include digital and economic dimensions. Drawing on comparative European data and the requirements introduced by Directive (EU) 2024/1385, the article evaluates the challenges of effective implementation and proposes measures aimed at strengthening judicial practice, institutional cooperation, and victim protection mechanisms in Moldova.
Keywords: forced marriage, international legal standards, due diligence, coercive control, national regulations, gender-based violence.

SUMMARY
Forced marriage, understood as any union in which at least one party has not given free and full consent, occupies a distinctive position at the intersection of criminal law, international human rights obligations, family law, and cultural practice. Its persistence within the European legal space raises fundamental questions about the capacity of state institutions to subordinate entrenched social norms to the imperatives of individual rights protection. This article offers a systematic comparative analysis of the international legal standards governing forced marriage and their translation into national regulatory frameworks, with particular focus on developments between 2022 and 2025.
The article proceeds through four analytical stages. The introduction establishes the conceptual framework and situates forced marriage within the normative architecture of gender-based violence law. The research and findings section examines current legislation in selected European jurisdictions, with particular attention to Directive (EU) 2024/1385 and the reformed Moldovan framework as constituted by Law No. 231/2024 and Law No. 252/2025. The conclusion advances targeted recommendations for the consolidation of national implementation. The references document all primary legal instruments, judicial decisions, and academic sources relied upon.

The central argument is that the effectiveness of legislative responses to forced marriage depends not on the mere formal existence of criminal prohibitions but on their coherent integration within a broader institutional framework comprising adequate victim support infrastructure, trained professional actors across the justice, health, and social protection sectors, culturally competent community outreach, and reliable data collection systems. The normative progress represented by Law No. 252/2025 in the Republic of Moldova is significant; the task ahead is to build the institutional conditions for its effective application.

INTRODUCTION

Forced marriage constitutes one of the most severe violations of fundamental human rights recognized in contemporary international law. It denies the individual the most basic freedom in the intimate domain: the right to choose whether and whom to marry. The legal foundation for this prohibition was established by Article 16(2) of the Universal Declaration of Human Rights (1948), subsequently codified in Article 23(3) of the International Covenant on Civil and Political Rights (1966) and Article 16(1)(b) of CEDAW (1979). At the regional level, Article 12 of the European Convention on Human Rights guarantees the right to marry, which the European Court of Human Rights has interpreted as presupposing the absence of coercion.

The adoption of the Istanbul Convention in 2011 represented a qualitative advance by imposing binding obligations on ratifying states to criminalize forced marriage under Article 37. The subsequent adoption of Directive (EU) 2024/1385 of the European Parliament and of the Council of 14 May 2024, published in the Official Journal of the European Union on 24 May 2024 and entering into force on 13 June 2024, extends the obligation to all twenty-seven EU Member States with a transposition deadline of 14 June 2027. This is the first time EU law has directly required the criminalization of forced marriage as a stand-alone offence.

The Republic of Moldova ratified the Istanbul Convention on 31 January 2022, with entry into force on 1 May 2022. The GREVIO baseline evaluation report of November 2023 identified specific legislative gaps, and the Moldovan Parliament responded with Law No. 231/2024 and Law No. 252/2025. The latter constitutes a landmark development by introducing a specific criminal offence of forced marriage into the Criminal Code for the first time in Moldovan legal history.

This article situates these reforms within their international normative context, evaluates their substantive content against comparative European models, and identifies the institutional and procedural prerequisites for their effective implementation. The analysis is grounded in primary legal instruments, ECHR jurisprudence, GREVIO evaluation reports, and the 2024 La Strada International comparative research across 38 European countries.

RESEARCH AND FINDINGS

I. Conceptual Framework: Forced Marriage and Coercive Control

The definitional boundary between forced and arranged marriage is foundational to legislative design. Arranged marriages, in which families participate in spouse selection while both parties retain a genuine right of refusal, fall outside the scope of legal prohibition. The legally relevant criterion is the presence or absence of free, full, and informed consent. Forced marriage encompasses compulsion through physical violence, threats, psychological pressure, emotional manipulation, deception, economic coercion, and exploitation of authority or dependence.

The concept of coercive control, now incorporated into legislative definitions of domestic violence across European jurisdictions, is directly relevant to forced marriage. It encompasses isolation from support networks, economic deprivation, digital surveillance, threats, and manipulation of cultural norms to enforce compliance. The Istanbul Convention addresses this in Article 33, requiring states to criminalize psychological violence as a distinct category of harmful conduct. GREVIO has consistently recommended that domestic legislation adopt the coercive control framework rather than confining protection to discrete acts of physical violence.

II. The Supranational Normative Framework

The Istanbul Convention, ratified by forty-six states as of 2025, requires under Article 37 the criminalization of compelling a person to enter a marriage and of luring a person abroad for this purpose.

Article 39 addresses related coercive reproductive practices. Articles 18 to 28 impose positive obligations to establish specialist support services, emergency barring orders, risk assessment protocols, and mandatory reporting mechanisms for professionals working with at-risk populations.

Directive (EU) 2024/1385, adopted on 14 May 2024, constitutes the first exercise of EU competence under Articles 82(2) and 83(1) TFEU to harmonize criminal law on gender-based violence. Article 4 defines forced marriage and requires Member States to ensure it is punishable by a maximum custodial sentence of at least three years under Article 10, with aggravated penalties where the victim is a child or where particularly serious coercion is employed. The Directive's Recital 11 explicitly requires states to complement criminalization with health services, forensic examination, and psychological support. Member States must transpose the Directive by 14 June 2027.

La Strada International's 2024 comparative research across 38 European countries confirmed that prior to the Directive's adoption, only 20 states had enacted stand-alone criminal offences for forced marriage, 9 addressed it implicitly through general coercion provisions, 5 relied on anti-trafficking frameworks, and 4 combined approaches. The Directive therefore requires substantial legislative action from a majority of Member States.

III. Comparative National Legislative Models

The United Kingdom operates the most developed institutional model in Europe. The Marriage and Civil Partnership (Minimum Age) Act 2022, entering into force on 27 February 2023, eliminated all exceptions to the minimum marriage age of 18 in England and Wales and expanded the criminal offence of forced marriage to cover any conduct aimed at causing a person under 18 to marry, regardless of explicit coercion. According to the official Forced Marriage Unit statistics published on 3 July 2025, the Unit received 812 contacts in 2024, comprising 229 forced marriage cases in which active advice and support were provided, 11 FGM cases, and 572 forced marriage enquiries, confirming the sustained operational scale of the phenomenon. Forced Marriage Protection Orders under the Family Law Act 1996 provide a complementary civil remedy enabling courts to issue tailored protective orders.

Germany's approach is anchored in paragraph 237 of the Strafgesetzbuch, criminalizing forced marriage with penalties of up to five years of imprisonment and aggravated sanctions for offences against minors. The GREVIO evaluation of Germany (2022) identified practical challenges in meeting evidentiary thresholds in cases where coercion operated through psychological pressure rather than physical force. Belgium enacted Article 391sexies of the Penal Code in 2006, distinctively criminalizing attempted forced marriage and addressing the specific vulnerability of persons with disabilities. Sweden combines a specific offence under Chapter 4, section 4c of the Brottsbalken with specialized centers providing support to persons at risk of honor-based violence and forced marriage and mandatory professional training programs. Finland continues to address forced marriage through anti-trafficking provisions, an approach currently under legislative review in preparation for transposing Directive (EU) 2024/1385.

IV. The Reformed Legislative Framework of the Republic of Moldova

Prior to the 2024 and 2025 reforms, the Moldovan framework rested on the Criminal Code (Law No. 985/2002), the Law on Preventing and Combating Violence Against Women and Domestic Violence (Law No. 45/2007, as amended), and the Family Code (Law No. 1316/2000). While these instruments addressed domestic violence and general coercion, the GREVIO baseline evaluation of November 2023 confirmed that no specific forced marriage offence existed.

Law No. 231/2024 represented the first legislative phase of alignment with Istanbul Convention requirements. The law introduced femicide into Moldovan statutory law as a distinct category requiring specific prosecutorial and statistical attention, and broadened the definition of psychological violence to encompass conduct carried out through electronic means, directly addressing the growing use of digital channels in coercive control.

Law No. 252/2025 constitutes the most directly relevant development. It introduced a specific criminal offence of forced marriage into the Criminal Code, defining prohibited conduct as any act compelling a person to enter or remain in a marriage or cohabitation relationship through violence, threats, deception, or exploitation of a position of authority or dependence. The inclusion of compulsion to remain in a marriage recognizes forced marriage as an ongoing condition rather than a discrete founding

act. The reference to cohabitation relationships alongside formal marriage ensures protection extends to unregistered unions, particularly prevalent in Roma communities. The same law criminalized stalking including digital stalking, extended domestic violence definitions to encompass economic and digital dimensions, strengthened sanctions for sexual harassment, extended emergency restraining order duration from 10 to 20 days, and extended protection order duration from 3 to 6 months.

V. ECHR Jurisprudence and State Obligations

In Opuz v. Turkey (Application No. 33401/02, 2009), the Court held that Turkey's failure to protect the applicant from sustained domestic violence violated Articles 2, 3, and 14. The due diligence standard requires states to take reasonable preventive measures, effectively investigate harm, and provide adequate remedies. Talpis v. Italy (Application No. 41237/14, 2017) established that the obligation is substantive, not merely procedural: formal mechanisms must generate genuine protective outcomes. Kurt v. Austria (Application No. 62903/15, Grand Chamber, 2021) refined the standard by requiring proactive operational responses once an immediate risk to an identified individual is known, engaging Article 2 responsibility even without a prior established violation.

These judgments directly govern the implementation of Law No. 252/2025 in Moldova. The existence of a criminal provision satisfies the formal dimension of the due diligence obligation; the operational dimension requires that police, prosecutors, and social services identify risks proactively and respond with the urgency the ECHR framework demands.

VI. Implementation Challenges

The delayed disclosure characteristic of forced marriage cases across all jurisdictions means that most cases will reach authorities long after the initial coercion, when acute physical evidence has dissipated. Moldovan prosecutors and judges will need to develop familiarity with coercive control evidence standards, psychological expert testimony, and behavioral pattern analysis rather than requiring proof of isolated physical acts.

The intersection of forced marriage with Roma community practices in Moldova requires culturally competent outreach and engagement rather than purely punitive responses. The 2025 UN Human Rights Committee review of Moldova confirmed that Roma girls and women remain disproportionately exposed to early and coercive matrimonial practices and called for targeted protective measures combining enforcement with community engagement and educational investment.

The Council of Europe project supporting Istanbul Convention implementation in Moldova for the period 2025 to 2028 provides a structural framework for professional capacity building across the police, prosecution, judiciary, social protection, and health sectors. Its effectiveness depends on adequate national co-financing and institutional commitment to translating training outputs into changed professional practice.

CONCLUSION

The legislative trajectory examined in this article reflects a convergent European commitment to the criminalization of forced marriage as a fundamental human rights obligation. Directive (EU) 2024/1385 has established a binding Union-wide obligation by June 2027, and the Republic of Moldova, through Law No. 231/2024 and Law No. 252/2025, has demonstrated legislative responsiveness to its Istanbul Convention obligations that positions it ahead of many EU Member States in the formal transposition of those requirements.

Effective implementation requires the adoption of national judicial guidelines on interpreting the new forced marriage offence, drawing on ECHR jurisprudence and the comparative models examined in this article. It requires the development of formal inter-institutional cooperation protocols between prosecution, law enforcement, social protection, health institutions, and civil society organizations. It requires systematic professional training for all categories of actors involved in identification, investigation, and victim support. And it requires sustained state funding for specialized civil society organizations that serve as trusted first points of contact for victims.

The ECHR standard, confirmed from Opuz through to Kurt v. Austria, is substantive: states must demonstrate that their institutional systems generate genuine protective outcomes, not merely that formal legal provisions exist.

The adoption of Law No. 252/2025 fulfills the normative dimension of this obligation. The challenge ahead for Moldova is to build the operational institutional capacity that will make its normative achievement real in the lives of the women and girls it is designed to protect.

REFERENCES

Belgium. Penal Code, Article 391sexies, introduced by the Law of 25 April 2007 and subsequently amended.

Council of Europe. (2011). Convention on preventing and combating violence against women and domestic violence (Istanbul Convention). CETS No. 210. Strasbourg: Council of Europe.

Council of Europe, GREVIO. (2022). Baseline evaluation report: Germany. Strasbourg: Council of Europe.

Council of Europe, GREVIO. (2023). Baseline evaluation report: Republic of Moldova. Strasbourg: Council of Europe.

Council of Europe. (2025). Supporting the implementation of the Istanbul Convention in the Republic of Moldova, Phase II (2025–2028). Strasbourg: Council of Europe Office in Chisinau.

Criminal Code of the Republic of Moldova No. 985 of 18 April 2002, with amendments including Law No. 252/2025.

European Court of Human Rights. (2009). Opuz v. Turkey, Application No. 33401/02. Strasbourg.

European Court of Human Rights. (2017). Talpis v. Italy, Application No. 41237/14. Strasbourg.

European Court of Human Rights. (2021). Kurt v. Austria, Application No. 62903/15, Grand Chamber. Strasbourg.

European Parliament and Council of the European Union. (2024). Directive (EU) 2024/1385 of 14 May 2024 on combating violence against women and domestic violence. Official Journal of the European Union, L 2024/1385, 24 May 2024.

Family Code of the Republic of Moldova No. 1316 of 26 October 2000, with subsequent amendments.

Germany. Strafgesetzbuch, Section 237 (Zwangsheirat), as last amended.

La Strada International and IMPACT. (2024). Comparative analysis of the legal and policy landscape on forced marriage across Europe. Amsterdam: La Strada International.

Law of the Republic of Moldova No. 231/2024 on amending legislative acts regarding the prevention and combating of violence against women and domestic violence.

Law of the Republic of Moldova No. 252/2025 on amending the Criminal Code and certain other legislative acts.

Law of the Republic of Moldova No. 45 of 1 March 2007 on the prevention and combating of domestic violence, as amended.

Sweden. Brottsbalken, Chapter 4, Section 4c, as amended by SFS 2014:381.

United Kingdom. Marriage and Civil Partnership (Minimum Age) Act 2022, c. 28.

United Kingdom. Anti-social Behaviour, Crime and Policing Act 2014, c. 12, s. 121.

United Kingdom, Home Office and Foreign, Commonwealth and Development Office. (2024). Forced Marriage Unit statistics 2024, published 3 July 2025. London: HM Government.

United Nations. (1948). Universal Declaration of Human Rights. Resolution 217A (III). New York: United Nations.

United Nations. (1966). International Covenant on Civil and Political Rights. Treaty Series, vol. 999. New York: United Nations.

United Nations. (1979). Convention on the elimination of all forms of discrimination against women (CEDAW). Treaty Series, vol. 1249. New York: United Nations.

United Nations Human Rights Council. (2023). Resolution on child, early and forced marriage (sixth resolution). Geneva: OHCHR.

United Nations Human Rights Committee. (2026). Dialogue with the Republic of Moldova, March 2026. Geneva: United Nations.

World Health Organization. (2024). Responding to intimate partner violence and sexual violence against women: WHO clinical and policy guidelines. 2024 edition. Geneva: WHO.

FORCED MARRIAGE AND ITS IMPACT ON WOMEN'S MENTAL AND PHYSICAL HEALTH

Milea DIANA
Dr. in law, "Constantin Stere" University of European Political and Economic Science, Faculty of Law, Department of Law, Republic of Moldova,
ORCID: 0009-0002-9557-5327,

ABSTRACT
This article examines the documented impact of forced marriage on the mental and physical health of women and girls, situating these consequences within the broader framework of gender-based violence and contemporary international human rights obligations. Forced marriage, defined as a union concluded without the free and full consent of one or both parties, is recognized by the World Health Organization as a form of gender-based violence that produces severe and long-term harm across multiple health domains. Existing research demonstrates that victims frequently experience chronic pain, reproductive and gynaecological complications, sexually transmitted infections, malnutrition linked to economic dependence, and injuries associated with intimate partner violence. The risks are particularly acute for girls married before the age of eighteen, for whom early pregnancy significantly increases the likelihood of maternal mortality, obstetric fistula, and neonatal death, as emphasized in reports of the United Nations Population Fund and the resolutions of the United Nations Human Rights Council.
The article further analyzes the psychological consequences of forced marriage, including post-traumatic stress disorder, depression, anxiety, complex trauma, and suicidal ideation, generated primarily through coercive control and sustained psychological abuse. Particular attention is devoted to the normative evolution produced by Directive (EU) 2024/1385 and recent reforms in the Republic of Moldova, including Law No. 231/2024 and Law No. 252/2025, which expanded the legal framework concerning psychological violence and criminalized forced marriage as a stand-alone offence. Drawing on comparative research from the United Kingdom, Sweden, and Germany, as well as findings published by La Strada International, the study concludes that effective victim protection requires not only criminal law reform but also the systematic integration of healthcare institutions, trauma-informed services, and interdisciplinary support mechanisms into national prevention and protection strategies.
Keywords: forced marriage, mental health, physical health, gender-based violence, coercive control.

SUMMARY
Forced marriage generates harm that is simultaneously legal, social, and medical. While the legal dimension has attracted growing normative attention, the public health consequences of forced marriage remain insufficiently integrated into legislative design and institutional practice across European legal systems. Women and girls subjected to coercive unions suffer physical, reproductive, psychological, and social health damage that is both acute and chronic, individually debilitating and socially costly. Effective state responses to forced marriage must therefore integrate health system actors into the institutional frameworks established by criminal and civil law.
This article proceeds through four analytical stages. The introduction establishes the conceptual and normative framework, situating forced marriage within the continuum of gender-based violence and reviewing the current state of international and European law. The research and findings section examines the documented health consequences of forced marriage drawing on WHO clinical evidence, GREVIO findings, and comparative health system models in the United Kingdom, Sweden, Germany, and the Republic of Moldova. The conclusion advances targeted recommendations for the integration of health sector responses into the legal frameworks established by Law No. 252/2025 and Directive (EU) 2024/1385. The references document all sources relied upon.
The central argument is that criminalization of forced marriage, while necessary and welcome, is insufficient to protect the health of victims. The research demonstrates that health professionals are frequently among the first institutional actors to encounter victims, yet most European jurisdictions lack formal protocols requiring or guiding health system identification and referral in forced marriage cases. Addressing this gap is a legal and public health imperative of the first order.

INTRODUCTION

Forced marriage occupies a distinctive position at the intersection of law and medicine. It is simultaneously a criminal act, a human rights violation, a family law matter, and a public health emergency. The legal response to forced marriage has advanced substantially in recent years, most notably through the adoption of Directive (EU) 2024/1385 and the Moldovan Law No. 252/2025. However, the health dimensions of forced marriage have received comparatively limited attention in legislative design, leaving a significant gap between the comprehensiveness of the normative framework and the breadth of the institutional response it requires.

The World Health Organization defines forced marriage as falling within the spectrum of gender-based violence, which it estimates affects one in three women globally during their lifetime. The 2024 edition of the WHO clinical and policy guidelines on responding to intimate partner violence and sexual violence against women identifies forced marriage as a specific context generating multi-domain health harm requiring coordinated health system responses. The guidelines call on states to ensure that health professionals in primary care, emergency medicine, obstetrics and gynaecology, and mental health services are trained to recognize indicators of forced marriage and to initiate structured referral processes.

The legal framework governing state obligations in relation to forced marriage has been progressively strengthened. Article 37 of the Istanbul Convention, in force in Moldova since 1 May 2022, requires criminalization of forced marriage. Article 33 requires criminalization of psychological violence including coercive control. Recital 11 of Directive (EU) 2024/1385 explicitly requires states to ensure access to health and forensic services as components of victim protection. These provisions establish a legal basis for the integration of health system actors into forced marriage response that national implementing legislation and institutional protocols must now translate into operational reality.

In Moldova, the GREVIO baseline evaluation of November 2023 specifically identified the insufficient integration of health sector responses as a gap in compliance with Istanbul Convention requirements. Law No. 231/2024 and Law No. 252/2025 have addressed the normative dimension of this gap; the institutional dimension requires dedicated policy attention during the implementation period of the Council of Europe support project running from 2025 to 2028.

RESEARCH AND FINDINGS

I. Physical Health Consequences of Forced Marriage

The physical health consequences of forced marriage are extensive and well-documented in clinical literature. Women in coercive unions are at significantly elevated risk of intimate partner violence, with the WHO reporting that women subjected to partner violence are 1.5 times more likely to have sexually transmitted infections including HIV, twice as likely to experience depression, and significantly more likely to have unintended pregnancies than women in non-violent relationships. Early forced marriage, particularly for girls below the age of eighteen, generates specific obstetric risks. The UNFPA reports that complications from pregnancy and childbirth are the leading cause of death for girls aged 15 to 19 globally, with girls under 18 at substantially higher risk of obstetric fistula, a disabling condition caused by prolonged obstructed labor that is almost entirely preventable with timely medical care in adult pregnancies.

Physical health consequences also include the direct sequelae of intimate partner violence, which is significantly more prevalent within coercive unions. These include fractures, traumatic brain injuries, hearing loss from repeated blows to the head, strangulation injuries with long-term neurological consequences, and dental trauma. Research published in the Lancet in 2021 documented that women subjected to intimate partner violence are at significantly elevated risk of chronic pain syndromes, including fibromyalgia and irritable bowel syndrome, whose etiology is partly rooted in the chronic physiological stress response generated by sustained coercive control. Malnutrition is a further physical health consequence in cases where economic coercion includes control over access to food or financial resources necessary to purchase adequate nutrition.

II. Psychological and Mental Health Consequences

The psychological consequences of forced marriage constitute a distinct and severe health burden. Clinical research consistently identifies post-traumatic stress disorder as the most prevalent mental

health condition among forced marriage victims, with rates reported in specialized clinical populations significantly exceeding those observed in the general population. Complex post-traumatic stress disorder, characterized by disturbances in self-organization including affect dysregulation, negative self-concept, and relational difficulties, is particularly prevalent in victims who were subjected to prolonged coercive control rather than a single discrete traumatic event, reflecting the nature of forced marriage as an ongoing condition rather than an isolated incident.

Major depressive disorder and generalized anxiety disorder are also significantly elevated in forced marriage victim populations. Research from the United Kingdom, where the Forced Marriage Unit has maintained consistent clinical data collection since 2009, documents that a substantial proportion of individuals seeking Forced Marriage Protection Orders present with clinical levels of depression and anxiety that require concurrent mental health intervention alongside legal protection. Suicidal ideation and suicide attempts are documented at elevated rates in forced marriage victims, particularly among young women for whom the intersection of cultural pressure, family estrangement, and legal complexity creates conditions of acute psychological crisis.

The mechanism of psychological harm operates primarily through coercive control, defined by the Council of Europe in the Istanbul Convention explanatory report as a pattern of behavior involving the use of physical or sexual violence, threats, surveillance, isolation, and humiliation to dominate and control a victim. Research by Stark (2007) and Johnson (2008), whose frameworks have been adopted in legislative and prosecutorial guidance across several European jurisdictions, demonstrates that the psychological harm generated by coercive control patterns is often more severe and more durable than that generated by isolated physical violence, because it attacks the victim's sense of autonomy, identity, and social connection rather than merely their physical integrity.

III. Current Normative Framework and Health System Obligations

Directive (EU) 2024/1385, adopted on 14 May 2024, is the most recent and binding instrument governing state obligations in relation to the health dimensions of forced marriage. Recital 11 of the Directive requires Member States to ensure that victims have access to immediate medical treatment, forensic medical examination by trained personnel, psychological counseling, and referral to specialist support services. These requirements are not aspirational: they are components of the minimum protection standard that Member States must implement by 14 June 2027. The Directive further requires under Article 23 that Member States establish specialist support services, including crisis centers and emergency hotlines, that can receive referrals from health professionals and provide integrated support to victims.

In Moldova, Law No. 252/2025 creates the legal framework within which health system actors must operate in forced marriage cases. The law's extension of the definition of domestic violence to encompass psychological, economic, and digital dimensions means that health professionals encountering victims of forced marriage may now be required to report under the mandatory reporting obligations applicable to domestic violence cases. Law No. 231/2024's recognition of femicide as a distinct statutory category creates an additional basis for the collection and analysis of gender-disaggregated health data on the most severe outcomes of coercive union violence.

The Council of Europe project supporting Istanbul Convention implementation in Moldova from 2025 to 2028 includes a specific component addressing the training of health professionals in the identification and referral of gender-based violence victims. The GREVIO baseline evaluation of November 2023 recommended the development of national clinical protocols, the inclusion of forced marriage in the curriculum of pre-service and continuing professional development programs for health professionals, and the establishment of formal referral pathways between health institutions and specialist support services.

IV. Comparative Health System Models

The United Kingdom provides the most developed model of health system integration in forced marriage response. The official Forced Marriage Unit statistics for 2024, published on 3 July 2025 by the Home Office and Foreign, Commonwealth and Development Office, recorded 812 contacts including 229 forced marriage cases in which active advice and support were provided, with healthcare professionals among the most frequent referral sources.

National Health Service guidance, updated in 2023, establishes specific clinical pathways for suspected forced marriage cases, including a safe inquiry protocol, documentation requirements, referral procedures, and multi-agency safeguarding obligations. The NHS guidance is supported by online training modules mandatory for all clinical staff in relevant specialties.

Sweden has integrated health system responses to forced marriage within the broader framework of the national strategy on men's violence against women, which ran from 2017 to 2026 and has been renewed with updated targets. The Linnamottagningen specialist centers, operating in seven regions of Sweden, provide coordinated health, psychological, and legal support to victims of honor-based violence and forced marriage, with documented outcomes including reduced hospitalization rates and improved mental health outcomes compared with non-specialist care pathways. Germany's S3 clinical guideline on care for victims of sexual violence, updated in 2023, includes specific provisions on forced marriage as a context requiring forensic examination and multi-professional trauma care.

In Moldova, the health system response to forced marriage remains at an early stage of development. The National Clinical Protocol on Domestic Violence, adopted in 2020, provides a framework for health professional responses to domestic violence generally but does not include specific guidance on forced marriage identification or referral. The development of a specific addendum addressing forced marriage, aligned with the provisions of Law No. 252/2025, is recommended as a priority implementation measure for the 2025 to 2028 period.

V. Structural Prerequisites for Effective Health System Response

Drawing on the comparative evidence reviewed in this article, five structural prerequisites can be identified as essential for an effective health system response to forced marriage. First, national clinical protocols must be developed that enable systematic identification of forced marriage indicators in primary care, emergency, obstetric, and mental health settings, using validated assessment instruments adapted to the cultural context of the populations most at risk. Second, guaranteed referral pathways must be established between health institutions and legal, social, and specialist support services, including formally designated referral coordinators in health facilities serving high-risk populations.

Third, mandatory training in trauma-informed approaches must be embedded in the pre-service and continuing professional development curricula of all health professional categories who may encounter forced marriage victims, including general practitioners, midwives, gynecologists, emergency nurses, pediatricians, and psychiatrists. Fourth, dedicated forensic and mental health capacity must be allocated in both urban and rural areas, recognizing that forced marriage is not exclusively an urban phenomenon and that victims in rural settings face additional barriers of geographic isolation and reduced service availability. Fifth, systematic collection and disaggregation of health sector data on forced marriage cases must be established as a routine requirement, enabling policy monitoring, legislative evaluation, and resource allocation decisions to be grounded in evidence rather than approximation.

CONCLUSION

Forced marriage causes extensive, documented, and often durable harm to the mental and physical health of the women and girls subjected to it. This harm is not a peripheral consequence of the legal violation that forced marriage represents; it is one of its primary dimensions, and it demands a primary institutional response from the health sector alongside the criminal justice and social protection responses that recent legislative reforms have strengthened.

The adoption of Law No. 252/2025 in Moldova, together with the obligations imposed by Directive (EU) 2024/1385 and the Istanbul Convention, creates a normative basis on which health system integration can and must be built. The comparative evidence from the United Kingdom, Sweden, and Germany demonstrates that jurisdictions that have embedded health professional training, clinical identification protocols, and guaranteed referral pathways within their forced marriage response frameworks achieve measurably better outcomes for victims than those that treat health system involvement as optional or supplementary.

The recommendations advanced in this article are practical and implementable within the timeframe of the Council of Europe implementation support project running from 2025 to 2028. The development of a national clinical protocol on forced marriage identification and referral, the formal inclusion of health institutions in inter-institutional cooperation frameworks under Law No. 252/2025, and the integration

of forced marriage training into mandatory health professional education represent priority measures that would translate the normative achievements of recent Moldovan legislation into measurable improvements in the protection of the health, dignity, and rights of the women and girls most at risk.

REFERENCES

Council of Europe. (2011). Convention on preventing and combating violence against women and domestic violence (Istanbul Convention). CETS No. 210. Strasbourg: Council of Europe.

Council of Europe, GREVIO. (2023). Baseline evaluation report: Republic of Moldova. Strasbourg: Council of Europe.

Council of Europe. (2025). Supporting the implementation of the Istanbul Convention in the Republic of Moldova, Phase II (2025–2028). Strasbourg: Council of Europe Office in Chisinau.

Criminal Code of the Republic of Moldova No. 985 of 18 April 2002, with amendments including Law No. 252/2025.

European Court of Human Rights. (2003). M.C. v. Bulgaria, Application No. 39272/98. Strasbourg.

European Court of Human Rights. (2017). Talpis v. Italy, Application No. 41237/14. Strasbourg.

European Court of Human Rights. (2021). Kurt v. Austria, Application No. 62903/15, Grand Chamber. Strasbourg.

European Parliament and Council of the European Union. (2024). Directive (EU) 2024/1385 of 14 May 2024 on combating violence against women and domestic violence. Official Journal of the European Union, L 2024/1385, 24 May 2024.

Germany. S3 Clinical Guideline on Care for Victims of Sexual Violence. Updated edition, 2023. German Society for Psychosomatic Medicine and Medical Psychotherapy.

Johnson, M.P. (2008). A Typology of Domestic Violence: Intimate Terrorism, Violent Resistance, and Situational Couple Violence. Boston: Northeastern University Press.

La Strada International and IMPACT. (2024). Comparative analysis of the legal and policy landscape on forced marriage across Europe. Amsterdam: La Strada International.

Law of the Republic of Moldova No. 231/2024 on amending legislative acts regarding the prevention and combating of violence against women and domestic violence.

Law of the Republic of Moldova No. 252/2025 on amending the Criminal Code and certain other legislative acts.

Law of the Republic of Moldova No. 45 of 1 March 2007 on the prevention and combating of domestic violence, as amended.

National Health Service England. (2023). Forced marriage: a guide for healthcare professionals. Updated guidance. London: NHS England.

Sweden. National Strategy to Prevent and Combat Men's Violence Against Women, Honour-Related Violence and Oppression, and Violence in Same-Sex Relationships 2017–2026, renewed with updated targets 2026.

United Kingdom, Home Office and Foreign, Commonwealth and Development Office. (2024). Forced Marriage Unit statistics 2024, published 3 July 2025. London: HM Government.

United Nations. (1979). Convention on the elimination of all forms of discrimination against women (CEDAW). Treaty Series, vol. 1249. New York: United Nations.

United Nations Human Rights Council. (2023). Resolution on child, early and forced marriage (sixth resolution). Geneva: OHCHR.

United Nations Population Fund (UNFPA). (2023). State of World Population 2023: 8 billion lives, infinite possibilities. New York: UNFPA.

Stark, E. (2007). Coercive Control: How Men Entrap Women in Personal Life. Oxford: Oxford University Press.

The Lancet. (2021). Global burden of intimate partner violence and health outcomes. Lancet, 397(10275), 679-695.

World Health Organization. (2024). Responding to intimate partner violence and sexual violence against women: WHO clinical and policy guidelines. 2024 edition. Geneva: WHO.

KURUMSAL KALİTENİN KADINLARIN İŞGÜCÜNE KATILIMI VE EKONOMİK KALKINMA ÜZERİNDEKİ ETKİSİ

THE IMPACT OF ORGANIZATIONAL QUALITY ON WOMEN'S LABOR FORCE PARTICIPATION AND ECONOMIC DEVELOPMENT

Nimet Deren YAYLA
Y.L. Öğrenci, Selçuk Üniversitesi, SBE, İktisat Ana Bilimdalı,
Konya, Türkiye.
ORCID ID: 0009-0003-3441-9424

Mehmet ALAGÖZ
Prof. Dr., Selçuk Üniversitesi, İİBF, İktisat Bölümü, Konya, Türkiye.
ORCID ID: 0000-0001-9961-4616

Abstract
Labor, one of the key components of the factors of production, not only influences macroeconomic indicators and contributes to economic growth but also serves as the driving force behind economic development. In particular, the implementation of strategies aimed at integrating women into the real economy positively impacts a country's economic development. In this context, women's participation in the labor force is crucial for sustainable development. However, despite this, in many countries—including our own—women's labor force participation rates lag behind those of men. This situation is related not only to the socio-cultural factors of these countries but also to their institutional structures. This study aims to examine the impact of institutional quality on women's labor force participation rates and economic development within a conceptual framework. In this context, the concept of institutional quality is addressed in the context of educational opportunities, family structure, and social norms. Based on evaluations within the existing literature, it has been concluded that institutional quality has a direct or indirect impact on women's labor force participation. Furthermore, it has been assessed that this situation, alongside increased women's labor force participation and productivity, also has a positive effect on economic development. In this context, improving institutional quality creates a positive impact not only on the advancement of the female workforce but also on economic development. The primary objective of this study is to elucidate the role of institutional quality in women's labor force participation and economic development.
Keywords: Development, Women's Labor Force Participation, Institutional Structure

Özet
Üretim faktörlerinin önemli unsurlarından biri olan işgücü; bir taraftan ekonomik açıdan makro ekonomik göstergeleri etkileyip ekonomik büyümeye katkı sağlarken diğer taraftan da ekonomik kalkınmanın itici gücü olarak karşımıza çıkmaktadır. Özellikle kadınların reel ekonomik hayata dahil olmasına yönelik stratejilerin uygulanması, ülkenin ekonomik kalkınmasının pozitif anlamda etkilenmesine sağlamaktadır. Bu bağlamda, kadınların da işgücüne katılımı sürdürülebilir kalkınma açısından önemlidir. Ancak buna rağmen ülkemizde dahil olmak üzere birçok ülkede kadınların iş gücüne katılım oranları, erkeklerin gerisinde seyretmektedir. Bu durum yalnızca ülkelerin sosyo-kültürel faktörleri ile değil, o ülkelerin kurumsal yapıları ile de ilişkilidir. Bu çalışmada kurumsal kalitenin, kadınların iş gücüne katılım oranı ve ekonomik kalkınma üzerindeki etkisinin, kavramsal çerçevede incelenmesi amaçlanmaktadır. Bu bağlamda çalışmada, kurumsal kalite kavramı; eğitim olanakları, aile yapısı ve sosyal normlar bağlamında ele alınmıştır. Mevcut literatür çerçevesinde yapılan değerlendirmeler neticesinde, kurumsal kalitenin kadınların iş gücüne katılımı üzerinde doğrudan veya dolaylı olarak etkisi olduğu değerlendirilmiştir. Ayrıca kadınların iş gücüne katılımı ve üretkenlik artışı ile beraber bu durumun, ekonomik kalkınma üzerinde de pozitif etkisi olduğu değerlendirilmiştir. Bu bağlamda, kurumsal kalitenin iyileştirilmesi, kadın iş gücünün kazanımının yanı sıra ekonomik kalkınma üzerinde de pozitif etki yaratmaktadır. Çalışmanın temel amacı, kurumsal kalitenin kadınların iş gücüne katılımı ve ekonomik kalkınma üzerindeki rolünü ortaya koymaktır.
Anahtar Kelimeler: Kalkınma, Kadınların İşgücüne Katılımı, Kurumsal Yapı

1. GİRİŞ

Sürdürülebilir bir ekonomik büyüme ve kalkınma için kadınların iş gücüne katılım oranlarındaki artış oldukça önemlidir. Dolayısı ile kadının iş gücüne katılımı, her geçen gün ülkeler için önemli bir konu haline gelmektedir. Kadının iş gücüne kazandırılması üzerine yapılan bazı çalışmalar da gösteriyor ki, kadının ekonomik sürece ilave ettiği katma değer arttıkça, hem ekonomik büyüme hemde ekonomik kalkınma seviyesi de artar (Cinel, 2025). Özellikle doğu kültürlerinde ev işi, çocuk, bakım vb. işler kadının sorumluluğu olarak görüldüğünden, kadının işgücüne katılımını zorlaştırmaktadır. Ancak gelişmiş ülkelerde kadının iş gücü piyasasına kazandırılması, hane içinde yapılabilecek birçok işin piyasadan karşılanmasını sağlayarak GSYH hesaplamalarında yer almasına katkı yapmıştır (Serel & Özdemir, 2017). Toksöz (2011) çalışmasında, hane içi ödenmeyen emeğin ülkelerin GSYH'inde %20-%60 arasında artış sağladığını ortaya çıkarmıştır (Serel & Özdemir, 2017). Bundan dolayı, kadın iş gücünün artırılmasının ekonomik büyüme üzerinde olumlu etkisinin olmasının yanı sıra, toplumsal refaha ve uluslararası rekabete de pozitif katkıları olacağı ortaya konulmuştur (Aydın, 2014).

Ekonomik sürdürülebilirliğin devam edebilmesi için, işgücünün sadece sayısal olarak artması yeterli değildir. Üretime katkı sağlayan iş gücünün sahip olduğu bilgi birikimi, tecrübe, beceri gibi pozitif değerler, ekonomik büyümeyi artırmakla beraber, ülke ekonomisinin her yönden daha hızlı gelişmesine katkı sağlamaktadır. (Eser & Gökmen, 2009).

Ekonomik büyümeye öncelik veren politikalar, genellikle ülke içi gelir artışına odaklanmaktadırlar, ancak elde edilen bu gelirin, toplum içerisinde eşit şekilde paylaşılabilmesi konusunda aynı başarıyı maalesef gösterememektedirler. Oysa gelirin ve refahın dağılımı sadece bireysel faaliyetlerin sonucu değildir, kurum adı verilen toplumsal çevre ve kurallar da bu bölüşümde etkin rol oynamaktadırlar (Akın & Erkuş, 2016). Kurumlar, günlük hayatta bireyler arasındaki sosyal etkileşimleri etkileyen yapılar olmalarının yanı sıra, ekonomik aktörlerin üretim, tüketim, yatırım vb. kararlarını da yönlendirebilmekte ve ekonomik faaliyetleri etkileyebilmektedir (Douglass C. North, 2002).

Bu çalışmada, kurumsal yapı ve kadın istihdamının sadece büyüme üzerinde değil aynı zamanda kalkınma üzerinde belirleyici bir etken olup olmadığını ayrı olarak incelenmiş ve iki literatür bir araya getirilerek, kurumsal kalite ve kadın istihdamı ilişkisini kavramsal bir çerçevede sunmak amaçlanmıştır.

2. LİTERATÜR TARAMASI

İktisat literatüründe kadın istihdamının işgücü piyasasındaki yeri, büyüme ve kalkınma üzerindeki etkilerine yönelik pek çok bilimsel çalışma ortaya konulmuş ancak kurumsal kalite ile ilişkisini ortaya koyan çalışmalar ise literatürde yerini almamıştır.

Hayhghe & Bianchi (1994), ABD'de yaşayan evli ve çocuklu kadınların, son 20 yılda işgücüne katılım ve tam zamanlı çalışmalarının dönemsel artışı ve yapısal değişimi incelenmiştir. Sonuç olarak, çocukların sayısı, yaşı, ekonomik ihtiyaçları, evli annelerin çalışma biçimleri, yarı zamanlı veya tam zamanlı, üzerinde belirleyici etkenler olduğu saptanmıştır.

Dezso ve Ross (2011), inovasyon temelli firmalar üzerinden gerçekleştirmiş oldukları analizde, şirketin üst yönetiminde kadınların yer almasının, şirket performansının artmasında olumlu etkisi olabileceğini ortaya koymuştur(Elborgh-Woytek, Katrin et al. (2013).

Aguirre ve diğerleri (2012), kadın istihdamını artırmaya yönelik atılan adımların, yalnızca kadın işgücündeki nicel artışı değil, aynı zamanda ekonomik refah, güvenlik, özgürlük, sağlık gibi alanlarda, diğer vatandaşları da içine alan, geniş yelpazeli kazanımlara yol açtığını; bulgularının, kadınların ekonomik olarak ilerlemesinin yalnızca kadınları güçlendirmekle kalmayıp, ülkenin genel refah seviyesini de artırdığını güçlü bir şekilde ortaya koyduklarını belirtiyorlar.

Erdem (2011), Türkiye ile rekabet gücü en yüksek ülkeler arasında yaptığı karşılaştırma ile, kadın istihdamının ekonomik büyüme ve rekabet gücü üzerindeki etkilerini analiz etmektedir. Analiz sonucunda, kadın istihdamının ekonomik büyümeyi pozitif etkilediği gibi, rekabet gücünü de artırdığı tespit edilmiştir. Sürdürülebilir bir ekonomik büyüme ve küresel rekabet gücü için kadın istihdamını artırmaya yönelik politika ve eğitim yatırımlarının hızlandırılması gerektiği belirtilmiştir.

Kasa & Alptekin (2016), bu çalışma, 2000-2013 yılları arasında Türkiye'deki kadınların eğitim durumuna göre işgücüne katılım oranlarının ekonomik büyümeye etkisi, VAR modeli ile incelenmiştir. Analiz sonucunda, kadınların işgücüne katılımı özellikle eğitim seviyelerindeki artışın ekonomik büyüme üzerinde pozitif etkisi olduğuna varılmıştır.

Ekonomik büyüme ve kalkınma için kadınların eğitim imkanlarının artırılıp, iyileştirilmesi ve istihdama daha fazla kadın işgücünün dahil edilmesi gerektiği vurgulanmıştır.
Serel & Özdemir (2017), 2000-2013 yılları arasında Türkiye'de kadın istihdamı, kadın işsizlik oranı ve reel GSYH arasındaki ilişki, ekonometrik analiz yöntemiyle incelenmiştir. Yapılan analiz sonucunda, Kadın istihdamındaki artış ekonomik büyümeyi pozitif etkilediği gibi; kadın işsizlik oranındaki artışın ise ekonomik büyümeyi olumsuz etkilediği tespit edilmiştir. Sürdürülebilir bir ekonomik büyüme için, kadınların işgücüne katılımı artırılmalı ve eğitim olanakları iyileştirilmelidir.
Figankaplan (2017), çalışmada Türkiye'nin de içinde bulunduğu toplam 11 ülkede, 1990-2015 yılları arasında, kurumsal kalitenin ekonomik büyüme üzerindeki etkisi, Mankiw-Romer-Weil (MRW) büyüme modeli kullanılarak panel veri analiziyle incelenmiştir. Mülkiyet haklarının korunması, hukukun üstünlüğü ve yolsuzluğun kontrolü düzeyinin artması ile beraber reel gelirin de artacağı, yargı bağımsızlığı ve düzenlemelerin kalitesi ile reel gelir arasındaki ters ilişkinin olması, yargı sisteminin ve yasaların kalitesinin büyümenin bir sonucu olduğu saptanmıştır.
Yamak (2017), Panel veri analizi kullanılarak, körfez ülkelerde çeşitli kurumsal kalite faktörlerinin, ekonomik büyüme üzerindeki etkisi analiz edilmiştir. 1994-2014 yılları arasındaki veriler kullanılarak yapılan analizde, kurumsal kalitenin ekonomik büyüme üzerinde; ifade özgürlüğü ve hesap verme sorumluluğu ile yolsuzluğun kontrolünün pozitif ve anlamlı, hukukun üstünlüğü ve düzenlemelerin kalitesinin negatif ve anlamlı, politik istikrar ve şiddet yokluğu ile yönetimin etkinliğinin anlamlı etkisi bulunmadığı sonuçlarına varılmıştır.
Sağlık & Çelik (2018), bu araştırmada, küreselleşme ve teknolojik gelişmelerle birlikte, kadının geçmişten günümüze yaşadığı değişim, ve kadının işgücündeki rolü ele alınmaktadır. Kadınların işgücünde yer alması kadınlara; özgüvenlerinin artması, ekonomik büyümeye katkı sağlaması, toplumda değerinin artması gibi birçok açıdan fayda sağlar. Ayrıca işgücünde bulunan kadının kendine olan güveninin artması ile beraber, ülkenin refah seviyesinin de artmasını destekler.
Gençtürk (2022), Türkiye'de, eğitim, medeni durum, yaş vb. gibi faktörlerin, kadınların işgücüne katılımını nasıl etkilediği yönünde bir çalışmadır. Yapılan incelemeler sonucunda, eğitim seviyesindeki artışın işgücüne katılımı olumlu etkilemesinin yanı sıra; evlilik, çocuk ve bakım gibi durumların işgücüne katılım oranlarını olumsuz etkilediği saptanmıştır. Kadın istihdamını artırmak için eğitim olanaklarının geliştirilmesinin yanı sıra, kreş gibi destekleyici mekanizmaların da geliştirilmesi gerekmektedir.
Aygün & Kılınç (2023), OECD üyesi 38 ülke örneğinde, kurumsal kalitenin ekomomik büyüme üzerindeki etkisi, panel veri analizi yöntemi kullanılarak incelenmiştir. Yapılan inceleme sonucunda; politik istikrar, şiddetin olmaması, düzenleme kalitesi ve hukukun üstünlüğü göstergelerinin ekonomik büyüme üzerinde pozitif yönde etkisi olduğu tespit edilmiştir.
Cinel (2025), çalışma, resmi verileri inceleyerek, Türkiye ve dünyada kadın işgücünün ekonomik kalkınma üzerindeki etkisini analiz etmektedir. Yapılan inceleme ve analiz sonucunda, kadın istihdamının ekonomik büyümüyi olumlu etkilediği tespit edilmiştir. Kadın istihdamındaki artış yalnızca sürdürülebilir bir ekonomik büyümeye değil, aynı amanda beşeri sermayenin güçlenmesine de katkı sağlar.

3. KURUMSAL KALİTE KAVRAMI VE KADIN İŞGÜCÜ ÜZERİNE ETKİLERİ

Thorstein Veblen, The Theory of the Leisure Class isimli kitabında kurum kavramını *"belirli bir dönemde yaygın olarak kabul edilen düşünce ve davranış alışkanlıkları"* şeklinde tanımlamıştır. Kurumlar, yazılı ve yazılı olmayan kuralları kapsamaktadır. Yazılı kurallar, anayasa, kanun, sözleşme, yönetmelik vb. içerirken, yazılı olmayan kurallar adet, gelenek, örf vb. sosyal davranış normlarını içerir (Aygün & Kılınç, 2023). Kurumsal kalite, kurumların sorumluluk alanına giren faaliyetlerin pozitif yönde, sağlıklı ve etkin şekilde ilerlemesini, uyguladıkları faaliyetlerin olumlu sonuçlar üretmesini ve belirlenen kuralların açık, tutarlı ve işlevsel olmasını ifade etmektedir (Figankaplan, 2017). Bu bağlamda kurumsal kalitenin oluşturulmasıyla kadının işgücü piyasasında daha fazla etkin olabileceği alanların yaratılması mümkün olacaktır.

3.1 Kadın İşgücü ve Kadın İşgücünü Etkileyen Faktörler

Kadın, toplumun her alanında aktif olarak önemli rol oynar. Bu önemli alanlardan biri de ekonomik katkıdır.

Kadınların, bulundukları ülke ekonomisine etkisi, insanlık tarihinin başlangıcına kadar uzanır(Doğan Günday, 2011). Özellikle küreselleşme ve beraberinde gelen teknoloji ve sanayileşmedeki ilerlemeler ile birlikte, kadının toplumda ve işgücünde daha aktif rol aldığı gözlemlenmiştir(Cinel, 2025). Aguirre ve diğerleri (2012), kadınların işgücüne kazandırılmasının, ekonomik büyüme üzerinde pozitif anlamda güçlü etkilerinin olduğunu, kadın istihdamının, erkekler seviyesi ile eşitlenmesinin, özellikle bazı ülkeler nezdinde, GSYH üzerinde doğrudan pozitif etkiler yaratabileceğini öne sürmektedir. Kadınların iş gücü piyasasındaki varlıkları, hane halkı içerisinde ek gelir oluşumunu desteklemesiyle beraber, kadının erkeğe karşı, görece daha yüksek olan, tasarruf eğilimi, hane halkının tasarruf alışkanlıklarını da etkilemektedir(Cinel, 2025). Bu bağlamda, kadın istihdamındaki artış, tasarruf oranlarının yükseltmekte ve cari denge üzerinde olumlu sonuçlar oluşturmaktadır(BETAM, 2010). Hatta Ekonomik İşbirliği ve Kalkınma Örgütü (OECD) eski sekreteri José Ángel Gurría bu konuya *"Kadınlar, dünya ekonomisinde en az değerlendirilen ekonomik varlıktır"* şeklinde bir bakış açısı sunmuştur(Aguirre ve diğerleri (2012).

Kadının işgücü piyasasına dahil olması üzerinde, sosyal, kültürel, demografik ve ekonomik gibi birçok engel bulunmaktadır. Bu engeller üç grupta sıralanabilir. İlki ekonomik engeller olan; yetersiz eğitim ve beceri seviyesi, vasıfsız işlerde istihdam gibi engellerdir. İkinci olarak sosyal açıdan engeller; kadına uygun görülen roller, kadın/erkek ayrımı, kadın üzerindeki toplumsal baskı gibi engeller sosyal engeller olarak adlandırılabilir. Ve son olarak demografik engeller ise; çocuk sahibi olmak, evlenmek, kırdan kente göç gibi engellerdir (Sağlık & Çelik, 2018). Kadın istihdamı üzerindeki bu engelleri genel çerçevede ele alalım.

Yıllar içerisinde eğitim düzeylerinde yaşanan artış herkesçe bilinen bir gerçektir. Her ne kadar yıllar ilerledikçe kadınların eğitim düzeyleri ve oranları artsa da, bu oran halen erkeklerin gerisinde seyretmektedir(TÜİK, 2024). Eğitim düzeyi, işgücüne katılım sağlayacak bireylerde hem ücret hem de çalışma koşullarında daha iyi bir çalışma olanağı sağlamaktadır. Eğitimin işgücüne katılımındaki etkisi göz önüne alındığında, kadınların erkeklerden dezavantajlı durumda bulunduğu görülmektedir. Özellikle şehir yaşamında, eğitim seviyesi ile işgücüne katılım birbiri ile ilişkilidir. Bu nedenle, şehirde yaşayan, eğitim seviyesi düşük kadınların, işgücüne katılım oranları da düşük seviyede seyretmektedir. Eğitim seviyesinin yükselmesi, kadınların kendilerini geliştirme, beceri ve bilgi seviyelerini artırma ve bundan dolayı da daha iyi iş fırsatları yakalamalarına olanak sağlayacaktır(Gençtürk, 2022)

Birçok ülkede, yaş gruplarına göre değerlendirildiğinde, kadın işgücüne katılım oranlarının istikrarsız bir seyir izlediği gözlemlenmiştir(Kasa, 2016) Türkiye özelinde ise, 25-29 yaş aralığındaki kadınların iş gücüne katılım oranlarında artış gözlemlenirken, bu artış 30'lu yaşlara geldiğinde yerini düşüşe bırakmıştır. Hayghe ve Bianchi (1994)'e göre, bu düşüşün sebebinin ebeveyn bakımı ve kontrolü gerektiren çocuk sahibi olunması ile, kadınların işgücünün dışında kalmayı tercih etmesidir. Çocukların ilerleyen yıllarda okul eğitimine başlaması, kadınların 40'lı yaşlarında yeniden işgücüne katılımını artırırken, bu oran 45'li yaşlar ve sonrasını kapsayan dönemde, yeniden düşüşe geçmektedir(Kasa, 2016).

Kadınların, ev içindeki temizlik, bebek ve çocuk bakımı, dikiş, nakış, örgü vb. işler ve kırsal alandaki aile işçiliği gibi işleri, ücret karşılığı olmadan yapmaları, kayıt dışı istihdamın bir parçasıdır(Kasa, 2016). Ev hanımı beyanı altında bu görevleri üstlenen ve yerine getiren kadınlar, işgücü nüfusunun içinde yer alamıyorlar. Bu durum da, kadın ve erkek işgücü katılım oranlarının farklılaşmasına, aradaki farkın açılmasına sebep olmaktadır (Özbay, 1993)

Ayrıca ailelerin/toplumların sosyal ve kültürel yaşam düzeylerindeki farklılıklar kadınların, ücretli işte çalışmak, kendi işini kurmak, kariyer sahibi olmak istemesi gibi sebepler, bazen aile içinde bazı sorunların çıkmasına sebep olabilir. Bu konuda genellikle; erkeğin eşinin çalışmasına izin vermemesi, kadının işi sebebiyle zamnını evin dışında geçirmesi, ev içi sorumlulukların paylaşımında eşin destek vermemesi gibi yaşanan problemler huzursuzluğa neden olabilir. Bu ve benzer sorunların yaşanması, kadınların evlendikten sonra iş piyasasından çekilmek istemelerine neden olmaktadır (Gençtürk, 2022)

Bu durum özellikle Nancy Chodorow (1995), kadın ve erkeklere atfedilen toplumsal rollerin temelinde, ataerkil yapı, kültürel değerler ve bireylerin çocukluk dönemlerinde yaşadıkları ebeveyn tutumlarının belirleyici bir rol oynadığını belirtir. Çocuk bakımından sorumlu olan anne, erkek ve kız çocuklarına karşı farklı bir davranış göstermektedir. Erkek çocuğun daha bireyselleşme süreci desteklenirken, kız çocuğundan evin bakım ve sorumluluklarında aktif rol alması beklenir. Çocukluktan başlayan bu süreç, kadınların sosyal rollerini şekillendirerek, işgücü piyasasına katılımını olumsuz etkilemektedir (Kasa,

2016). Çocuk sahibi olunduktan sonra, kadınların çocuk bakımını üstlenmesi ve işgücü yerine ev idaresi sorumluluğunu üstlendiği gözlemlenmektedir. Doğumla beraber, kadınların çocukları ile bir süre beraber olması ve bakımını gerçekleştirmesi ve sürdürmesi gerekmektedir. İlk etapta, kadının ebeveyn izninden yararlanması, iş ve aile arasında sürekliliği devam ettirmesine destek olurken, ilerleyen zamanda bu sürenin uzunluğu, işgücü piyasasında olumsuz etki yaratmaktadır. (Gençtürk, 2022).
Aynı iş yüküne sahip olmalarına karşın; kadın ve erkek arasında ücret bakımından farklar meydana gelmektedir. Bunun sebepleri olarak da, cinsiyetçi iş ayrımı, kadınların terfi alma oranının azlığı, kadın ve erkeklere tanınan ayrıcalık farkları gibi nedenler söylenebilir. Kadın çalışanlar için ödenen düşük ücret, bir erkek ile gelirini paylaşmayan ve çocukları ile beraber yaşayan kadınlar için düşük yaşam standardı demektir. (Kutlar vd., 2012). Erkeklerin, kadınlardan daha yüksek ücret ile çalışmaları, kadınların hem işgücüne katılım oranlarını hem de işgücünde bulunma kararlarını olumsuz etkileyebilir. (Gençtürk, 2022)

3.2. Kurumsal Kalitenin Kadın İstihdamı Üzerindeki Etkisi

Kadınların iş hayatında yaşayabilecekleri herhangi bir eşitsizlik veya ayrımcılığı engellemek amacıyla, günümüzde hem ulusal hem de uluslararası birçok kapsamlı yasal düzenlemeler mevcuttur. Ancak bu yasaları uygulama noktasında ne kadar başarılı olunduğu bir başka tartışma konusudur. Akın ve Erkuş (2016) panel veri analizi kullanarak yapmış oldukları çalışmada, kurumsal kalitenin bir alt boyutu olan, 'hukukun üstünlüğü' kavramı ile beşeri kalkınma arasında pozitif bir ilişki olduğunu tespit etmiştir. Yani hukukun egemen olması, hakların korunması, bireylerin hukuki güven hissine sahip olmasının, kalkınma üzerinde pozitif bir etkisi vardır. Yine aynı çalışmada, kurumsal kalitenin bir başka alt boyutu olan 'hükümet etkinliği' ve 'düzenlemelerin kalitesi' kavramları ile de beşeri kalkınma arasında pozitif ilişki tespit edilmiştir.
Bu demek oluyor ki, devlet mekanizmalarının etkin ve verimli çalışması, örneğin eğitim, istihdam vb. politikaların etkili bir biçimde hayata geçirilebilmesi; ekonomi için konulmuş olan kuralların kaliteli olması, örneğin yatırım, girişimcilik ve yeni bir şirket kurmak gibi unsurları destekleyen bir yapının varlığı, kalkınmayı olumlu yönde etkiler. Kurumsal kalitenin alt boyu olan bu kavramların geliştirilmesi, kadınları korumayı amaçlayan yasaların daha etkin kullanılması, kadınların kendilerini güvende hissederek, yeni iş kurma, girişimciliğe atılma, iş gücüne katılma olanaklarını artırabilir. Bu doğrultuda, daha çok kadının işgücüne kazandırılması, işgücünde mevcut bulunan kadınların ise çalışma sürelerinin uzamasına yardımcı olabilir ve hem kadın hem de ülke istihdamına katkı sağlayabilir.
Ayrıca ülkelerarası ekonomik büyüme ve performans farklılıklarını açıklamada Kurumsal İktisat Okulu, sadece ekonomik değişkenlere odaklanan bir yaklaşımdan farklı olarak toplumların hukuki yapısı, siyasi kurumları, kültürel ve sosyal değerleri ve düzenleri gibi unsurları da analizlerine dahil ederek, geleneksel iktisat yaklaşımlarından ayrılan, kapsamlı bir bakış açısı sunmuştur (Yamak, 2017).
Güçlü ve etkin bir kurumsal yapıya, başka bir ifade ile yüksek düzeyde kurumsal kaliteye sahip olan ülkelerin ekonomik performanslarını pozitif yönde artırabilecekleri ve bu sayede ekonomik büyüme ve kalkınma hedeflerine ulaşma konusunda avantaj sahibi oldukları ifade edilmektedir. Bu konuya ilişkin yürütülmüş ampirik çalışmalar incelendiğinde, kurumsal kalite ile ekonomik büyüme arasında pozitif yönde bir ilişki olduğu gözlemlenmiştir. Kurumsal kalite; piyasa başarısızlıklarının, belirsizliklerin, işlem maliyetlerinin azaltılması ve pozitif dışsallıkların ortaya çıkması gibi birçok sebeple önce ekonomik büyüme sonra da ekonomik kalkınma üzerinde önemli etkiler yaratmaktadır (Yamak, 2017).

4. SONUÇ

Bu çalışmada, kurumsal kalitenin kadın işgücü ve ekonomik kalkınma üzerindeki etkisi, teorik bir çerçevede ele alınmıştır. Literatür bulguları, ayrı olarak, kadın işgücünün ülke ekonomisi üzerinde pozitif etkisi olduğunu ve kurumsal kalitenin de ekonomik kalkınmayı olumlu yönde etkilediği yönündedir. Kurumsal kalitenin kadın işgücünü üzerindeki etkisi konusunda literatürde bir çalışmaya rastlanmamıştır. Bu bağlamda çalışmada, mevcut literatürdeki çalışmaların incelenmesi sonucunda, kurumsal kalitenin iyileştirilmesinin, kadın istihdamı üzerinde pozitif etkisi olabileceği tespit edilmiştir. Çalışma, mevcut literatürdeki çalışmalar üzerinden, kavramsal bir bütünlük sunmayı amaçlamıştır.

Literatürde elde edilen bulgular neticesinde, kadın istihdamını artırmaya yönelik uygulamaların yalnızca işgücü piyasasına yönelik politikalar izlenerek değil, kurumsal yapının da iyileştirilmesine yönelik uygulamaları da içermesi gerektiğini ortaya koymaktadır. İlerleyen çalışmalarda, kurumsal kalite ve kadın istihdamı ilişkisinin ampirik yöntemlerle test edilmesi önerilmektedir.

KAYNAKÇA

Akın, C. S., & Erkuş, A. G. S.(2016) Kurumsal Kalitenin Ekonomik Kalkınma Üzerine Olan Etkisi1.

Aydın, F. (2014). Kadın İstihdamının Rekabet Gücü Ve Ekonomik Büyüme Üzerine Etkisi: Türkiye İle Rekabet Gücü En Yüksek Ülkelerin Karşılaştırılması.

Aygün, E., & Şahbaz Kılınç, N. (2023). Kurumsal Kalite Ve Ekonomik Büyüme İlişkisi: Ekonometrik Bir Uygulama. Ekonomi İşletme Siyaset Ve Uluslararası İlişkiler Dergisi, 9(1), 107-125. Https://İzlik.Org/Ja54km45bb

Betam (Bahçeşehir Üniversitesi Ekonomik Ve Toplumsal Araştırmalar Merkezi) (2010). İşgücü Piyasası Görünümü. Https://Betam.Bahcesehir.Edu.Tr/Kategori/Ekonomik-Arastirmalar/Yayinlar/İsgucu-Piyasasi-Gorunumu/

Chodorow, Nancy; (1995), "Becoming A Feminist Foremother". In Phyllis Chesler, Esther D. Rothblum, Ellen Cole, Feminist Foremothers İn Women's Studies, Psychology, And Mental Health. New York: Haworth Press. Pp. 141–154

Cinel, E. A. (2025). Dünyada Ve Türkiye'de Kadın İşgücü Ve Ekonomik Büyüme İlişkisi. Fiscaoeconomia, 9(Toplumsal Cinsiyet Özel Sayısı), 495-513. Https://Doi.Org/10.25295/Fsecon.1718173

Dezsö, C.L. And Ross, D.G. (2012), Does Female Representation İn Top Management İmprove Firm Performance? A Panel Data İnvestigation. Strat. Mgmt. J., 33: 1072-1089. Https://Doi.Org/10.1002/Smj.1955

Elborgh-Woytek, K., Newiak, M., Kochhar, K., Fabrizio, S., Kpodar, K., Wingender, P., Clements, B., & Schwartz, G. (2013). Women, Work, And The Economy:Macroeconomic Gains From Gender Equity.

Empowering The Third Billion(Hoteit, L., & Aguirre, D. (2012). Empowering The Third Billion: Women And The World Of Work İn 2012.)

Eser, K., Gökmen, Ç. E., & Ekiz Gökmen, Ç. (2009). Beşeri Sermayenin Ekonomik Gelişme Üzerindeki Etkileri: Dünya Deneyimi Ve Türkiye Üzerine Gözlemler. Sosyal Ve Beşeri Bilimler Dergisi, 1(2), 41-56. Https://İzlik.Org/Ja97pj94nj

Figankaplan, T. (2017). Ekonomik Büyüme Ve Kurumsal Kalite İlişkisi: Bir Panel Veri Analizi. Bddk Bankacılık Ve Finansal Piyasalar Dergisi, 11(1), 65-91. Https://İzlik.Org/Ja67sf33be

Gençtürk, Z. (2022). Türkiye'de Kadinin İşgücüne Katilimini Etkileyen Faktörler. *Süleyman Demirel Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, (43), 361-394.

Günday, P. D. (2011). *Ekonomik Kalkınmada Kadın'ın Önemi Ve Katkısı* (Master's Thesis, Dokuz Eylul Universitesi (Turkey)).

Hafeez, A. And Ahmad, E. (2002). Factors Determınıng The Labour Force Partıcıpatıon Decısıon Of Educated Marrıed Women In A Dıstrıct Of Punjab, Pakistan Economic And Social Review Volume Xl, No. 1 (Summer 2002), Pp. 75- 88.

Hayghe, Hovard V. Ve Bianchi, Suzanne M. (1994), Married Mothers'work Patterns: The Job-Family Compromise. Monthly Labor Review, June: 24-30

Kasa, H. (2016). Türkiye´ De Kadin İşgücünün Büyümeye Etkisi.

Korkmaz, A. (2003). Türkiye'de Kayıtdışı İstihdam Gerçeğine Bir Bakış. *Sosyal Siyaset Konferansları Dergisi*, (45), 51-96.

Kutlar, A., Erdem, E. Ve Aydın, F. F. (2012). Kadınların İşgücüne Katılması İle Doğurganlık, Boşanma Ve Ücret Haddi Arasındaki İlişki: Türkiye Üzerine Bir Araştırma, Bilgi Ekonomisi Ve Yönetimi Dergisi, Vıı (I), 149-168.

North, D. C., & Güven, G. Ç. (2002). *Kurumlar, Kurumsal Değişim Ve Ekonomik Performans*. Sabancı Üniversitesi.

Önder, N. (2013). Türkiye"De Kadın İşgücünün Görünümü, Çsgb Çalışma Dünyası Dergisi, 1(1), 35-61.

Özbay, Ferhunde; (1993), Kadınların Ev İci Ve Ev Dışı Uğraşlarındaki Değişme.

Sağlık, B. & Çelik, H. Y. (2018) Küreselleşen Çalışma Hayatında Kadının Rolü. Fırat Üniversitesi İibf Uluslararası İktisadi Ve İdari Bilimler Dergisi, 2 (2).

Serel, H., & Özdemir, B. S. (2017). Female Employment And Economıc Growth Relatıons In Turkey. Journal Of Management And Economics Research, 15(3), 134-150. Https://Doi.Org/10.11611/Yead.310569

Toksöz, G. (2011). Farklı Kalkınma Stratejileri Işığında Türkiye'de Kadın İstihdamı. Fe Dergi, 3(2), 18-32. Https://Doi.Org/10.1501/Fe0001_0000000053

Türkiye İstatistik Kurumu. (2024). Nüfus istatistikleri portalı. https://data.tuik.gov.tr/

Vernon, R. (1974). "The Theory Of The Leisure Class" By Thorstein Veblen.

Yamak, T. (2017). Kurumsal Kalite Faktörlerinin Ekonomik Büyüme Üzerindeki Etkisi: Körfez Ülkeleri Örneği. Siyaset, Ekonomi Ve Yönetim Araştırmaları Dergisi, 5(4), 1-15. Https://Doi.Org/10.25272/J.2147-7035.2017.5.4.04

THE RELATIONSHIP BETWEEN HUMAN CAPITAL AND ECONOMIC GROWTH: THE IMPACT OF EDUCATION QUALITY ON TURKEY'S ECONOMIC GROWTH PERFORMANCE

BEŞERİ SERMAYE VE EKONOMİK BÜYÜME İLİŞKİSİ: TÜRKİYE'DE EĞİTİM KALİTESİNİN BÜYÜME PERFORMANSINA ETKİSİ

Durmuş Tahir ÇIBIK
Y.L. Öğrenci, Selçuk Üniversitesi, SBE, İktisat Ana Bilimdalı,
Konya, Türkiye.
ORCID ID: 0009-0009-1989-3658

Mehmet ALAGÖZ
Prof. Dr., Selçuk Üniversitesi, İİBF, İktisat Bölümü, Konya, Türkiye.
ORCID ID: 0000-0001-9961-4616

ÖZET

Beşeri sermaye, bireylerin sahip oldukları beceri, tecrübe, deneyim gibi niteliklerin tamamının bir araya getirilip ifade edilen ve eğitimle birlikte ekonomik büyümede önemli bir rol oynayan çok önemli bir kavramdır. Bu bakış açısı beşeri sermaye unsurunu; fiziki sermayenin ilerisine taşımakta ve eğitimle birlikte yeteneklerin geliştirildiği, verimliliğin artırıldığı, yeniliklerin ortaya çıkarıldığı ve büyüme sürecine doğrudan yüksek katkıların verildiği bir boyuta taşımaktadır. Bu durum, eğitimi; işgücü verimliliğini artıran ve dolaylı olarak da ekonomik performansı ciddi bir şekilde etkileyen bir stratejik unsur olarak değerlendirir.

Bu çalışmanın amacı, beşeri sermaye modeli çerçevesinde Türkiye'de eğitim kalitesinin ekonomik kalkınma üzerindeki etkisini incelemektir. Literatür taraması ve Türkiye'ye ait eğitim okullaşma oranları, PISA skorları, eğitim harcamaları ve kişi başı gelir verileri kullanılarak betimleyici analiz ve karşılaştırmalı değerlendirme yolu çalışma yöntemi seçilmiştir. Bulgular, eğitimde artmış niceliklerin; ekonomik kalkınma üzerinde tek başına yeterli olup olmadığı, eğitim kalitesinin ekonomik büyüme üzerinde daha belirleyici ve istikrarlı bir faktör olup olmadığını tespit etmeye çalışılacaktır. Ayrıca bu konuda daha önce literatüre kazandırılmış teorik ve ampirik çalışma sonuçları ile Türkiye'deki varolan durumun karşılaştırılması yapılacaktır.

Anahtar Kelimeler: Beşeri Sermaye, Eğitim, Ekonomik Büyüme

ABSTRACT

Human capital is a concept that encompasses the aggregate of individuals' skills, expertise, experience, and competencies, which, through education, become a driving force of economic development. This perspective extends the notion of human capital far beyond physical capital by emphasizing the development of human capabilities, the enhancement of labor productivity, the generation of innovation, and the provision of substantial direct contributions to the development process. In this context, education is regarded as a strategic investment that improves workforce productivity and indirectly exerts a significant influence on overall economic performance.

The primary objective of this study is to examine the impact of educational quality on economic development in Türkiye within the framework of the Human Capital Model. The study employs a literature review methodology supported by descriptive analysis and comparative evaluation using data on school enrollment rates, PISA scores, educational expenditures, and per capita income in Türkiye. The analysis seeks to determine whether quantitative improvements in education alone are sufficient to foster economic development and whether educational quality constitutes a more decisive and sustainable determinant of economic growth. Furthermore, the findings of theoretical and empirical studies previously established in the literature are compared with the current situation in Türkiye in order to assess the relationship between educational quality and economic development.

Keywords: Human Capital, Education, Educational Quality, Economic Growth, Economic Development, Türkiye

GİRİŞ

İktisat literatüründe, ulusların zenginliğinin kaynağına dair tartışmalar fiziksel sermaye ve doğal kaynaklardan, insan faktörünün niteliğine doğru ilerlemiştir. Klasik iktisatçıların emek miktarını üretimin temel girdisi olarak görmesine karşın, modern büyüme teorileri işgücünün verimliliğini belirleyen bilgi, beceri ve sağlık gibi unsurları içeren "beşeri sermaye" kavramını açıklanmaktadır. Günümüz. Türkiye ekonomisi için beşeri sermaye, özellikle doğal kaynak kısıtlılığı ve genç nüfus yapısı göz önüne alındığında, sürdürülebilir bir büyüme patikasının en kritik belirleyicisi konumundadır. Son yirmi yılda Türkiye'de eğitim sisteminde yaşanan radikal dönüşümler, okullaşma oranlarındaki hızlı artış ve yükseköğretimin kitleselleşmesi, niceliksel bir başarıyı beraberinde getirse de, bu sürecin makroekonomik performansa yansıması eğitimin kalitesi üzerinden şekillenmektedir. Uluslararası ölçekteki PISA ve TIMSS gibi değerlendirmeler, Türk eğitim sisteminin çıktılarını küresel standartlarla kıyaslama imkanı sunarken, ampirik çalışmalar eğitimin kalitesindeki iyileşmelerin GSYH büyümesi üzerindeki doğrudan ve dolaylı etkilerini ortaya koymaktadır. Bu çalışma, Türkiye'de eğitim kalitesinin büyüme üzerindeki etkisini teorik temeller, tarihsel veriler ve güncel ampirik bulgular ışığında analiz etmektedir.

Teorik Arka Plan: Beşeri Sermaye ve İçsel Büyüme Modelleri

Beşeri sermaye kavramı, bireylerin eğitim, bilgi ve beceri düzeylerindeki gelişimin ekonomik faaliyetler üzerindeki etkisini açıklayan temel yaklaşımlardan biridir. Bu yaklaşımın temelleri Schultz (1961) ve Becker (1964) tarafından ortaya konulmuştur. Schultz, ekonomik kalkınma sürecinde insan unsuruna yapılan yatırımların önemini vurgulamış ve özellikle eğitim yoluyla kazanılan niteliklerin üretkenliği artırdığını savunmuştur. Becker ise eğitimi, bireyin gelecekte daha yüksek gelir elde etmek amacıyla yaptığı bir yatırım olarak değerlendirmiştir. Bu çerçevede eğitim düzeyindeki artışın işgücünün verimliliğini yükselttiği, bunun da hem bireysel gelirler hem de ekonomik çıktı üzerinde olumlu sonuçlar doğurduğu kabul edilmektedir. Neoklasik büyüme teorisinde ekonomik büyümenin önemli bir kısmı sermaye ve emek artışıyla açıklanırken, açıklanamayan bölüm genellikle toplam faktör verimliliği ile ilişkilendirilmiştir. İçsel büyüme teorileri ise bu verimlilik artışının kaynağını model içerisinde açıklamaya çalışmıştır. Bu noktada Lucas (1988), beşeri sermayeyi ekonomik büyümenin temel unsurlarından biri olarak ele almış ve eğitimli bireyler arasındaki bilgi paylaşımının ekonominin genel verimlilik düzeyini artırdığını ileri sürmüştür. Romer (1990) ise bilgi ve teknolojik yeniliği büyümenin merkezine yerleştirmiş, özellikle araştırma ve geliştirme faaliyetlerinde görev alan nitelikli işgücünün uzun dönemli büyüme performansını belirlediğini belirtmiştir. Beşeri sermaye ile ekonomik büyüme arasındaki ilişkiyi ampirik olarak inceleyen çalışmalar da literatürde önemli bir yer tutmaktadır. Barro (1991), ülkeler arasındaki büyüme farklılıklarını analiz ettiği çalışmasında, başlangıçtaki eğitim düzeyinin ve okullaşma oranlarının sonraki dönem büyüme performansını etkilediğini göstermiştir. Ancak zamanla literatürde eğitimin yalnızca nicel boyutuna odaklanmanın yeterli olmadığı yönünde bir görüş ağırlık kazanmıştır. Bu değişimde Hanushek ve Woessmann'ın çalışmaları önemli bir dönüm noktası olmuştur. Araştırmacılar, ekonomik büyüme üzerinde belirleyici olan unsurun yalnızca okulda geçirilen süre değil, eğitimin bireylere kazandırdığı bilişsel beceriler olduğunu ortaya koymuşlardır. Özellikle matematik ve fen bilimleri alanındaki yeterlilik düzeylerinin, ülkelerin teknolojik gelişmeleri benimseme ve yeni teknolojiler üretme kapasitesiyle yakından ilişkili olduğu vurgulanmaktadır. Bu nedenle günümüzde beşeri sermaye değerlendirmelerinde eğitim süresinin yanı sıra eğitim kalitesinin de dikkate alınması gerektiği genel kabul görmektedir.

Türkiye'de Eğitimin Niceliksel Evrimi: Okullaşma Oranları ve Fiziksel Kapasite Artışı

Türkiye, son yirmi yılda eğitimde erişilebilirliği artırmak adına Cumhuriyet tarihinin en büyük niceliksel genişlemesini yaşamıştır. 2000'li yılların başında ortaöğretimde net okullaşma oranı %50'nin altındayken, 2024-2025 öğretim yılı itibarıyla bu oran %82,9'a yükselmiştir. İlköğretim seviyesinde ise Türkiye, 6-14 yaş grubunda neredeyse %100'lük bir kapsayıcılığa ulaşarak OECD ortalamalarını yakalamıştır. Bu genişleme, sadece öğrenci sayısındaki artışla sınırlı kalmamış, aynı zamanda fiziksel altyapıda da devasa bir büyümeyi beraberinde getirmiştir. 2024 yılı verilerine göre Türkiye genelinde okul sayısı 74 bine, derslik sayısı ise 754 bine ulaşmıştır.

Yükseköğretimdeki değişim ise çok daha radikaldir. 2005 yılında 78 olan üniversite sayısı, izlenen "her ile bir üniversite" politikası sonucunda 2011 yılında 165'e, günümüzde ise 200'ün üzerine çıkmıştır.

Bu politika, üniversite mezuniyetini sayısını yükseltmiş ve 25-34 yaş grubundaki genç yetişkinlerin eğitim profilini dramatik şekilde değiştirmiştir. 2019-2024 döneminde lise altı eğitim düzeyine sahip gençlerin oranı %41'den %28'e gerilemiş, bu da Türkiye'nin işgücü piyasasının eğitim önemli bir gelişmenin habercisi olmuştur. Ancak bu hızlı genişleme, kaynakların etkin kullanımı ve mezun kalitesinin korunması noktasında yeni meydan okumaları da beraberinde getirmiştir.

Tablo 1: Eğitim Kademelerine Göre Okullaşma Oranı

Eğitim Kademesi	**2000-2001 Dönemi (%)**	**2024-2025 Dönemi (%)**	**Değişim (Yüzde Puan)**
İlköğretim (Net Okullaşma)	95.28	95.40	+0.12
Ortaöğretim (Net Okullaşma)	43.95	82.90	+38.95
Yükseköğretim (Genç Nüfus Katılım)	12.27	~45.00+	+32.73
Lise Altı Eğitimli (25-34 Yaş)	~50.00+	28.00	-22.00

Kaynak: MEB Örgün Eğitim İstatistikleri (2024); OECD Education at a Glance (2025)

Uluslararası Değerlendirmeler Işığında Eğitim Kalitesi: PISA ve TIMSS Bulgularının Analizi

Eğitimin kalitesini ölçmek için kullanılan en temel araç, OECD tarafından üç yılda bir düzenlenen PISA (Uluslararası Öğrenci Değerlendirme Programı) sınavlarıdır. Türkiye'nin PISA karnesi, zaman içinde dalgalı ancak genel olarak yukarı yönlü bir eğilim sergilemiştir. 2003 yılındaki ilk katılımda matematik ve fen alanlarında oldukça düşük puanlar alan Türkiye, 2012 yılına kadar kademeli bir iyileşme göstermiş, ancak 2015 yılında ani ve sert bir düşüş yaşamıştır. 2015 yılındaki bu gerileme, eğitimdeki niceliksel genişlemenin (sınava katılan öğrenci evreninin büyümesi) kalite üzerindeki geçici baskısı olarak yorumlanmıştır.

PISA 2022 sonuçları ise Türkiye için bir toparlanma ve bazı alanlarda tarihsel zirvelere ulaşma dönemini temsil etmektedir. Türkiye, 2022 yılında matematikte 453, fen bilimlerinde 476 ve okuma becerilerinde 456 puan almıştır. Özellikle fen bilimleri alanında ulaşılan 476 puan, Türkiye'nin 2006'dan bu yana elde ettiği en yüksek skordur. Bununla birlikte, bu puanlar hala OECD ortalamalarının (matematik 472, fen 485, okuma 476) altındadır. Bu durum, Türkiye'nin temel bilimler eğitiminde belirli bir ivme yakaladığını kanıtlamaktadır.

PISA Performans Verileri ve Karşılaştırmalı Analiz

PISA sonuçlarının derinlemesine analizi, Türkiye'nin eğitim sistemindeki temel darboğazın "üst düzey başarı" eksikliği olduğunu göstermektedir.

Tablo 2: PISA Skorları

PISA Alanı	**2015 Skoru**	**2018 Skoru**	**2022 Skoru**	**OECD Ortalaması (2022)**
Matematik	420	454	453	472
Fen Bilimleri	425	468	476	485
Okuma Becerileri	428	466	456	476

Kaynak: OECD PISA 2015,2018,2022 Ülke Raporu

ARAŞTIRMA VE BULGULAR: Beşeri Sermayenin Ekonomik Büyümeye Etkisi

Beşeri sermayenin ekonomik büyüme üzerindeki etkisi, Türkiye üzerine yapılan çok sayıda ampirik araştırmada farklı yönleriyle ele alınmıştır. Literatürde genel olarak eğitimin büyümeyi iki temel mekanizma üzerinden etkilediği kabul edilmektedir. Bunlardan ilki işgücünün bilgi ve beceri düzeyini artırarak verimliliği yükseltmesi, ikincisi ise teknolojik yeniliklerin benimsenmesini ve toplam faktör verimliliğindeki artışı desteklemesidir. Ancak Türkiye üzerine yapılan çalışmaların sonuçları tam anlamıyla ortak bir noktada birleşmemekte, farklı değerlendirmeler ortaya koymaktadır.

İlk yaklaşımı benimseyen araştırmacılar, eğitim ve beşeri sermaye yatırımlarının ekonomik büyümenin temel belirleyicilerinden biri olduğunu savunmaktadır.

Türkiye ekonomisi üzerine gerçekleştirilen ARDL analizleri, eğitim göstergeleri ile gelir düzeyi arasında uzun dönemli ve çift yönlü bir ilişki bulunduğunu göstermektedir. Bu sonuç, eğitimin yalnızca ekonomik büyümenin bir sonucu olmadığını, aynı zamanda büyümeyi besleyen temel unsurlardan biri olduğunu ortaya koymaktadır. Benzer şekilde kısa dönemli analizlerde ortaöğretim ve teknik lise düzeyindeki okullaşma oranlarının ekonomik büyüme üzerinde anlamlı etkiler yarattığı tespit edilmiştir. Tansel ve Güngör (1997), Kar ve Ağır (2006) ile Afşar'ın (2009) çalışmaları, eğitim düzeyindeki yükselişin bireysel gelirleri artırdığını, işgücü verimliliğini desteklediğini ve uzun dönemde ekonomik büyümeye olumlu katkı sağladığını göstermektedir. Daha yakın tarihli araştırmalar da eğitim göstergelerindeki iyileşmelerin kişi başına gelir artışı üzerinde pozitif etkiler yarattığını doğrulamaktadır.

Eğitimin büyümeye etkisi yalnızca eğitim süresiyle sınırlı değildir. Nitekim yapılan çalışmalar, Türkiye'de ortalama eğitim süresindeki bir yıllık artışın kişi başına gelir büyümesini olumlu yönde etkilediğini ortaya koymaktadır. Bununla birlikte modele PISA gibi uluslararası başarı testlerinden elde edilen göstergeler dahil edildiğinde, eğitimin büyüme üzerindeki etkisinin daha güçlü biçimde ortaya çıktığı görülmektedir. Hanushek ve Woessmann'ın (2012) bulgularıyla uyumlu olarak, eğitim kalitesinde sağlanacak önemli bir iyileşmenin uzun dönemde ekonomik büyüme performansına anlamlı katkılar sağlayabileceği değerlendirilmektedir. Bu durum, yalnızca okullaşma oranlarının değil, eğitimin niteliğinin de büyüme açısından belirleyici olduğunu göstermektedir.

Ekonomik büyümenin sürdürülebilirliği açısından toplam faktör verimliliği önemli bir göstergedir. Türkiye'nin 2000'li yılların ilk yarısında yakaladığı yüksek büyüme performansında toplam faktör verimliliğindeki artışın önemli rol oynadığı görülmektedir. Bu dönemde uygulanan kurumsal reformlar ve eğitim alanındaki gelişmeler verimlilik artışını desteklemiştir. Ancak sonraki yıllarda toplam faktör verimliliğinin büyümeye katkısının zayıflaması, ekonomik büyümenin daha çok iç talep ve kredi genişlemesine dayalı bir yapıya yönelmesine neden olmuştur. Yapılan ampirik çalışmalar, özellikle lisans ve doktora düzeyindeki eğitim yatırımlarının toplam faktör verimliliği üzerinde daha belirgin etkiler oluşturduğunu göstermektedir. Buna karşılık bazı alanlarda yükseköğretim mezunlarının sahip olduğu beceriler ile işgücü piyasasının talepleri arasında uyumsuzluklar bulunduğu da dikkat çekmektedir. Bu durum, eğitim kalitesinin ve eğitim-istihdam ilişkisinin ekonomik performans açısından kritik önem taşıdığını ortaya koymaktadır.

Literatürdeki ikinci yaklaşım ise Türkiye'nin son yıllardaki büyüme deneyimini daha eleştirel bir bakış açısıyla değerlendirmektedir. Bu görüşe göre Türkiye, düşük maliyetli işgücüne dayalı büyüme modelinin sınırlarına ulaşmış; ancak yüksek katma değerli üretime geçiş için gerekli nitelikli işgücü ve kurumsal dönüşümü yeterince gerçekleştirememiştir. Acemoğlu ve Üçer (2020), özellikle 2007 sonrasında Türkiye ekonomisinin verimlilik odaklı büyümeden uzaklaştığını ve daha düşük kaliteli bir büyüme patikasına yöneldiğini ileri sürmektedir. Araştırmacılara göre bu durumun temel nedenlerinden biri nitelikli işgücü eksikliğidir. İşverenler ihtiyaç duydukları becerilere sahip çalışan bulmakta zorlanırken, aynı dönemde yükseköğretim mezunu işsizliğinin de yüksek seviyelerde seyretmesi dikkat çekmektedir. PISA sonuçlarında gözlenen dalgalanmalar da bu değerlendirmeleri destekleyen göstergeler arasında yer almaktadır.

Tablo 3: Büyüme Kategorisi ve Temel Belirleyicileri

Büyüme Kategorisi	**Temel Belirleyici**	**Türkiye'nin Durumu (2007-Günümüz)**	**Beşeri Sermaye Rolü**
Yüksek Kaliteli Büyüme	TFP, Teknolojik İlerleme, İnovasyon	Kısıtlı / Sektörel	Kritik (Yüksek Yetkinlik İhtiyacı)
Düşük Kaliteli Büyüme	Kredi Genişlemesi, Tüketim, İnşaat	Baskın	İkincil (Düşük Vasıflı Emek)
Orta Gelir Tuzağı	Verimlilik Stagnasyonu	Mevcut Risk	Darboğaz (Nitelik Eksikliği)

Kaynak: Acemoglu ve Üçer (2020) "High-Quality Versus Low-Quality Growth in Turkey"

İşgücü Piyasası ve Eğitim Çıktılarının Entegrasyonu

Eğitimin ekonomik büyümeye dönüşebilmesi için işgücü piyasasında karşılık bulması gerekir. Türkiye'de eğitim düzeyi ile işgücüne katılım arasında çok güçlü bir korelasyon vardır. 2025 verilerine göre yükseköğretim mezunlarının işgücüne katılım oranı %76,9 iken, okuryazar olmayanlarda bu oran %17,6'dır. Bu durum, eğitimin bireyi ekonomik hayatın içine çekmede en temel araç olduğunu kanıtlamaktadır.

Buna rağmen, Türkiye'de eğitimli genç işsizliği bir yapısal sorun olarak devam etmektedir. 25-34 yaş grubunda yükseköğretim mezunlarının işsizlik oranı %10,6 ile OECD ortalamasının (%4,9) oldukça üzerindedir. İlginç bir şekilde, lise altı eğitimlilerin işsizlik oranı (%11,2) ile üniversite mezunlarınınki birbirine çok yakındır. Bu tablo, üniversite diplomasının iş bulma garantisini zayıflattığına ve eğitimin kalitesine dair şüphelerin işveren nezdinde devam ettiğine işaret etmektedir.

Eğitim Düzeyine Göre Ücret Primleri ve Getiri Analizi

Eğitimin ekonomik değeri, bireye sağladığı ücret artışıyla da ölçülür. Türkiye'de eğitimli işgücü, eğitimsiz olana kıyasla hala ciddi bir ücret avantajına sahiptir. Lise mezunları ile lise altı eğitimliler arasındaki ücret farkı %23 iken, yükseköğretim mezunları lise mezunlarına göre %49 daha fazla kazanç elde etmektedir. Ancak, 2020 sonrası dönemde yaşanan yüksek enflasyon ve reel ücretlerdeki genel aşınma, üniversite mezunlarının satın alma gücünü ve kazanç primini baskılamıştır. Bu durum, uzun vadede beşeri sermaye birikimini sekteye uğratabilecek bir "getiri azalması" riski yaratmaktadır.

Tablo 4: Eğitim Seviyesi ve İşgücü Göstergeleri

Eğitim Seviyesi	İşgücüne Katılım (%)	İşsizlik Oranı (%)	Ücret Primi (Lise=100)
Okuryazar Olmayan	17.6	-	~60
Lise Altı	45.8	11.2	77
Lise Mezunu	57.0	10.2	100
Mesleki ve Teknik Lise	67.1	10.2	105
Yükseköğretim	76.9	10.6	149

Kaynak: TÜİK İşgücü İstatistikleri (2025) ve OECD (2025)

Eğitim Finansmanı ve Kaynak Tahsisinin Etkinliği

Eğitim kalitesinin iyileştirilmesi, finansal kaynakların miktarı kadar bu kaynakların nasıl yönetildiğiyle de ilgilidir. Türkiye'nin kamu eğitim harcamaları, GSYH'ye oranla son yıllarda düşüş göstermiştir. 2015'te %4,9 olan bu pay, 2022'de %3,4'e gerilemiştir. OECD ortalamasının %4,7 olduğu bir ortamda, Türkiye'nin eğitim finansmanında görece geride kaldığı görülmektedir. Daha da kritik olan veri, öğrenci başına yapılan harcamadır; Türkiye'de bu rakam (PPPcinsinden) 3.374 USD iken, gelişmiş OECD ülkelerinde 10.000 USD'nin üzerindedir.

Ampirik bulgular, Türkiye'de eğitim harcamalarındaki artışın işgücü verimliliği üzerinde asimetrik bir etkisi olduğunu göstermektedir. Bazı dönemlerde harcama artışlarının verimliliğe katkısı negatif veya nötr kalabilmektedir. Bunun temel nedeni, bütçenin büyük kısmının personel giderlerine ve fiziksel inşaat faaliyetlerine gitmesi, buna karşın laboratuvar, dijital içerik, öğretmen eğitimi ve araştırma faaliyetlerine ayrılan payın kısıtlı kalmasıdır. Kaynak tahsisinde verimliliğin artırılması, paranın miktarından ziyade "kalite artırıcı" kalemlere kanalize edilmesini gerektirmektedir.

SONUÇ VE POLİTİKA ÖNERİLERİ

Bu çalışma kapsamında incelenen teorik ve ampirik bulgular, beşeri sermayenin ekonomik büyümenin en önemli belirleyicilerinden biri olduğunu göstermektedir. Türkiye açısından konu yalnızca eğitim politikalarıyla sınırlı bir mesele değil, aynı zamanda sürdürülebilir kalkınma, verimlilik artışı ve orta gelir tuzağının aşılması açısından stratejik bir öneme sahiptir. Son yirmi yılda eğitim alanında önemli ilerlemeler kaydedilmiş, özellikle okullaşma oranlarında dikkat çekici artışlar yaşanmıştır. Bununla birlikte, eğitimde niceliksel büyümenin aynı ölçüde niteliksel gelişmeyle desteklenememesi, beşeri sermayenin ekonomik büyümeye sağlayabileceği katkının tam olarak ortaya çıkmasını sınırlandırmıştır.

PISA ve TIMSS gibi uluslararası değerlendirme sonuçları, Türkiye'nin eğitim alanında önemli bir potansiyele sahip olduğunu göstermektedir. Ancak bu potansiyelin ekonomik büyümeye daha güçlü biçimde yansıyabilmesi için eğitim kalitesinin geliştirilmesi gerekmektedir. Literatürde yer alan çalışmalar, eğitim süresindeki artışın tek başına yeterli olmadığını; problem çözme, analitik düşünme ve bilişsel beceriler gibi niteliksel unsurların ekonomik performans üzerinde daha belirleyici olduğunu ortaya koymaktadır. Eğitim kalitesindeki iyileşmeler, işgücünün verimliliğini artırmakta, teknolojik dönüşüm süreçlerini hızlandırmakta ve toplam faktör verimliliğine olumlu katkı sağlamaktadır.

Bu çerçevede Türkiye'nin sürdürülebilir ve yüksek katma değerli bir büyüme modeline geçebilmesi için bazı temel politika alanlarına öncelik vermesi gerekmektedir.

İlk olarak, eğitim sisteminin merkezinde yer alan öğretmen niteliğinin güçlendirilmesi önem taşımaktadır. Öğretmen yetiştirme programlarının güncel beceri ihtiyaçlarıyla uyumlu hale getirilmesi, hizmet içi eğitim faaliyetlerinin yaygınlaştırılması ve öğretmenlerin mesleki gelişimlerinin sürekli desteklenmesi eğitim kalitesinin artırılmasında önemli rol oynayacaktır. Daha sonra, mesleki ve teknik eğitimin işgücü piyasasının ihtiyaçları doğrultusunda yeniden yapılandırılması gerekmektedir. Dijitalleşme, yapay zekâ uygulamaları, siber güvenlik ve yeşil dönüşüm gibi alanlarda ihtiyaç duyulan becerilerin eğitim programlarına daha etkin biçimde entegre edilmesi, işgücü piyasasındaki beceri uyumsuzluğunun azaltılmasına katkı sağlayacaktır. Erken çocukluk eğitimine yönelik yatırımların artırılması uzun dönemli beşeri sermaye birikimi açısından kritik öneme sahiptir. Araştırmalar, bireylerin bilişsel ve sosyal becerilerinin önemli bir kısmının erken yaşlarda şekillendiğini göstermektedir. Bu nedenle okul öncesi eğitime erişimin yaygınlaştırılması ve eğitim kalitesinin yükseltilmesi uzun vadeli ekonomik kazanımlar sağlayacaktır. Eğitim kaynaklarının daha adil ve etkin dağıtılması gerekmektedir. Özellikle sosyoekonomik açıdan dezavantajlı bölgelerde eğitim altyapısının güçlendirilmesi ve fırsat eşitliğinin desteklenmesi, beşeri sermaye gelişiminin ülke geneline yayılmasına katkıda bulunacaktır. Eğitim politikalarının teknoloji, inovasyon ve Ar-Ge politikalarıyla bütüncül bir anlayış içerisinde ele alınması gerekmektedir. Günümüzde ekonomik başarı yalnızca mezun sayısıyla değil, yenilik üretebilen, teknoloji geliştirebilen ve küresel rekabet gücüne sahip insan kaynağıyla ölçülmektedir. Bu nedenle beşeri sermaye politikalarının uzun vadeli kalkınma hedefleriyle uyumlu şekilde tasarlanması büyük önem taşımaktadır.

Sonuç olarak, Türkiye'nin sürdürülebilir büyüme ve yüksek gelirli ülkeler grubuna yükselme hedeflerine ulaşabilmesi, sahip olduğu insan kaynağının niteliğini artırmasına bağlıdır. Eğitim kalitesine yönelik her iyileştirme yalnızca bireysel kazanımlar yaratmakla kalmayacak, aynı zamanda ülkenin verimlilik düzeyini, rekabet gücünü ve toplumsal refahını da destekleyecektir. Bu nedenle beşeri sermayeye yapılan yatırımlar, ekonomik büyümenin yanı sıra uzun dönemli kalkınmanın da temel unsurlarından biri olarak değerlendirilmelidir.

KAYNAKÇA

Acemoglu, D., & Üçer, M. (2020). High-Quality Versus Low-Quality Growth in Turkey: Causes and Consequences. In Turkish Economy at the Crossroads. World Scientific.

Afşar, M. (2009). Türkiye'de eğitim yatırımları ve ekonomik büyüme ilişkisi. *Anadolu Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi, 9*(1), 85–98.

Barro, R. J. (1991). Human capital and economic growth. *Proceedings - Federal Reserve Bank of Kansas City*, 199–230.

Becker, G. S. (1964). *Human capital: A theoretical and empirical analysis, with special reference to education*. University of Chicago Press.

Hanushek, E. A., & Woessmann, L. (2012). Do better schools lead to more growth? Cognitive skills, economic outcomes, and causation. *Journal of Economic Growth, 17*(4), 267–321.

Kar, M., & Ağır, H. (2006). Türkiye'de beşeri sermaye ve ekonomik büyüme ilişkisi: Nedensellik testi. *Sosyoekonomi, 2*(4), 51–68.

Lucas, R. E., Jr. (1988). On the mechanics of economic development. *Journal of Monetary Economics, 22*(1), 3–42.

Millî Eğitim Bakanlığı. (2024). Millî Eğitim İstatistikleri: Örgün Eğitim 2023–2024. Ankara: MEB.

OECD. (2019). *PISA 2018 results (Volume I): What students know and can do*. OECD Publishing.

OECD. (2023). *PISA 2022 results (Volume I): The state of learning and equity in education*. OECD Publishing.

OECD. (2025). *Education at a glance 2025: OECD indicators*. OECD Publishing.
OECD. (2025). *OECD labour force statistics 2025*. OECD Publishing.
Romer, P. M. (1990). Endogenous technological change. *Journal of Political Economy, 98*(5), S71–S102.
Schultz, T. W. (1961). Investment in human capital. *The American Economic Review, 51*(1), 1–17.
Tansel, A., & Güngör, N. D. (1997). Educational attainment and returns to education in Turkey. *Economics of Education Review, 16*(1), 25–35.
TIMSS & PIRLS International Study Center. (2024). *TIMSS 2023 international results in mathematics and science*. Boston College.
Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK). (2025). İşgücü İstatistikleri 2025. Ankara: TÜİK.

RECENT NATIONAL AND GLOBAL FISCAL RISK PERCEPTIONS AND CREDIT RATING ISSUES IN TÜRKIYE

Prof. Dr. Ahmet Niyazi ÖZKER
Bandirma Onyedi Eylul University, Faculty of Economics and, Administrative Sciences, Public Finance Department 10200-TÜRKİYE
ORCID ID: 0000-0001-5313-246X

ABSTRACT
This study aims to highlight the main dynamics of national and global risk perception in Türkiye, while also focusing on the dynamics driving global problems and their impact on global risk perception. The recent inflation in Türkiye has led to differing assessments and studies on global and national risk perception. Academically, within a conceptual framework that distinguishes between market risk and credit rating risk, CDS (Credit Default Swap) premiums highlight certain influencing factors in Türkiye's national financial risk perception. In this context, although a positive trend has been observed in the overall outlook and assessment scale of global credit rating agencies, particularly in light of the recent tight monetary policy and data from the Ministry of Treasury and Finance, it is also observed that a global credit rating problem has emerged as a common point between global risk appetite and national financial risks. Therefore, it is necessary to emphasize that the perception of national and global risk in Türkiye is shaped on three main pillars: the goal of ensuring the permanence of falling inflation rates, particularly within a framework of inevitable political and economic credibility, and consequently, preventing fragility in foreign exchange reserves. In this context, it is observed that the perception of global risk in Türkiye is reflected in the accumulation of reserves or in a structure that leads to cautious positive rating upgrades based on the normalization of monetary policy and the structural relationships based on global credit ratings. The structure in recent years, where it has been particularly emphasized that the credit rating problems in Türkiye are not simply a matter of "low rating" or "downgrade," shows that macroeconomic improvement also needs structural credibility, and that a tight monetary policy that can reduce the risk premium has found its place in the recent process in Türkiye as a guarantee that directly affects the perception of risk in the country.
Keywords: Credit Rating; Developing Countries, Foreign Exchange Risk, Global Fiscal Risk, National Risk Perception.
JEL Codes: E43, E44, E52.

INTRODUCTION
In Türkiye, a particularly noteworthy point in this regard is the approach that achieving a secure and stable economic stance within the framework of sustainable growth requires overcoming vulnerabilities arising from geopolitical risks and trade policy uncertainties. Recently, perceptions of financial risks, especially regarding global bond yields and the sustainability of foreign debt, have emerged as a structure where the concept of risk is perceived differently. In this context, the re-examination of borrowing trends, particularly those related to energy imports and the energy sector, within a geopolitical framework, highlights the significant role of the political balance process for the Turkish economy. This leads countries to incur a high-risk cost, and this risk cost is further amplified by geopolitical risks and uncertainties in trade policy, creating a highly fragile structure. This approach, considered an expression of the fragile process of recent times, has also brought to the forefront a position that highlights the fact that global risks, especially high energy costs, make it inevitable to strengthen investor sentiment and ensure stable predictability for Türkiye. Furthermore, in terms of global financial risks, the tightening of global liquidity through the Federal Reserve's (FED) tight monetary policy, a phenomenon often viewed as bleak, has transformed into a multi-layered structure directly related to financial stability, external debt sustainability, credit rating dynamics, and monetary policy credibility (International Monetary Fund, 2023).
In Türkiye, between 2021 and 2025, especially when considering the post-pandemic period, a significant increase in risk perception, particularly in financial risk perception, is observed. In other words, considering CDS (Credit Default Swaps) exceeding 700 points, the questioning of the Turkish Central Bank's reserves and the assessment of short-term external debt within a higher risk premium are also

observed. This directly affects investment behaviour, and exchange rate risks are considered a priority, leading to a transformation in global risk perception and hedging. From this perspective, it can be said that the transformation of global financial risk perception into a significant risk potential, considering both geopolitical risks and trade policy uncertainties, as well as commodity price fluctuations, presents a holistic structural impact (World Bank, 2024). Therefore, it is noteworthy that the increase in global financial risk perception, particularly in Turkish reports, and the weakening of capital flow due to capital increases, are significant factors. This approach, on the other hand, reveals the need to evaluate it as a fact. The gloomy description of the global financial outlook in global economic and risk reports has also affected Türkiye, further increasing the perception of uncertainty in the markets. Within this framework, it can be said that the perception of financial risk in Türkiye has been shaped along three main axes in recent times (UNCTAD, 2023). The first is undoubtedly the increase in institutional and political credibility risks, especially in the period after 2021. The second is the market vulnerabilities arising from the ongoing macroeconomic dynamics in Türkiye and the position created by the fragile institutional structure, particularly the low impact values on external debt and inflation. Thirdly, there are undoubtedly negative questions regarding reserve adequacy, which directly affects financial market services, CDS (Credit Default Swap) dividend interest rates, and capital movements. The failure to achieve lasting success in combating inflation and the inability to say that institutional confidence and predictability have been successfully increased have made Türkiye's position in international markets, particularly in terms of global risk premiums, questionable, especially regarding perceptions of financial risk. However, improvements in Türkiye's international credit ratings and the establishment of a strong foundation for ongoing financial sustainability, as well as overcoming the significant pressure on the sustainability of foreign currency debt, especially given the high level of global bond yields, point to a position that cannot be missed (Fitch Ratings, 2022).

THE FINANCIAL STABILITY UNDER GLOBAL RISK PRESSURES RECENTLY AND ITS STRUCTURAL DYNAMICS IN TÜRKIYE

In Türkiye, particularly regarding financial stability, the key point to emphasize is that the financial stability problem, especially in recent years, has been entirely structural in nature. That is, it has manifested itself as a financial stability problem that is largely structural rather than cyclical, and has transformed into something different in Türkiye due to the short-term effects of heterodoxic monetary policies on growth and credit expansion. Naturally, this structure, particularly as a result of increased dollarization, has also increased risk premiums; and, especially in the long term, it has transformed into an insecure production process where political instability and occasional concessions in monetary policy implementation make structural reforms inevitable, hindering the re-establishment of a reliable monetary policy and institutional confidence (Freytag, 2005).

CDS Premiums in Türkiye: The Impact of Macroeconomic Risks on the Financial System and Fiscal Fragility

The subject of Türkiye's financial stability problem is limited by high inflation and geopolitical risks, as well as short-term systemic crises, and reveals the unconditional need for a price stability structure for financial stability. Understanding this phenomenon, especially in recent times in Türkiye, means identifying or revealing the dynamics in which political, economic, and financial risks influence each other. In this context, the recent reserve efficiency capacity in the Turkish economy, beyond what is evident when in direct communication with the Central Bank, is particularly evident. Especially from a geopolitical perspective, the wars in the region and the position of the Turkish banking sector, along with precautionary macroeconomic policies, have brought the pandemic mechanism to the forefront, highlighting the sustainability and control of the system for capital (International Monetary Fund, 2022). This situation, viewed negatively, is seen as a process where the need for external financing increases, leading to a current account deficit. On the other hand, the structure, where low savings rates increase dependence on external resources, along with political risks, has increased financial fragility by raising the cost of capital as CDS premiums. These structural dynamics with impact mechanisms and their impact on global risk perception in Türkiye can be summarized as follows, in the context of recent macro alteration events in Türkiye:

Table 1. Structural Dynamics Affecting Financial Stability in Türkiye in Relation to Global Risks

Structural Dynamics	Impact Mechanism
High dollarization	Reduces the effectiveness of monetary policy
Current account deficit dependency	Increases the need for external financing
Short-term capital inflows	Increases financial fragility
High inflation	Distorts real interest rates and investment behaviour
Low savings rate	Increases dependence on external resources
Bank-centred financial system	Causes systemic risk to concentrate in the banking sector
Geopolitical risks	Increases CDS premiums and financing costs

Source: OECD (2023). OECD Economic Surveys: Türkiye 2023. Paris: Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD) Publishing. Retrieved from https://www.oecd.org/economy/surveys/Türkiye-economic-snapshot/; International Monetary Fund (IMF). (2025). Türkiye: Article IV Consultation Report. Washington, DC: International Monetary Fund (IMF). Retrieved from https://www.imf.org/en/Countries/TUR.

As can be seen in the table above, the fundamental structural dynamics of Türkiye's stability functions, particularly in terms of financial stability, demonstrate a resulting effect: the resilience of the banking system and money markets to potential global risk factors. In this context, approaches that highlight the extreme importance of these dynamics, especially in developing economies like Türkiye, point to a period of high dollarization and increasing current account deficits, where problems such as high inflation and dollarization have become chronic in Türkiye in recent times. The current account deficit dependency expressed in Table 1 above can also be considered as an economic growth deviation, particularly due to the country's imports exceeding its exports and the negative impact on real investments by increasing short-term capital inflows and hot money flows. On the other hand, the predominantly bank-centric financial system in Türkiye and the concentration of risks in the banking sector point to a meaningful approach in interpreting the perception of global financial risk. This structure indicates a critical situation in the Turkish banking sector where potential crises pose a systemic risk to the economy, particularly increasing the risk premium and, especially in terms of CDS (Credit Default Swap) premiums, raising the global risk perception. This situation points to a structure where investor confidence decreases and exchange rate shocks cause short-term capital inflows and outflows in Türkiye (Erdemli, 2025).

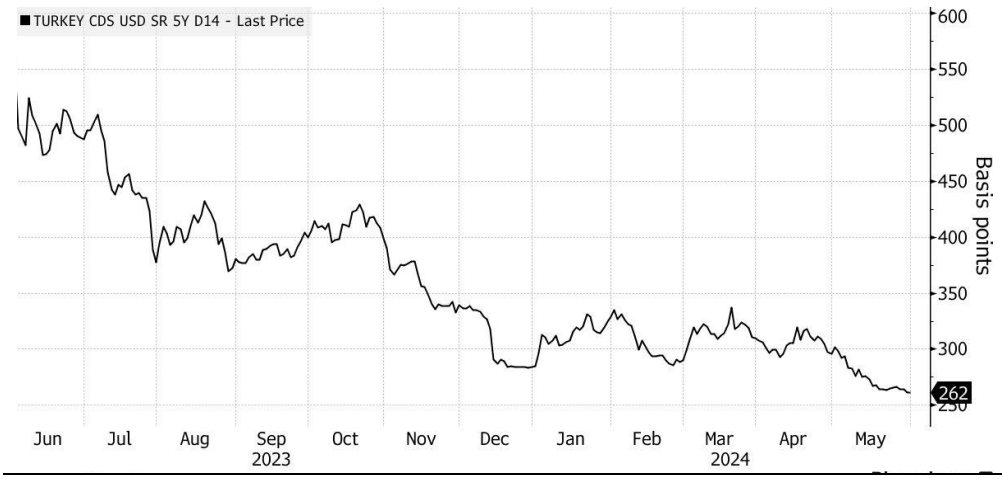
In this context, exchange rate volatility and global interest rate increases, which increase capital movements and exchange rate pass-through, have frequently come to the forefront in a sociology characterized by negative real interest rates. In this context, the capital adequacy and liquidity ratios of banks, especially financial institutions in Türkiye, indicate a position largely focused on the Central Bank within the system (. In Türkiye, particularly in the context of foreign currency deposit accounts, the expansion of credit by public banks and the risks related to asset credit quality have further exacerbated the situation, making it inevitable for the Central Bank of the Republic of Türkiye to prioritize macroprudential measures. However, this inevitability, coupled with the increased emphasis on such Central Bank policies, has transformed into a structure where the effectiveness of monetary policy has decreased and shocks have intensified, all under the influence of global risks.

The inclusion of factors such as central financial systems, low inflation rates, and current account deficits among the structural dynamics that constitute Türkiye's financial stability and vulnerabilities reveals a significant structural impact. This situation also clearly highlights the fact that global interest rate increases and the rise in global risk factors have caused significant deviations in portfolio investments in Türkiye (Bakin and Gurgun, 2014).

Convergence of Türkiye's Risk Premium and Analysis of Financial Risk Perception in Türkiye

From a visual financial perspective, it is undoubtedly necessary to emphasize that CDS (Credit Default Swap) premium values in Türkiye are extremely effective, and that these values are a significant indicator, especially for the Turkish economy. It also highlights the role of a key market actor in the country's risk unit indicators from a risk premium perspective. Regarding economic policies, the support provided by the Central Bank of the Republic of Türkiye, particularly through interest rate increases, reveals that it aims to improve Türkiye's access to external financing. This approach, which also aims to create a significant positive impact on international investment perception, shows that the easing of exchange rate pressure and the improvement in CDS values in the face of high global interest rates necessitate the support of reform policies to make this improvement permanent (Küçükkaya, 2011).

It is clearly seen that a structure sensitive to financial conditions and geopolitical risks has emerged in Türkiye, especially during the period covering 2023 and 2024. This structure for 2023-2024 has highlighted the fragility factors of fluctuations in monetary policy. Changes in global risk appetite and the ongoing inflation outlook in Türkiye are far from meaning that financial fragility and global risk perception have disappeared. The decline in CDS premiums is not structural, but rather specific. The fact that CDS (Credit Default Swap) premium points decreased from around 500 points in June 2023 to 262 points in 2024 can be considered a sign of significant improvement. While this phenomenon, which also indicates a weakening of financial vulnerabilities, has created a positive impact on foreign exchange reserve policies by being supported by macro-level policies related to combating inflation, it is also frequently suggested that this effect may only be a small braking effect (OECD, 2025). In Graph 1 below, it is possible to observe the changes in Türkiye's 5-year CDS (Credit Default Swap) premiums within the framework of Convergence of Türkiye's Risk Premium in relation to global risk perception:



Source: Bloomberg. (2026). Türkiye CDS USD SR 5Y D14 historical market data. Bloomberg Markets. Retrieved May 12, 2026, from https://www.bloomberg.com/professional/product/indices/ (Accessed May, 08.2026); World Government Bonds. (2026). Türkiye 5 years CDS historical data. Retrieved May 12, 2026, from https://www.worldgovernmentbonds.com/cds-historical-data/Türkiye/5-years/ (Accessed May, 12.2026).

Graphic 1. Analysis of Financial Risk Perception in Türkiye Based on the 5-Year CDS Indicator

In Chart 1 above, focusing specifically on Türkiye during 2023 and 2024, the aforementioned relationships between tight monetary policies and market confidence indicate a period of recovery.

In this context, it is possible to acknowledge the positive impact of structural reforms, albeit short-term, on the sustainability of financial stability and reserve adequacy, which means healing and recovery of the international investor perception. Chart 1 displays change of Türkiye's 5-year dollar CDS (Credit Default Swap) premium during approximately one year. The CDS premium is a type of insurance cost that investors use as they try to hedge against a country defaulting on its debt and it remains one of the best indicators of country risk in international markets. (Bank for International Settlements, 2024). As can be observed, a line graph presented above shows us that, for CDS, the signal began at around 500 bps to a total of 262 bps.

I think this shows a massive improvement in the perception of risk in the Turkish economy. The implication from this point is that CDSs are high from the inception of the graphs. If the Turkish economy reached over 500 basis points around the year, on this kind of indicators, particularly in June and July it demonstrates how high risk the economy was for the market. While this was relatively high inflation, exchange rate risk, a lack of reserves, election-post uncertainty, and doubt over the economic policy adopted at the time may have kept the CDS premium high. As per financial literature, CDS levels that are above 400 basis points are indicative of fragility and high default risk. Over the later stages of the chart, especially August-October, this CDS level shows a strong (albeit relatively stable) trend. During this period, the appointment of a new economic management team, interest rate hikes, and the promise of a shift towards more orthodox monetary policies left limited confidence in the markets (Associated Press, 2023). The CDS premium has shown a horizontal development since the beginning of 2024. From January to May the CDS fluctuated between 280-330 basis points. With this situation, the market perception of excess risk fell significantly, and this also applies to economic vulnerabilities that may not completely disappear in the future. Due to this period, investors find that the Turkish economy is not to be viewed as a country prone to a crisis yet is, on the contrary, an emerging market and an economy is under control with risks. This is indicative of the faith in Turkish financial markets into it. Broadly, a reduction in the CDS premium means the amount of foreign exchange rate pressure decreases, as does capital inflow, which in turn reduces the yield on bonds (Demiralp and Kara, 2024).

Türkiye's Risk Outlook: The Decline in Türkiye's CDS Premium and the Transformation in Global Risk Perception

Türkiye's risk premium was remaining at exceptionally elevated rates in 2022 and 2023 as depicted in the graph. Rising prices began to be visible to the market in mid-2022, but a decline occurred at the end of 2023. Türkiye's CDS premium gradually diminished over 2024, returning to its previous average level and similar size of neighbouring countries. This shows that the markets are now more expectation-wise towards normalization of economic policies and financial stability. Overall, a graph comparatively shows how Türkiye's risk perception changed and its placement in international markets changed from the beginning of the year (Akyüz, 2024). The present CDS levels that are higher than those found in developed countries are also an indication that not all of the Turkish economy's economic structural vulnerabilities have been alleviated. Türkiye-specific country risk premium (CDS spread) trends versus emerging market bonds with similar credit ratings across Jan 2022-Jan 2025.

On the left face of the chart is an orange line for Türkiye while the grey line corresponds to the BB category country bonds, on the right edge lies the blue line for B category country bonds. following the graph, this shows that Türkiye's country risk premium has decreased steadily over the past twelve months, indicating less perceived risk in foreign markets (Selçuki and Demiralp, 2024). Of interest, the decline of the CDS premium from 500 basis points to 262 basis points reflects the higher management confidence in the economy. In Graph 2 below, the orange line represents Türkiye, the grey line represents the bonds of countries with a BB credit rating, and the blue line represents the bonds of countries with a B credit rating. In more academic terms, the orange line in the graph below represents Türkiye's CDS premium, the grey line represents the average risk premium of BB-rated country bonds, and the blue line represents the risk premium of B-rated country bonds:

Source: Fitch Ratings (2025). Türkiye sovereign rating reports and comparative sovereign risk assessments. Retrieved January 12, 2026, from https://www.fitchratings.com/search?expanded=issue&filter.country =Türkiye; J.P. Morgan (2025). Emerging market sovereign spread indicators and EMBI statistics. Retrieved from https://www.jpmorgan.com/insights/global-research/emerging-markets.
Graphic 2. BB Sovereign CDS Dynamics and Convergence of Türkiye's Risk Premium

Regarding Graph 2, the following graph shows the pattern of Türkiye's sovereign risk premium indicator (presumably the CDS spread or EMBI spread) as well as various other groups of emerging economies from January 2022 to January 2025. Türkiye is shown with the orange line, BB with the grey line, and B with the blue line. Therefore, the sovereign risk premium or CDS spread relates to how much investors would need to accumulate if a country defaulted on its debts. Consequently, higher spreads indicate a higher investor risk perception, while lower spreads indicate increased confidence in that region. In this case, spread momentum in emerging markets is not driven solely by local economic variables. Other factors such as global financial conditions, US interest rate policy, dollar liquidity, investor risk appetite, and geopolitical changes also affect these indicators (Özatay and Sak, 2024). Sovereign spreads are financial analysis tools that consider risks that vary not only by country but also by global financial risk perceptions. A sharp increase in 2022 is one of the earliest major segments of the chart: in Türkiye, it rose from 500 basis points to 800 basis points in the same time-period.
We also expect spreads for Category B countries to be around 900 basis points during the same period. And indeed, this is a phenomenon closely linked to the major risk movements in the global financial system in 2022. For example, the aggressive interest rate hikes by the US Federal Reserve (Fed) depleted dollar reserves and drove investors away from the risky asset market. Higher global interest rates further increased external borrowing costs for these developing countries and widened sovereign spreads. At the same time, energy price shocks stemming from the Russia-Ukraine war placed significant pressure on countries importing energy from one side or the other. Türkiye was strongly exposed to an international shock due to its heavy dependence on energy and current account deficit. However, the global impact alone was not seen as an explanation for Türkiye's rising risk premiums (Adem and Vuran, 2018). The most striking point in this chart is that Türkiye occasionally crossed the boundaries of Category B countries.
The second important component of the graph is the decline we observe once again in the post-2023 period. Nonetheless, the fact that Türkiye's spread is still above BB implies that investors are not convinced that the vulnerabilities have completely vanished. High inflation, external financing requirements, reserve quality, and political uncertainties continue to bring an additional risk premium onto Türkiye. The dynamics noted in this chart are likewise grounded in academic literature.

Most studies have established that sovereign spreads are highly sensitive to global risk appetite, the VIX index, US interest rates, and dollar liquidity. The gap is also significant in emerging markets, where a significant portion of CDS spreads follow global financial fundamentals. In contrast, in countries such as Türkiye, country-specific policy risks generate extra premiums (Pouzo and Presno, 2015). However, in their literature, it states that spreads fall rapidly when policy credibility and institutional quality are high; on the other hand, uncertainty and heterodox practices can increase spreads. Türkiye experienced a risk premium shock in 2022 as evidenced by the graphic, which shows a massive shock to its risk premium, resulting from global financial tightening as well as domestic macroeconomic vulnerabilities. After 2023, on the other hand, policy normalization and improved global risk perception led to a considerable decrease in Türkiye's global risk premium. However, Türkiye has a higher risk premium than similar credit-grade countries. This means that the credibility of monetary policy, control over inflation, and institutional predictability, as well as global financial conditions, will continue to be important factors in determining sovereign spreads (Esen and Bayrak, 2024).

DISCUSSION

It should be noted that, most importantly, changes in CDS (Credit Default Swap) premiums are not only technical financial information but are also a structural measure for risks directly related to the expectations, trust, and sustainability orientation of international investors regarding the Turkish economy. One of the important results in this study is that the reduction found in Turkish CDS premiums after 2023 is analysed above all in relation to a contractionary monetary policy and to an orthodox policy orientation.

But even this improvement isn't a radical change in structure; it's probably merely a case of trying to find somewhere that could be described as better or worse. Because upon the examination of this general framework of the study, the basic vulnerabilities such as high inflation, dependence on external financing, debates about reserve adequacy, short-term capital movements and dollarization remained in the Turkish economy. Under these circumstances, one observation is that the fall in risk premiums is mainly a result of policy expectations for normalisation, but also that the institutional trust hasn't yet fully become crystallised. The analysis clearly reveals that global risk perception is very important for developing countries such as Türkiye. Especially, liquidity of the global dollar is getting tighter after the tight monetary regime of FED, the price of energy shocks, and the heightening of the political risks have elevated the risk premium of the developing countries. Considering the reliance of Türkiye on imports of energy and the current account deficit issue, it is considered that the increase in global interest rates, in addition to the decrease in global risk appetite, has increased the susceptibility of the Turkish economy.

According to this backdrop, the results demonstrate that financial vulnerabilities faced by Türkiye are influenced (largely) by local macroeconomic conditions as well as global financial cycles. Yet the correlation of "risk perception-monetary policy credibility" that was found in the research is incredibly significant. The rapid CDS premiums rise, particularly when heterodox monetary policies are adopted, demonstrate that the market system is highly affected by predictability and the confidence of the institutions. It is also important to enhance the production structure, solve the problem of the current account deficit, improve the quality of the reserves, and redo the investment environment based on the established institutional trust. The overarching scope of the research reveals that a risk assessment of international investors' perceived risk attitude towards Türkiye is driven by the perception of long-term trust and predictability. It is also recognised that global risk perception and credit ratings dynamics in Türkiye are shaped by deep structural constraints which do not only account for short-term price fluctuations in the financial markets. Particularly in developing countries, it is observed that most CDS spreads are dependent on global financial characteristics, while in countries like Türkiye, country-specific policy risks add an additional premium. Furthermore, empirical literature suggests that as policy credibility and institutional quality increase, spreads decrease accordingly, while uncertainty and heterodox practices increase spreads. Therefore, the figure shows that Türkiye experienced a significant risk premium shock in 2022 (in the context of both global financial tightening and local macroeconomic vulnerabilities).

CONCLUSION

The dynamics of Türkiye's national and global risk perception and credit rating are influenced by internal structural problems and the influence of global financial conditions. A sharp decline in CDS premiums in recent times suggests that tightening monetary policies as well as expectations of economic reforms have received positive reception in the markets. Nevertheless, fundamental macroeconomic vulnerabilities, including high inflation, external financing needs, foreign exchange appreciation, and current account deficit persist, which keeps the risk premium on the country at a higher level than other developing countries. The case shows that sustainable financial stability and international investor confidence in the Turkish economy can only come through both structural reforms and increased institutional confidence, as well as short-term policies. Accordingly, the transformation in the credit risk attitude of Türkiye can be permanent only through continuity of economic policies and the establishment of a robust growth environment. From that viewpoint, a comprehensive long-lasting strategy will be required at the national and international levels to help Türkiye to overcome those risks. This paper reveals that the fiscal and financial risk perception in the recent period in Türkiye is not only explained by the domestic macroeconomic indicators; it is also based on the interplay between internal structural fragilities and dynamic changes that have occurred in the global financial system.

Between 2021 and 2025, inflation, volatility in the exchange rate, concerns regarding reserve adequacy, and the growing dependence on external financing notably amplified the country's sovereign risk perception. The consequent fall in the CDS premiums after 2023, however, suggested the degree of a positive shift from an early market to a tightening and more orthodox stance towards markets and the level of foreign financing was not only a determinant of growth prospects, but also a factor in confidence to obtain external financing. In this respect, the improvement in risk indicators tends toward partial reconstruction of institutional credibility and policy predictability. However, the study also notes that while the reduction in Türkiye's risk outlook might suggest structural transformation, it, to this point, is unclear. Due to the persistent inflationary pressures, the needs for substantial external financing, trends towards dollarisation, current account deficit vulnerability and concerns about reserve quality have led, over time, to structural vulnerabilities throughout the Turkish economy. Thus, while recent policy normalisation has at least reduced financial fragility for some time, sustainable changes in sovereign risk perception will be determined primarily by fundamental institutional reforms, and the consistency of policy and the strength of the growth environment.

REFERENCES

Adem, A. M. & Vuran, B. (2018). Why does Turkey have a chronic current account deficit? An empirical analysis. *International Journal of Academic Research in Accounting, Finance and Management Sciences, 8*(1), 104–118. https://doi.org/10.6007/IJARAFMS/v8-i1/3921.

Akyüz, Y. (2024). Türkiye's return to orthodox monetary policy: Temporary stabilization or structural transformation? *Review of Keynesian Economics*, 12(1), 44–67.

Associated Press. (2023). *Turkish central bank raises interest rate to 42.5% to combat high inflation* (December 21). Retrieved from https://apnews.com/article/8a50f4656a073abf4c3c61630fcc71e1.

Bakin, B., & Gurgun, G. (2014). *Portfolio investments and asset prices relationship in Turkey*. Research Papers in Economics. Retrieved from https://scispace.com/papers/portfolio-investments-and-asset-prices-relationship-in-24xygbn0ar?utm_source=chatgpt.

Bank for International Settlements. (2024). *BIS annual economic report 2024*. Basel: Bank for International Settlements.

Bloomberg (2026). *Turkey CDS USD SR 5Y D14 historical market data*. Bloomberg Markets. Retrieved May 12, 2026, from https://www.bloomberg.com/professional/product/indices/.

Demiralp, S. & Kara, H. (2024). Policy credibility and monetary tightening in Türkiye: Challenges of restoring investor confidence. *CEPR Discussion Paper Series*. London: Centre for Economic Policy Research (CEPR).

Erdemli, B. M. (2025). Determinants of banks' liquidity buffer holdings: Evidence from the Turkish banking sector. *Journal of BRSA Banking and Financial Markets, 19*(2), 149–172.

Esen, O. & Bayrak, M. (2024). Monetary policy normalization and market credibility in Türkiye after the 2023 policy shift. *Journal of Emerging Economies and Policy Studies, 9*(2), 115–139.

Fitch Ratings. (2022). *Fitch downgrades Turkey to "B+"; outlook negative*. New York, NY: Fitch Ratings.

Fitch Ratings. (2025). *Turkey sovereign rating reports and comparative sovereign risk assessments*. Retrieved January 12, 2026, from https://www.fitchratings.com/search?expanded=issue&filter.country=Turkey

Freytag, A. (2005). The credibility of monetary reform: New evidence. *Public Choice, 125*(1–2), 141–157.

International Monetary Fund. (2022). *Turkey: 2022 Article IV consultation—Press release; staff report; and statement by the executive director for Turkey*. Washington, DC: International Monetary Fund (IMF).

International Monetary Fund. (2023). *World economic outlook: Navigating global divergences*. Washington, DC: International Monetary Fund (IMF).

International Monetary Fund. (2025). *Türkiye: Article IV consultation report*. Washington, DC: International Monetary Fund (IMF). Retrieved from https://www.imf.org/en/Countries/TUR

Kucukkaya, E. (2011). *An examination of portfolio investments to Turkey*. Social Science Research Network. https://doi.org/10.2139/SSRN.2892524.

Morgan, J. P. (2025). Emerging market sovereign spread indicators and EMBI statistics. Retrieved from https://www.jpmorgan.com/insights/global-research/emerging-markets.

OECD (2023). *OECD economic surveys: Türkiye 2023*. Paris: Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD) Publishing Retrieved from https://www.oecd.org/economy/surveys/turkey-economic-snapshot/

OECD (2025). *OECD economic surveys: Türkiye 2025*. Paris: Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD) Publishing.

Özatay, F., & Sak, G. (2024). *The political economy of monetary policy transition in Türkiye*. Economic Research Forum Working Paper Series, No. 1687, 1–32.

Pouzo, D. & Presno, I. (2015). *Sovereign default risk and uncertainty premia* (Working Paper No. 1512.06960). arXiv. Retrieved from https://arxiv.org/pdf/1512.06960.pdf.

Selçuki, C. & Demiralp, S. (2024). Policy credibility and inflation expectations in Türkiye under monetary tightening. *Applied Economics Letters, 31*(9), 1021–1028.

UNCTAD (2023). *Trade and development report 2023: Growth, debt, and climate—Realigning the global financial architecture*. Geneva, Switzerland: United Nations Conference on Trade and Development.

World Bank. (2024). *Global economic prospects: Middle East and Central Asia regional developments*. Washington, DC: World Bank.

World Government Bonds. (2026). *Turkey 5 years CDS historical data*. Retrieved May 12, 2026, from https://www.worldgovernmentbonds.com/cds-historical-data/turkey/5-years/.

GÜVERCİN KÜLTÜRÜNÜN DİJİTAL DÖNÜŞÜMÜ VE BİLGİNİN YENİDEN ÜRETİMİ

THE DIGITAL TRANSFORMATION OF PIGEON CULTURE AND THE REPRODUCTION OF KNOWLEDGE

Prof. Dr. Aslı BÜYÜKOKUTAN TÖRET
Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, İnsan ve Toplum Bilimleri Fakültesi, Türk Dili ve Edebiyatı Bölümü, Eskişehir, Türkiye,
ORCID: 0000-0001-8732-6043

Öğr. Gör. Tuğçe ÖZDEMİR[1]
Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, Rektörlük/TÖMER Birimi, Eskişehir, Türkiye,
ORCID: 0000-0001-9112-2641

Özet
Güvercin yetiştiriciliği, Türkiye'de hem kırsal hem de kentsel alanlarda uzun bir geçmişe sahip olan, sözlü kültür, ustalık ilişkisi ve deneyim aktarımı üzerinden şekillenen önemli bir hobi ve alt kültür alanıdır. Bu kültür, yalnızca bir hayvan yetiştiriciliği pratiği olmanın ötesinde, topluluk aidiyeti, estetik değer üretimi ve bilgi aktarım süreçleriyle halk bilimsel açıdan zengin bir inceleme alanı sunmaktadır. Son yıllarda dijital teknolojilerin yaygınlaşmasıyla birlikte güvercin kültürü de sosyal medya platformlarına taşınmış; Instagram, Facebook, WhatsApp grupları ve video paylaşım kanalları üzerinden yeni bir görünürlük kazanmıştır. Bu dönüşüm, geleneksel bilginin aktarım biçimlerini değiştirdiği gibi, topluluk yapılarının yeniden örgütlenmesine ve kültürel pratiklerin dijital ortama uyarlanmasına da yol açmıştır. Böylece güvercin yetiştiriciliği, yüz yüze etkileşimden dijital temsillere uzanan çok katmanlı bir kültürel yapıya dönüşmüştür. Bu bildiride, güvercin kültürünün sosyal medya ortamında geçirdiği dönüşüm halk bilimsel bir perspektifle ele alınmaktadır. Çalışmada nitel araştırma yöntemi benimsenmiş olup, dijital etnografi yaklaşımı kapsamında sosyal medya grupları, çevrim içi mezat paylaşımları ve video içerikleri gözlemlenerek veri toplanmıştır. Elde edilen bulgular, geleneksel bilgi aktarımının tamamen ortadan kalkmadığını, aksine dijital platformlarda yeniden üretilerek yeni bir ifade biçimi kazandığını göstermektedir. Ayrıca sosyal medya aracılığıyla oluşan hobi topluluklarının, ortak dil ve görsel kültür üzerinden kendine özgü bir aidiyet alanı oluşturduğu tespit edilmiştir. Bu bağlamda, güvercin kültürünün dijitalleşmesi hem kültürel süreklilik hem de dönüşüm süreçlerini aynı anda barındırmakta; geleneksel halk bilimi alanına yeni araştırma imkanları sunmaktadır.
Anahtar Kelimeler: güvercin yetiştiriciliği, dijital halk bilimi, sosyal medya, hobi toplulukları, dijital etnografi.

Abstract
Pigeon breeding is an important hobby and subcultural field in Türkiye, with a long history in both rural and urban areas, shaped through oral culture, master-apprentice relationships, and the transmission of experience. This culture constitutes a rich field of study from a folkloric perspective through processes of community belonging, aesthetic value production, and knowledge transmission, extending beyond being merely a practice of animal breeding. With the widespread use of digital technologies in recent years, pigeon culture has also been transferred to social media platforms and has gained new visibility through Instagram, Facebook, WhatsApp groups, and video-sharing channels. This transformation has altered the forms through which traditional knowledge is transmitted, while also leading to the reorganization of community structures and the adaptation of cultural practices to digital environments. Thus, pigeon breeding has been transformed into a multilayered cultural structure extending from face-to-face interaction to digital representations.
In this paper, the transformation of pigeon culture within social media environments is examined from a folkloric perspective. A qualitative research method has been adopted, and data have been collected through the observation of social media groups, online auctions, and video content within the framework

[1] Bu çalışma, Prof. Dr. Aslı Büyükokutan Töret danışmanlığında, Öğr. Gör. Tuğçe Özdemir tarafından yürütülen ve Eskişehir Osmangazi Üniversitesi tarafından ESOGÜ BAP 3996 numaralı proje kapsamında desteklenen "Türk Kültüründe Güvercin (İnanış, Anlatı ve Uygulamalar)" başlıklı doktora tezinden üretilmiştir.

of digital ethnography. The findings indicate that traditional knowledge transmission has not disappeared completely; rather, it has been reproduced on digital platforms and has acquired new forms of expression. It has also been determined that hobby communities formed through social media create a distinctive sphere of belonging through a shared language and visual culture. In this context, the digitalization of pigeon culture simultaneously embodies processes of both cultural continuity and transformation, while offering new opportunities for research in the field of folklore.
Keywords: pigeon breeding, digital folklore, social media, hobby communities,digital ethnography.

GİRİŞ

Kültür, bir toplumun geçmişten günümüze taşıdığı bilgi, deneyim, inanç ve uygulamaların oluşturduğu dinamik bir sistemdir. Bu sistem içerisinde insanlar kadar onların yaşam alanlarında yer alan hayvanlar, bitkiler, nesneler ve çeşitli semboller de anlam kazanarak kültürel yapının birer parçasına dönüşmektedir. Toplumsal bellekte yer bulan, çeşitli inanışlara konu olan veya gündelik yaşam pratiklerinde işlev üstlenen her unsur, zamanla folklorik bir nitelik kazanmakta ve kültürel aktarımın taşıyıcılarından biri hâline gelmektedir. Bu nedenle kültür, yalnızca insan merkezli bir yapı olarak değil, insanın çevresiyle kurduğu çok yönlü ilişkinin ürünü olarak değerlendirilmelidir.

Kültür, bireylerin toplumsal yaşam içerisindeki davranışlarını yönlendiren ve onlara ortak bir anlam çerçevesi sunan normatif bir sistemdir. Toplumun üyeleri tarafından paylaşılan değerler, inançlar ve davranış örüntüleri, sosyal ilişkilerin anlaşılabilir ve öngörülebilir bir zeminde gerçekleşmesini sağlamaktadır. Bu yönüyle kültür, bireysel davranışları şekillendirmenin yanı sıra toplumsal bütünleşmenin ve kolektif yaşamın devamlılığının da temel unsurlarından biridir (Haviland ve diğ., 2008:104).Toplumsal yaşamın devamlılığını sağlayan kurumlar, kültürün şekillenmesinde belirleyici bir rol üstlenmektedir. Aileden yerel topluluklara, ekonomik iş birliğinden siyasal ve eğitsel yapılara kadar uzanan bu kurumlar çevresinde gelişen davranış kalıpları, uygulamalar ve maddi ürünler, kültürel sistemin temel bileşenlerini oluşturmaktadır. Bu nedenle kültür, bireylerin günlük yaşam pratiklerinden toplumsal örgütlenme biçimlerine kadar geniş bir alanı kapsayan bütüncül bir yapı olarak değerlendirilmektedir (Malinowski, 2016: 141). Bu bağlamda güvercin yetiştiriciliği de kendine özgü bilgi aktarım mekanizmaları, topluluk yapıları, ekonomik ilişkileri ve kültürel pratikleriyle belirli kurumlar etrafında şekillenen halk kültürü alanlarından biri olarak değerlendirilebilir.

Dinsel inanç sistemleri içerisinde bireylerin kutsal kabul ettikleri varlıklara yönelik gerçekleştirdikleri ibadet ve ritüeller, kültür kavramının tarihsel gelişiminde önemli bir yere sahiptir. Nitekim kültür sözcüğünün ilk kullanım alanları incelendiğinde, tarımsal faaliyetler kapsamında bitki ve hayvan yetiştirme ile dinsel tapınma anlamlarıyla ilişkilendirildiği görülmektedir. Ancak zamanla kavramın kapsamı genişlemiş; bireyin kendini geliştirmesi ve eğitmesi anlamından çıkarak toplumsal yaşamın bütününü kapsayan bir içeriğe kavuşmuştur. Bu süreçte kültür, yalnızca belirli uygulamaları ifade eden bir kavram olmaktan uzaklaşmış, toplumların bilgi birikimini, yaşam biçimlerini, değer sistemlerini ve gelişmişlik düzeylerini açıklayan bir kavram hâline gelmiştir. Böylece kültür, birçok düşünür tarafından uygarlık kavramıyla ilişkilendirilmiş ve toplumların tarihsel gelişim süreçlerini yansıtan temel göstergelerden biri olarak değerlendirilmiştir (Aça vd., 2019, s. 2).

Toplumların gündelik yaşam pratikleri içerisinde önemli bir yere sahip olan hayvan yetiştiriciliği, zamanla yalnızca üretim ve bakım faaliyetlerini değil, aynı zamanda belirli değerler, gelenekler ve bilgi sistemlerini de içeren kültürel bir yapıya dönüşmüştür. Bu süreç içerisinde yetiştiriciler arasında ortak terminoloji, davranış kalıpları ve sosyal ilişkiler gelişerek kendine özgü kültür ortamları meydana gelmiştir. Güvercin yetiştiriciliği de bu bağlamda, etrafında oluşan zengin bilgi birikimi, topluluk yapısı ve kültürel pratiklerle Türk halk kültürünün önemli temsil alanlarından biri olarak öne çıkmaktadır (Özdemir, 2021b: 182).

Erken dönem toplumlarında güvercinlere duyulan ilginin ve sevginin oldukça yaygın olduğu bilinmektedir. Hatta bazı toplumlarda bireylerin sahip olduğu güvercin sayısı, ekonomik güç ve toplumsal statünün bir göstergesi olarak değerlendirilmiştir (URL-1). Güvercinler, zaman içerisinde yalnızca beslenen veya yetiştirilen hayvanlar olmaktan çıkmış; barış, özgürlük, sadakat ve bağlılık gibi değerlerle özdeşleştirilerek kültürel yaşam içerisinde sembolik bir anlam kazanmıştır. Bu yönüyle güvercin, hem işlevsel özellikleri hem de kültürel temsilleri bakımından insan-hayvan ilişkilerinin en dikkat çekici örneklerinden biri olarak öne çıkmaktadır.

Güvercin yetiştiriciliği etrafında şekillenen kültürel yapı içerisinde kümeslerde beslenen kuşlar genel olarak performans güvercinleri olarak adlandırılmaktadır. Bu güvercinler, sahip oldukları uçuş özellikleri, oyun kabiliyetleri, dayanıklılıkları ve fiziksel görünümleri doğrultusunda çeşitli ırklara ayrılmaktadır. Her bir ırk, yetiştiriciler tarafından farklı ölçütler çerçevesinde değerlendirilmekte ve kendine özgü nitelikleriyle değer kazanmaktadır. Bu kültürel ortamın temel aktörlerinden olan yetiştiriciler ise güvercin kültüründe "seyis" olarak adlandırılmaktadır. Seyisler, güvercinlerin bakım, beslenme, sağlık takibi, eşleme ve eğitim süreçlerini yürüten; sahip oldukları bilgi ve deneyimi kuşaktan kuşağa aktaran kişiler olarak kültürel sürekliliğin sağlanmasında önemli bir rol üstlenmektedir.

Güvercinler, yaklaşık 6.000 yıldan bu yana insanlar tarafından çeşitli amaçlarla yetiştirilen en eski evcil kuş türlerinden biridir. Uzun yıllar boyunca gerçekleştirilen seçici yetiştiricilik faaliyetleri sonucunda, farklı fiziksel özelliklere ve uçuş kabiliyetlerine sahip çok sayıda güvercin ırkı ortaya çıkmıştır. Bu ırklar, yetiştirilme amaçları ve performans özellikleri doğrultusunda dalıcı, taklacı, makaracı, dönücü, filo uçucusu, yüksek uçucu, posta, süs ve ötücü güvercinler olmak üzere çeşitli gruplara ayrılmaktadır (URL-2). Günümüzde güvercin yetiştiricileri tarafından geliştirilen evcil güvercin çeşitlerinin sayısının 130'u aştığı belirtilmektedir (URL-3). Bu çeşitlilik, güvercin yetiştiriciliğinin yalnızca bir hayvan yetiştirme faaliyeti olmadığını, aynı zamanda uzun yıllar içerisinde oluşmuş bilgi birikimi, uzmanlaşma ve kültürel deneyimin bir sonucu olduğunu göstermektedir.

Güvercin ırklarının çeşitlenmesi, yetiştiriciler arasında belirli uzmanlık alanlarının oluşmasına da zemin hazırlamıştır. Her ırkın kendine özgü bakım, beslenme ve eğitim süreçleri bulunmakta; bu bilgiler usta-çırak ilişkisi ve yetiştirici toplulukları aracılığıyla aktarılmaktadır.

Kültürel yapıların varlığını sürdürebilmesi, onları destekleyen maddi ve ekonomik unsurların işlerliğini korumasına bağlıdır. Bu nedenle ekonomik örgütlenme biçimleri, yalnızca toplumsal ihtiyaçların karşılanmasını değil, aynı zamanda kültürel pratiklerin devamlılığını da sağlamaktadır. Nitekim güvercin yetiştiriciliği kültüründe görülen alım-satım faaliyetleri, mezatlar ve yetiştiricilik ekonomisi de bu kültürel yapının sürdürülmesinde önemli işlevler üstlenmektedir (Malinowski, 2016, s. 42).

Evcil kanatlı hayvanlar arasında değerlendirilen güvercin, ekonomik ve hobi amaçlı yetiştiriciliğin yanı sıra etrafında oluşan gelenekler, bilgi birikimi ve sosyal ilişkiler sayesinde kültürel yaşamın da önemli unsurlarından biri olarak varlığını sürdürmektedir (Işık ve Er, 2017: 55). Hobi amacıyla yetiştirilen güvercinler, kültürel ve sosyal işlevlerinin yanı sıra ekonomik açıdan da değer üreten bir unsur olarak karşımıza çıkmaktadır. Güvercin yetiştiriciliği kapsamında bireyler, sahip oldukları kuşları doğrudan satış yoluyla veya mezat organizasyonları aracılığıyla elden çıkarabilmekte ve bu faaliyetlerden gelir elde edebilmektedir. Bunun yanı sıra performans güvercinleri, ait oldukları ırkların özelliklerine göre çeşitli yarışmalara katılmaktadır. Oyun, süs ve posta güvercinleri gibi farklı kategorilerde düzenlenen bu yarışmalar, her ırkın kendine özgü standartları ve değerlendirme ölçütleri doğrultusunda gerçekleştirilmektedir. Yarışmalarda başarılı olan güvercinlerin yetiştiricileri belirli ödüller kazanırken, derece elde eden kuşların ekonomik değeri ve yetiştiricileri arasındaki itibarı da önemli ölçüde artmaktadır. Bu durum, güvercin yetiştiriciliğinin yalnızca bir hobi faaliyeti olarak değil, aynı zamanda ekonomik ve sosyal sermaye üreten bir kültürel alan olarak da değerlendirilmesine olanak sağlamaktadır.

Güvercin yetiştiriciliği, kültürel olarak çok katmanlı bir yapıya sahiptir. Yetiştiriciler arasında paylaşılan ortak bir terminoloji, anlatı geleneği, inanç ve uygulamalar, estetik beğeni ölçütleri, usta-çırak ilişkisine dayalı bir bilgi aktarım düzeni ve güçlü bir topluluk aidiyeti bulunur. Kuş kahvehaneleri, mahalle damları, pazarlar ve mezat alanları bu kültürün geleneksel icra mekânlarını oluşturmuştur. Bu mekânlarda bilgi; gözleme, taklide, bizzat deneyimlemeye ve yüz yüze sohbete dayalı olarak, çoğunlukla yazıya geçirilmeden kuşaktan kuşağa aktarılmıştır.

Geleneksel olarak fiziksel mekânlar ve yüz yüze etkileşimler aracılığıyla sürdürülen bu kültürel aktarım biçimi, iletişim teknolojilerinin gelişmesiyle birlikte yeni mecralara taşınmıştır. Bilginin üretim, paylaşım ve dolaşım biçimlerinde yaşanan bu değişim, güvercin yetiştiriciliği kültürünün yalnızca aktarım yöntemlerini değil, topluluk üyeleri arasındaki etkileşim ağlarını, kültürel belleğin korunma biçimlerini ve kolektif kimliğin yeniden inşa süreçlerini de dönüştürmüştür. Böylece geleneksel yetiştiricilik pratikleri dijital platformlarda yeniden üretilirken, kültürel mirasın görünürlüğü ve erişilebilirliği artmış; aynı zamanda yerel sınırları aşan daha geniş bir paylaşım ve etkileşim alanı oluşmuştur.

Dijital teknolojilerin ve sosyal medya platformlarının gündelik yaşamın hemen her alanını kuşatması, köklü geçmişe sahip kültürel pratiklerin de dönüşüm geçirmesine neden olmuştur. Güvercin yetiştiriciliği kültürü de bu dönüşümden etkilenen alanlardan biridir. Günümüzde yetiştiriciler, Facebook grupları aracılığıyla alım-satım faaliyetleri ve mezatlar düzenlemekte; Instagram üzerinden güvercinlerinin fotoğraf ve videolarını paylaşarak görünürlük sağlamaktadır. Bunun yanı sıra WhatsApp grupları, yetiştiriciler arasındaki yerel ve bölgesel iletişim ağlarının sürdürülmesinde önemli bir işlev üstlenirken, YouTube kanalları bakım, besleme, sağlık ve yetiştiricilik bilgilerine ilişkin deneyimlerin görsel içerikler aracılığıyla aktarılmasına olanak tanımaktadır.

Dijital kavramı, çoğu zaman elektronik araçları ve süreçleri tanımlamak amacıyla kullanılmaktadır. Ancak yaygın anlayışın aksine dijital, elektronik cihazların kendisini değil, verinin elektronik ortamda işlenmesi, depolanması, iletilmesi ve gösterilmesini ifade etmektedir (Bozkurt vd., 2021: 36). Bu yönüyle dijitalleşme, yalnızca teknolojik bir dönüşüm değil, aynı zamanda bilgi üretim ve paylaşım süreçlerini yeniden şekillendiren bir olgudur.

Bu dönüşüm, halk biliminin temel araştırma alanlarından biri olan kültürel bilginin aktarımını da yeni bir bağlamda değerlendirmeyi gerekli kılmaktadır. Geleneksel olarak yüz yüze iletişim, gözlem, uygulama ve sözlü anlatım yoluyla kuşaktan kuşağa aktarılan kültürel bilgi, dijital platformlar aracılığıyla farklı biçimlerde yeniden üretilmekte, dolaşıma girmekte ve çok daha geniş kitlelere ulaşmaktadır. Böylece geleneksel kültür ortamlarında gerçekleşen etkileşimler dijital mecralara taşınmakta; yeni performans alanları, iletişim biçimleri ve kültürel paylaşım ağları ortaya çıkmaktadır. Bu süreçte kültürel unsurlar yalnızca korunup aktarılmamakta, aynı zamanda kullanıcıların katılımıyla yeniden yorumlanarak dinamik bir üretim ve yeniden üretim sürecinin parçası hâline gelmektedir.

Walter Ong'un (1995) kavramsallaştırmasına göre iletişim teknolojilerinin gelişmesiyle birlikte toplumlar "ikincil sözlü kültür" olarak adlandırılan yeni bir kültürel evreye geçmiştir. Bu evrede sözlü kültür tamamen ortadan kalkmamakta; aksine yazılı ve elektronik iletişim araçlarının desteğiyle farklı bir biçimde yeniden üretilmektedir. İkincil sözlü kültür, birincil sözlü kültürün katılımcılık, topluluk bilinci, karşılıklı etkileşim ve ortak deneyim oluşturma gibi temel özelliklerini korurken, bunları ses, görüntü, yazı ve dijital teknolojilerin sağladığı çoklu iletişim imkânlarıyla daha geniş bir dolaşıma taşımaktadır. Böylece kültürel bilgi yalnızca yüz yüze ortamlarda değil, zaman ve mekân sınırlarını aşan elektronik ağlar aracılığıyla paylaşılabilir ve sürekli yeniden üretilebilir hâle gelmektedir.

Türk halk bilimi alanında Özkul Çobanoğlu (1999) tarafından ortaya konulan "elektronik kültür ortamı" kavramı da geleneğin yeni iletişim teknolojileri içerisinde değişerek ve güncellenerek varlığını sürdürdüğünü ifade etmektedir. Çobanoğlu'na göre radyo, televizyon ve internet gibi elektronik ortamlar, halk kültürünü ortadan kaldıran araçlar değil; aksine kültürel üretim, aktarım ve dolaşımın gerçekleştiği yeni performans alanlarıdır. Bu ortamda halk anlatıları, geleneksel bilgiler, ritüeller ve topluluk pratikleri dijital teknolojiler aracılığıyla yeni biçimler kazanmakta ve farklı kullanıcıların katılımıyla yeniden anlamlandırılmaktadır.

Bu kuramsal çerçeve güvercin yetiştiriciliği kültürüne uygulandığında, geçmişte kuş kahvehanelerinde, damlarda, mezatlarda ve yarışma alanlarında yüz yüze gerçekleştirilen bilgi paylaşımı ve kültürel etkileşimin bugün sosyal medya platformları üzerinden sürdürüldüğü görülmektedir. Facebook gruplarında düzenlenen çevrimiçi mezatlar, WhatsApp üzerinden yapılan anlık bilgi alışverişleri, Instagram'da gerçekleştirilen estetik ve performans odaklı paylaşımlar ile YouTube'da yayınlanan bakım ve eğitim videoları, ikincil sözlü kültürün ve elektronik kültür ortamının güncel örnekleri olarak değerlendirilebilir. Bu platformlarda yetiştiriciler yalnızca bilgi paylaşmamakta; aynı zamanda ortak terminolojiyi yaşatmakta, deneyimlerini aktarmakta, kültürel kimliklerini görünür kılmakta ve topluluk aidiyetini sürekli yeniden üretmektedir.

Dolayısıyla sosyal medya, geleneksel kültürün kaybolduğu değil; yeni iletişim teknolojileri aracılığıyla yeniden şekillendiği, kolektif belleğin dijital ortamda korunduğu ve halk bilgisinin çok katmanlı iletişim biçimleriyle gelecek kuşaklara aktarıldığı çağdaş bir elektronik kültür ortamı olarak değerlendirilebilir. Güvercin yetiştiriciliği kültürü de bu süreç içerisinde sözlü gelenekten beslenmeye devam eden, ancak dijital platformlar aracılığıyla daha geniş kitlelere ulaşan ve sürekli kendini yeniden üreten yaşayan bir halk kültürü örneği olarak karşımıza çıkmaktadır.

Bu çalışmanın amacı, güvercin yetiştiriciliği kültürünün sosyal medya ortamında geçirdiği dönüşümü halk bilimsel bir perspektifle incelemek ve dijitalleşme sürecinin bu kültürel alan üzerindeki etkilerini ortaya koymaktır. Çalışmada, geleneksel bilgi aktarımının dijital platformlarda nasıl yeniden üretildiği,

yetiştiriciler arasındaki iletişim ve dayanışma ağlarının çevrim içi ortamlarda nasıl şekillendiği, hobi topluluklarının sosyal medya aracılığıyla nasıl örgütlendiği ve kültürel pratiklerin yeni medya ortamlarında hangi biçimlerde sürdürüldüğü ele alınmaktadır. Bununla birlikte, dijitalleşmenin kültürel sürekliliği destekleyen yönleri ile geleneksel uygulamalarda ortaya çıkan dönüşüm, uyarlanma ve yeniden yapılanma süreçleri halk bilimsel bakış açısıyla değerlendirilmektedir.

Araştırma, nitel araştırma yöntemlerinden dijital etnografi (netnografi), katılımcı gözlem ve içerik incelemesi teknikleri kullanılarak yürütülmüştür. Bu kapsamda Facebook, Instagram, WhatsApp, YouTube ve X platformlarında yer alan güvercin yetiştiriciliğine ilişkin paylaşımlar, grup etkileşimleri, görsel ve yazılı içerikler ile kullanıcı pratikleri sistematik olarak gözlemlenmiş ve halk bilimsel açıdan değerlendirilmiştir. Facebook'ta güvercin yetiştiriciliği alanında faaliyet gösteren dernek ve federasyonlara ait resmî sayfaların yanı sıra, yetiştiriciler tarafından oluşturulan açık ve kapalı alım-satım, mezat, yarışma ve bilgi paylaşım grupları inceleme kapsamına alınmıştır. Instagram'da herkese açık hesap kullanan yetiştiriciler, seyisler, güvercin dernekleri, federasyon hesapları ve güvercin kültürüne yönelik içerik üreten sayfalar; paylaşımları, hikâyeleri, canlı yayınları ve kullanıcı etkileşimleri bakımından analiz edilmiştir.

WhatsApp incelemeleri ise etik araştırma ilkeleri doğrultusunda gerçekleştirilmiştir. Çalışmada yer alan WhatsApp grupları, grup yöneticileri (seyisler) ve grup üyelerinin bilgisi ve izni alınarak gözlemlenmiş; gruplarda gerçekleştirilen hastalık tedavisi paylaşımları, kayıp güvercin duyuruları, yarışma organizasyonları, mezat hazırlıkları, bilgi alışverişleri ve gündelik iletişim pratikleri katılımcı gözlem yöntemiyle değerlendirilmiştir. Bu süreçte kişisel verilerin korunmasına özen gösterilmiş, kullanıcı isimleri, telefon numaraları ve kimlik bilgileri araştırma verilerine dâhil edilmemiş, yalnızca kültürel pratikler ve ortak iletişim biçimleri analiz edilmiştir. X platformunda ise güvercin yetiştiriciliğiyle ilgili herkese açık bireysel hesaplar, dernek ve federasyon hesapları, yarışma duyuruları, etkinlik paylaşımları ve konuya ilişkin etiketler (#taklacıgüvercin, #güvercinyarışması vb.) üzerinden yürütülen paylaşımlar incelenmiş; platformun kültürel görünürlük, temsil ve kamusal iletişim işlevleri değerlendirilmiştir. Ayrıca YouTube'da yetiştiriciler, dernekler ve içerik üreticileri tarafından hazırlanan bakım, besleme, hastalık tedavisi, yarışma hazırlıkları, kümes tanıtımları ve canlı yayın videoları analiz edilerek dijital usta-çırak ilişkisi ve halk bilgisinin yeniden üretimi bağlamında ele alınmıştır.

Bu araştırma, güvercin yetiştiriciliği kültürünü dijital halk bilimi yaklaşımı çerçevesinde çoklu sosyal medya platformları üzerinden bütüncül olarak inceleyen çalışmalardan biri olması bakımından önem taşımaktadır. Çalışmanın, somut olmayan kültürel mirasın dijitalleşme sürecine ilişkin tartışmalara katkı sağlaması, sosyal medyanın geleneksel kültürlerin korunması, yeniden üretilmesi, görünürlük kazanması ve gelecek kuşaklara aktarılmasındaki işlevlerini ortaya koyması bakımından alana özgün bir perspektif sunacağı düşünülmektedir.

1. Güvercin Hobi Toplulukları

Kentleşme, teknolojik gelişmeler ve yeni toplumsal örgütlenme biçimleri, halk kültürünün yalnızca geleneksel yaşam alanlarında değil, ortak ilgi ve deneyimler etrafında şekillenen topluluklarda da üretildiğini ortaya koymuştur. Bu yaklaşım doğrultusunda halk kavramı, belirli bir coğrafi sınır veya etnik kimlikten ziyade ortak aidiyetler ve paylaşılan kültürel pratikler üzerinden değerlendirilmeye başlanmıştır.

Alan Dundes'in (1965), ortaya koyduğu ve halk bilimi literatüründe geniş kabul gören tanıma göre "halk", ortak en az bir bağlayıcı özelliği paylaşan herhangi bir insan topluluğunu ifade etmektedir. Bu bağlayıcı özellik; aynı mesleği yapmak, aynı dili konuşmak, aynı inanç sistemini paylaşmak ya da ortak bir hobi etrafında bir araya gelmek şeklinde ortaya çıkabilmektedir. Böyle bir bakış açısı, modern yaşam içerisinde oluşan gönüllü toplulukların da halk bilimsel incelemeye konu olabileceğini göstermektedir. Dolayısıyla güvercin yetiştiricileri yalnızca hayvan yetiştirme faaliyetinde bulunan bireyler değil; kendilerine özgü bilgi birikimi, terminolojisi, ritüelleri, anlatıları, değer yargıları ve iletişim ağları bulunan bir halk grubudur.

Güvercin hobi toplulukları, üyeleri arasında güçlü bir aidiyet duygusu oluşturan ve kültürel etkileşimin sürekli devam ettiği sosyal yapılardır. Yetiştiriciler arasında kullanılan özel kavramlar, kuşların fiziksel özelliklerini tanımlayan yerel adlandırmalar, alım-satım sırasında uygulanan yazılı olmayan kurallar, mezat gelenekleri, usta-çırak ilişkisiyle aktarılan bakım ve yetiştirme bilgileri ile kuşlara ilişkin anlatılar bu kültürel yapının temel unsurlarını oluşturmaktadır. Bunun yanı sıra kuşların performansları, soy

bilgileri, renk özellikleri ve yetiştiricilik başarıları üzerinden şekillenen prestij sistemi de topluluk içinde ortak kabul gören kültürel kodların varlığını göstermektedir.
Bu topluluklar, yalnızca bilgi paylaşımının gerçekleştiği teknik ağlar değil; aynı zamanda sosyal dayanışmanın, kimlik inşasının ve kültürel belleğin üretildiği alanlardır. Geleneksel olarak kuş kahvehaneleri, damlar, pazarlar ve mezatlar etrafında şekillenen bu etkileşim ortamları, günümüzde dijital platformlara taşınmış olsa da ortak değerler, grup normları ve kültürel pratikler varlığını sürdürmektedir. Bu nedenle güvercin yetiştiriciliği, halk biliminin güncel araştırma alanları içerisinde değerlendirilebilecek yaşayan bir hobi kültürü olarak ele alınmalı; geleneksel ve dijital unsurların iç içe geçtiği dinamik bir halk topluluğu örneği olarak incelenmelidir. Bu perspektif, güvercin kültürünün yalnızca maddi unsurlarıyla değil, toplumsal ilişkileri, iletişim biçimleri, sembolik anlamları ve sürekli yeniden üretilen kültürel belleğiyle birlikte değerlendirilmesini mümkün kılmaktadır.

2. Güvercin Yetiştiriciliği Kültürünün Dijital Kültür Ortamındaki Yeniden Üretimi

Kültürel bilgi ve deneyimlerin kuşaktan kuşağa aktarılması, iletişim araçlarının değişimine bağlı olarak sürekli yeni biçimler kazanmaktadır. Sözlü kültür ortamında bilgi; yüz yüze iletişim, gözlem, deneyim ve hafızaya dayalı olarak üretilip aktarılırken, yazılı kültürle birlikte bu bilgi kayıt altına alınmış ve daha geniş bir dolaşım alanına kavuşmuştur. Dijital teknolojilerin gelişmesi ise kültürel aktarım süreçlerini yeni bir aşamaya taşımış, bireylerin yalnızca bilgi tüketicisi değil aynı zamanda bilgi üreticisi ve yayıcısı olduğu etkileşimli bir iletişim ortamı oluşturmuştur.
Walter Ong (1995), iletişim teknolojilerinin yalnızca aktarım araçlarını değil, bireylerin düşünme, öğrenme ve toplumsal ilişki kurma biçimlerini de dönüştürdüğünü ifade ederek elektronik iletişim çağını "ikincil sözlü kültür" kavramıyla açıklamaktadır. Bu kültürel yapı, sözlü geleneğin temel özelliklerinden olan katılımcılığı, ortak deneyim paylaşımını ve topluluk bilincini yeniden canlandırırken, bunu yazılı ve teknolojik araçların sağladığı olanaklar üzerinden gerçekleştirmektedir. Böylece söz, yazı, ses ve görsel unsurlar aynı iletişim ortamında birleşmekte; kültürel içerikler hem kalıcı hâle gelmekte hem de eş zamanlı olarak geniş kitlelere ulaşabilmektedir.
Günümüzde sosyal medya platformları, ikincil sözlü kültürün en görünür ve en dinamik temsil alanlarından biri olarak değerlendirilebilir. Facebook, Instagram, WhatsApp, YouTube ve benzeri platformlar, kullanıcıların yalnızca içerik paylaşmasına değil, yorum yapmasına, tartışmalara katılmasına, deneyimlerini aktarmasına ve ortak kültürel üretim süreçlerine dâhil olmasına olanak sağlamaktadır. Bu yönüyle sosyal medya, geleneksel sözlü kültürde bulunan karşılıklı etkileşim ve topluluk hissini dijital ortamda yeniden üretmekte; fiziksel mekân sınırlarını ortadan kaldırarak kültürel paylaşımı zaman ve mekândan bağımsız hâle getirmektedir.
Güvercin yetiştiriciliği kültürü de bu dönüşümün somut örneklerinden birini oluşturmaktadır. Geçmişte kuş kahvehanelerinde, damlarda, mezatlarda ve yüz yüze sohbetlerde aktarılan yetiştiricilik bilgisi, günümüzde video içerikleri, canlı yayınlar, sosyal medya paylaşımları ve çevrim içi grup tartışmaları aracılığıyla dolaşıma girmektedir. Deneyimli yetiştiricilerin aktardığı bilgiler binlerce kullanıcı tarafından izlenebilmekte, yorumlar ve paylaşımlar sayesinde kolektif olarak yeniden şekillenmektedir. Böylece kültürel bilgi yalnızca korunmakla kalmamakta, kullanıcıların katkılarıyla sürekli güncellenen, çoğalan ve yeniden üretilen dinamik bir yapıya dönüşmektedir.
Bu süreç, dijital ortamın sözlü kültürü ortadan kaldırmadığını; aksine onu yeni iletişim biçimleriyle destekleyerek farklı bir bağlamda yaşatmaya devam ettiğini göstermektedir. Ses, yazı, görüntü ve etkileşimin aynı platformda buluşması, halk kültürünün dijital çağda yeni ifade biçimleri kazanmasına olanak tanımakta; geleneksel toplulukların kültürel belleği, kimliği ve ortak bilgi birikimi elektronik ortamda görünürlük ve süreklilik kazanmaktadır. Bu nedenle sosyal medya, yalnızca teknolojik bir iletişim aracı değil, çağdaş halk kültürünün üretildiği, paylaşıldığı ve yeniden anlamlandırıldığı önemli bir kültürel ortam olarak değerlendirilmelidir.

3. Güvercin Yetiştiriciliği Kültüründe Dijital Folklorun Oluşumu ve Sosyal Medyanın İşlevleri

Güvercin yetiştiriciliği kültürü, dijitalleşme süreciyle birlikte yalnızca yeni iletişim araçları edinmemiş, aynı zamanda geleneksel bilgi ve pratiklerini farklı platformlar üzerinden yeniden üreten dinamik bir yapıya kavuşmuştur. Bu bağlamda yeniden üretim, kültürel unsurların özünü koruyarak yeni teknolojik koşullara uyum sağlaması ve farklı aktarım biçimleri kazanması olarak değerlendirilmektedir. Geleneksel dönemde kuş kahvehaneleri, damlar, mezatlar ve yüz yüze sohbetler aracılığıyla

gerçekleştirilen bilgi paylaşımı, sosyal medya platformları üzerinden daha geniş kitlelere ulaşmakta; yetiştiricilik bilgisi, deneyimler ve kültürel değerler dijital ortamda dolaşıma girmektedir. Böylece kültürel süreklilik ile dönüşüm birbirini dışlayan değil, eş zamanlı olarak işleyen süreçler hâline gelmektedir.

Manuel Castells'in (2008), ağ toplumu kuramında enformasyon toplumu ile ağ toplumu arasındaki ilişki, bilginin dijital iletişim ağları aracılığıyla üretilmesi, dolaşıma sokulması ve paylaşılması üzerinden açıklanmaktadır. Bu bağlamda internet, yalnızca teknolojik bir araç değil, bireyler ve topluluklar arasında etkileşimi mümkün kılan merkezsiz ve yatay bir iletişim ağı olarak işlev görmektedir. Bu yapı sayesinde kültürel bilgi belirli bir mekâna veya otoriteye bağlı kalmaksızın çok yönlü biçimde aktarılabilmekte, kullanıcıların aktif katılımıyla yeniden üretilmektedir.

Güvercin yetiştiriciliği kültürü açısından değerlendirildiğinde ise sosyal medya platformları, forumlar ve dijital paylaşım ağları, yetiştiricilerin deneyimlerini, anlatılarını, bilgi ve uygulamalarını eş zamanlı olarak paylaşabildikleri yeni kültürel performans alanları oluşturmaktadır. Böylece geleneksel olarak yüz yüze etkileşimle aktarılan kültürel birikim, Castells'in ifade ettiği ağ yapısı içerisinde coğrafi sınırları aşarak daha geniş topluluklara ulaşmakta ve dijital ortamda sürekli yeniden üretilen dinamik bir kültürel hafızaya dönüşmektedir.

Bütünleşmiş bir sistem olarak çok sayıda düğümün karşılıklı etkileşimiyle şekillenen ağ toplumu yani dijital ortam, mekânsal ve uzamsal yayılımını açık uçlu bir yapı içerisinde sürdürmektedir (Kökalan Çımrın, 2011: 69-70). Bu açık uçlu yapı, bilgi ve kültürel pratiklerin belirli bir coğrafi alanla sınırlı kalmaksızın farklı ağlar üzerinden dolaşıma girmesine olanak tanımakta; böylece geleneksel kültürel unsurlar dijital platformlarda yeniden üretilerek geniş katılımcı topluluklara ulaşmaktadır.

Dijital ortamdaki platformların işlevleri incelendiğinde her birinin güvercin kültürü içerisinde farklı bir rol üstlendiği görülmektedir. Facebook, alım-satım faaliyetleri, çevrim içi mezatlar, ilanlar ve yöresel grup tartışmalarıyla geleneksel kuş pazarlarının ve kuş kahvehanelerinin dijital karşılığı olarak işlev görmekte; özellikle deneyimli yetiştiricilerin bilgi ve deneyimlerini paylaştıkları bir etkileşim alanı oluşturmaktadır. Instagram ise güvercinlerin fotoğraf ve videoları aracılığıyla estetik özelliklerinin sergilendiği, beğeni ve prestijin görünür hâle geldiği dijital bir vitrin niteliği taşımaktadır. WhatsApp grupları, birbirini tanıyan yerel yetiştiriciler arasında hızlı haberleşme, bilgi paylaşımı ve dayanışmayı sağlayarak mahalle ve yöre ağlarının dijital uzantısı olarak işlev görmektedir. YouTube kanalları ise bakım, besleme, sağlık ve yetiştirme tekniklerinin ayrıntılı biçimde anlatıldığı içerikleriyle usta-çırak ilişkisinin görsel ve kalıcı bir arşive dönüşmesini mümkün kılmaktadır. Buna karşılık X platformu, daha çok güncel gelişmelerin ve bireysel görüşlerin paylaşıldığı, topluluk içi etkileşimin sınırlı kaldığı ve güvercin kültürünün dış çevrelere görünürlük kazandığı ikincil bir iletişim alanı olarak öne çıkmaktadır. Bu farklı işlevler, sosyal medyanın yalnızca bir iletişim aracı olmadığını; aynı zamanda kültürel belleğin korunması, ortak terminolojinin sürdürülmesi, topluluk kimliğinin güçlendirilmesi ve yeni katılımcıların kültüre dâhil edilmesi süreçlerinde etkin bir rol üstlendiğini göstermektedir. Böylece güvercin yetiştiriciliği kültürü, dijital ortamda hem geleneksel yapısını devam ettirmekte hem de yeni medya pratiklerine uyum sağlayarak kendisini sürekli yeniden üreten yaşayan bir halk kültürü alanı olarak varlığını sürdürmektedir.

Güvercin yetiştiriciliği kültürünün dijital ortamdaki görünürlüğü ve yeniden üretimi farklı sosyal medya platformlarında farklı biçimlerde gerçekleşmektedir. Bu çalışmada Facebook, Instagram, YouTube ve X platformu, Whatsapp Gruplarının tercih edilmesinin temel nedeni, yetiştiricilerin bilgi paylaşımı, alım-satım, dayanışma, görsel sunum, performans sergileme ve kamusal temsil gibi kültürel pratiklerini en yoğun biçimde bu ortamlarda sürdürmeleridir. Her platform, sahip olduğu teknik özellikler ve etkileşim biçimleri doğrultusunda kültürel unsurların farklı şekillerde üretilmesine, aktarılmasına ve yeniden yorumlanmasına olanak tanımaktadır. Bu süreçte kullanıcıların tekrar eden söylemleri, etiket kullanımları, emojileri, yorum kalıpları, çevrim içi mezatlar, canlı yayınlar ve görsel anlatıları, geleneksel folklor ürünlerinin dijital ortama uyarlanmış yeni biçimlerini oluşturmaktadır. Böylece sosyal medya platformları yalnızca iletişim ve paylaşım alanları değil; dijital folklorun üretildiği, dolaşıma sokulduğu ve topluluk üyelerinin ortak katılımıyla sürekli yeniden inşa edildiği dinamik kültürel performans alanları olarak işlev görmektedir.

Facebook: Güvercin yetiştiricileri arasında en yoğun kullanılan platformlardan biri olup geleneksel kuş kahvehaneleri, pazarlar ve mezat alanlarının dijital ortamdaki karşılığı olarak işlev görmektedir. Yetiştiricilerin oluşturduğu kapalı veya açık gruplar, yalnızca alım-satım ilanlarının paylaşıldığı alanlar

değil; aynı zamanda deneyimlerin aktarıldığı, tartışmaların yürütüldüğü ve topluluk kimliğinin yeniden üretildiği dijital kültür ortamlarıdır.

Platform üzerinde gerçekleştirilen çevrimiçi mezatlar, geleneksel mezat kültürünün yeni medya koşullarına uyarlanmış biçimidir. Canlı yayın veya yorum sistemi üzerinden ilerleyen açık artırmalarda katılımcılar teklif verirken, kuşun soy bilgisi, uçuş performansı, renk özellikleri ve yetiştiricisi ayrıntılı olarak tanıtılmaktadır. Böylece ekonomik bir alışverişin yanında sözlü anlatım, ikna becerisi ve prestij gösterisi de performansın önemli bir parçası hâline gelmektedir.

Facebook gruplarında bilgi paylaşımı kolektif bir yapı göstermektedir. Hastalıklar, bakım yöntemleri, eşleştirme teknikleri ve beslenme önerileri üzerine yapılan paylaşımlar, çok sayıda yetiştiricinin yorumlarıyla zenginleşmekte ve ortak bir bilgi havuzu oluşturmaktadır. Bu yönüyle platform, halk bilgisinin üretildiği, doğrulandığı ve yeniden dolaşıma sokulduğu dijital bir kamusal alan niteliği taşımaktadır.

Halk hekimliği ve halk baytarlığı uygulamalarında bilgi aktarımı, uzun yıllar boyunca usta-çırak ilişkisi ya da el verme yöntemiyle temelinde şekillenmiş ve deneyime dayalı olarak kuşaktan kuşağa aktarılmıştır. Bu bilgi birikimi, çoğunlukla yazılı kaynaklardan ziyade uygulama sırasında gözlem, deneyim ve sözlü anlatım yoluyla öğrenilmekte; sahip olduğu özel nitelik nedeniyle toplumun tamamına değil, güven duyulan ve bu alanda yetkin görülen kişilere aktarılmaktadır. Halk baytarlığında da benzer şekilde hayvan hastalıklarının teşhisi, tedavi yöntemleri, kullanılan doğal ilaçlar ve bakım uygulamaları, yıllar içinde edinilen tecrübeler doğrultusunda oluşan ve topluluk içerisinde saygınlık kazanan yetiştiriciler tarafından paylaşılmaktadır. Bu yönüyle bilgi, yalnızca teknik bir veri değil, aynı zamanda deneyim ve otoriteyle anlam kazanan kültürel bir miras niteliği taşımaktadır (Büyükokutan Töret ve Özdemir, 2024: 3-4).

Dijitalleşme süreciyle birlikte bu geleneksel aktarım modeli yeni bir biçim kazanmıştır. Özellikle Facebook'ta oluşturulan güvercin yetiştiriciliği grupları, halk baytarlığına ilişkin bilgi ve uygulamaların paylaşıldığı dijital danışma ve öğrenme ortamlarına dönüşmüştür. Hastalık belirtilerini gösteren fotoğraf ve videoların paylaşılması, yetiştiricilerin kendi deneyimlerine dayalı tedavi önerilerinde bulunması, kullanılan ilaçlar, doğal uygulamalar ve bakım yöntemleri hakkında yorum yapması, geleneksel usta-çırak ilişkisinin çevrimiçi ortamda yeniden üretildiğini göstermektedir. Grup içerisinde uzun yıllardır yetiştiricilik yapan ve deneyimleriyle tanınan üyelerin önerileri diğer kullanıcılar tarafından daha fazla dikkate alınmakta; böylece bilgi, dijital ortamda kolektif olarak paylaşılırken aynı zamanda topluluk tarafından doğrulanmakta ve yeniden dolaşıma sokulmaktadır.

Bu durum, Facebook gruplarının yalnızca sosyal etkileşim alanları olmadığını, aynı zamanda halk baytarlığı bilgisinin korunduğu, güncellendiği ve yeni kuşak yetiştiricilere aktarıldığı dijital kültür ortamları olarak işlev gördüğünü ortaya koymaktadır. Geleneksel olarak belirli usta yetiştiricilerin hafızasında ve uygulamalarında yaşayan tedavi bilgileri, sosyal medya aracılığıyla daha geniş bir erişim alanına kavuşmakta; sözlü kültüre dayalı deneyim bilgisi fotoğraf, video, yorum ve canlı etkileşimlerle desteklenerek yaşayan bir dijital halk bilgisine dönüşmektedir.

Instagram: Güvercin yetiştiriciliği kültürünün görsel yönünün ön plana çıktığı ve estetik beğeni ölçütlerinin dijital ortamda yeniden üretildiği önemli bir halk kültürü alanıdır. Geleneksel olarak kuş kahvehanelerinde, yarışmalarda veya mezatlarda yüz yüze gerçekleştirilen kuş gösterimleri, günümüzde fotoğraf, video, hikâye ve canlı yayınlar aracılığıyla çok daha geniş kitlelere ulaşmaktadır. Böylece güvercinler yalnızca yetiştiricilik faaliyetinin bir parçası olarak değil, belirli bir kültürel birikimi, emeği, deneyimi ve prestiji temsil eden sembolik göstergeler olarak sunulmaktadır.

Platformda paylaşılan içerikler incelendiğinde, güvercinlerin kanat yapısı, duruşu, renk özellikleri, göz yapısı, uçuş kabiliyeti ve yarışma performanslarının profesyonel bir sunum anlayışıyla sergilendiği görülmektedir. Bu paylaşımlar, geleneksel halk kültüründe önemli bir yere sahip olan "gösterme" ve "takdir edilme" pratiklerinin dijital ortamdaki karşılığı olarak değerlendirilebilir. Her paylaşım, yetiştiricinin yalnızca sahip olduğu güvercini değil, aynı zamanda bilgi birikimini, yetiştiricilik becerisini ve topluluk içerisindeki konumunu temsil eden bir performansa dönüşmektedir.

Instagram'ın beğeni, yorum ve paylaşım mekanizmaları, yetiştiriciler arasında yeni bir dijital prestij sistemi oluşturmaktadır. Geleneksel ortamda yarışmalarda kazanılan kupalar, mezatlarda elde edilen başarılar veya usta yetiştirici olarak tanınma durumu nasıl topluluk içerisinde sembolik bir değer taşıyorsa, dijital ortamda da takipçi sayısı, etkileşim oranı ve paylaşımların görünürlüğü benzer bir statü göstergesi hâline gelmektedir. Özellikle yarışma dereceleri, ödül törenleri, damızlık tanıtımları ve yavru

gelişim süreçlerini içeren paylaşımlar, yetiştiricinin kültürel sermayesini artıran dijital performanslar olarak işlev görmektedir.

Instagram'da oluşturulan anlatılar da halk bilimsel açıdan dikkat çekicidir. Bir güvercinin yumurtadan çıkışından ilk uçuşuna, yarışmalardaki başarısından damızlık olarak kullanılmasına kadar uzanan süreç fotoğraf ve videolarla belgelenmekte, açıklama metinleri ve kullanıcı yorumlarıyla birlikte dijital bir anlatıya dönüşmektedir. Böylece geçmişte sözlü olarak aktarılan yetiştiricilik hikâyeleri ve başarı öyküleri, görsel ve yazılı içeriklerin birleştiği yeni bir anlatı biçimi kazanmaktadır. Bu anlatılar yalnızca bilgi vermekle kalmayıp topluluğun ortak hafızasının oluşmasına ve kültürel belleğin kayıt altına alınmasına da katkı sağlamaktadır.

Instagram hikâyeleri ve canlı yayınları ise anlık etkileşimi mümkün kılarak geleneksel sohbet kültürünü dijital ortama taşımaktadır. Yarışma alanlarından yapılan canlı yayınlar, kümes tanıtımları, yavru gelişim süreçleri, günlük bakım uygulamaları ve mezat öncesi tanıtımlar takipçilerin eş zamanlı katılımıyla gerçekleşmekte; yorumlar, emojiler ve sorular aracılığıyla ortak bir dijital deneyim oluşturulmaktadır. Böylece fiziksel olarak aynı ortamda bulunmayan yetiştiriciler, ortak ilgi alanları etrafında güçlü bir topluluk bilinci geliştirmekte ve kültürel aidiyetlerini sürekli olarak yeniden üretmektedir.

Platformda kullanılan "#taklacı", "#posta", "#damızlık", "#şampiyon", "#oyunkuşu" gibi etiketler ile "Maşallah", "Bol uçuşlar", "Kan hattı çok güçlü", "Eline emeğine sağlık" gibi tekrar eden yorum kalıpları da dijital folklorun önemli örnekleri olarak değerlendirilebilir. Bu kalıplaşmış ifadeler ve semboller, topluluk üyeleri arasında ortak anlam taşıyan bir iletişim dili oluşturmakta; emojiler, etiketler ve kısa yorumlar geleneksel sözlü kültürdeki alkış, övgü ve iyi dilek ifadelerinin dijital karşılığı olarak işlev görmektedir.

Instagram aynı zamanda güvercin yetiştiriciliği kültürünün tanıtımında ve yeni katılımcıların topluluğa kazandırılmasında önemli bir araçtır. Görsel ağırlıklı içerikler sayesinde güvercin kültürü yalnızca deneyimli yetiştiricilere değil, genç kuşaklara ve topluluk dışındaki kullanıcılara da ulaşabilmekte; böylece kültürel mirasın görünürlüğü artmaktadır. Sonuç olarak Instagram, estetik beğeninin, performansın, kimlik inşasının ve kültürel belleğin iç içe geçtiği; güvercin yetiştiriciliği kültürünün dijital ortamda sürekli yeniden üretildiği yaşayan bir halk kültürü alanı olarak değerlendirilebilir.

YouTube: Güvercin yetiştiriciliğine ilişkin bilgi, deneyim ve uygulamaların görsel anlatılar aracılığıyla aktarıldığı en kapsamlı dijital kültür ortamlarından biridir. Geleneksel olarak usta yetiştiricilerin kümeslerinde, yarışma alanlarında veya kuş kahvehanelerinde sözlü anlatım ve uygulamalı gözlem yoluyla aktarılan yetiştiricilik bilgisi, günümüzde video içerikleri sayesinde zaman ve mekân sınırlarını aşarak çok daha geniş bir kullanıcı kitlesine ulaşmaktadır. Bu yönüyle YouTube, yalnızca teknik bilginin paylaşıldığı bir platform değil, halk bilgisinin kayıt altına alındığı, korunduğu ve sürekli yeniden üretildiği dijital bir öğrenme alanı olarak işlev görmektedir.

Platformda deneyimli yetiştiriciler tarafından hazırlanan videolar; bakım ve besleme yöntemleri, eşleştirme teknikleri, damızlık seçimi, yavru gelişimi, hastalıkların teşhisi ve tedavisi, kümes düzenlemeleri, yarışma hazırlıkları ve performans değerlendirmeleri gibi çok çeşitli konuları kapsamaktadır. Bu içerikler, yıllar boyunca deneyimle edinilmiş uygulama bilgisini sistematik bir biçimde görünür hâle getirirken, geleneksel halk baytarlığı ve yetiştiricilik bilgisinin dijital ortamda belgelenmesini de sağlamaktadır.

Halk bilimsel açıdan değerlendirildiğinde YouTube, geleneksel usta-çırak ilişkisinin dijital ortama taşındığı yeni bir öğrenme modeli sunmaktadır. Geçmişte bilgi, ustanın yanında uzun süre gözlem yapılarak ve uygulama sırasında edinilirken, günümüzde kullanıcılar aynı videoyu istedikleri kadar izleyebilmekte, uygulamaları adım adım takip edebilmekte ve yorumlar aracılığıyla içerik üreticisiyle doğrudan iletişim kurabilmektedir. Böylece bilgi aktarımı tek yönlü olmaktan çıkarak karşılıklı etkileşim ve deneyim paylaşımına dayalı kolektif bir öğrenme sürecine dönüşmektedir.

YouTube videolarının yorum bölümleri de halk kültürünün yeniden üretildiği önemli dijital alanlardan biridir. İzleyiciler kendi deneyimlerini paylaşmakta, farklı tedavi yöntemleri önermekte, damızlık seçimleri hakkında görüş bildirmekte ve video içeriğine yeni bilgiler eklemektedir. Böylece video yalnızca bir anlatı olmaktan çıkmakta; çok sayıda yetiştiricinin katkısıyla sürekli gelişen kolektif bir bilgi havuzuna dönüşmektedir. Bu durum, halk bilgisinin bireysel olmaktan ziyade topluluk tarafından şekillenen dinamik bir yapı olduğunu göstermektedir.

Platform üzerinde gerçekleştirilen kümes tanıtımları, güvercin koleksiyonları, yarışma hazırlıkları ve performans kayıtları ise dijital performansın önemli örnekleri arasında yer almaktadır. Yetiştiriciler yalnızca bilgi vermemekte; aynı zamanda kendi yetiştiricilik anlayışlarını, kümes düzenlerini, damızlık kuşlarını ve elde ettikleri başarıları görsel anlatılar aracılığıyla sergilemektedir. Bu içerikler topluluk içerisinde prestij kazandıran kültürel performanslara dönüşürken, yeni başlayan yetiştiriciler için de rol model oluşturmaktadır.

YouTube'un canlı yayın özelliği ise geleneksel sohbet ve danışma kültürünü dijital ortama taşımaktadır. Canlı yayınlarda izleyiciler anlık sorular yöneltebilmekte, yetiştiriciler uygulamaları eş zamanlı olarak gösterebilmekte ve farklı şehirlerden hatta farklı ülkelerden katılımcılar ortak bir kültürel deneyim etrafında buluşabilmektedir. Böylece fiziksel mekânın sınırları ortadan kalkmakta, ortak ilgi alanına sahip bireyler arasında güçlü bir dijital topluluk bilinci oluşmaktadır.

Platform aynı zamanda güvercin yetiştiriciliği kültürünün dijital hafızasını oluşturan önemli bir arşiv niteliği taşımaktadır. Yarışma görüntüleri, şampiyon güvercinlerin performans kayıtları, artık hayatta olmayan usta yetiştiricilerin söyleşileri, eski kümes görüntüleri ve yıllar önce yüklenmiş eğitim videoları kültürel belleğin korunmasına katkı sağlamaktadır. Geçmişte yalnızca belirli kişiler tarafından bilinen uygulamalar ve deneyimler, video kayıtları sayesinde kalıcı hâle gelmekte ve gelecek kuşakların erişimine açık bir bilgi kaynağına dönüşmektedir.

Bu yönüyle YouTube, yalnızca görsel içerik paylaşımının gerçekleştirildiği bir platform değil; usta-çırak ilişkisinin yeniden tanımlandığı, halk baytarlığı ve yetiştiricilik bilgisinin belgelendiği, kültürel belleğin dijital ortamda korunduğu ve kolektif öğrenmenin sürdürüldüğü yaşayan bir halk kültürü alanı olarak değerlendirilebilir. Dijital teknolojiler aracılığıyla geleneksel bilgi sistemleri görünürlük kazanmakta, bireysel deneyimler ortak kültürel mirasın bir parçası hâline gelmekte ve güvercin yetiştiriciliği kültürü sürekli yeniden üretilen dinamik bir dijital folklor örneği olarak varlığını sürdürmektedir.

X platformu: Güvercin yetiştiricileri tarafından Facebook, Instagram veya WhatsApp kadar yoğun kullanılmasa da, kültürel temsil, güncel bilgi dolaşımı ve topluluk dışına açılma açısından önemli işlevler üstlenmektedir. Platformun kısa ve hızlı paylaşım yapısına dayanması, güvercin yetiştiriciliğiyle ilgili haberlerin, yarışma sonuçlarının, etkinlik duyurularının ve güncel gelişmelerin anlık olarak geniş kitlelere ulaştırılmasına olanak sağlamaktadır. Bu yönüyle X, ayrıntılı bilgi aktarımından çok kültürel görünürlüğün sağlandığı ve topluluğun kamusal alanda temsil edildiği dijital bir iletişim alanı olarak öne çıkmaktadır.

Halk bilimsel açıdan değerlendirildiğinde X, geleneksel kültürde köy meydanı, panayır veya kahvehane gibi farklı toplulukların bir araya geldiği ortak kamusal alanların dijital karşılığı olarak düşünülebilir. Platformda yapılan paylaşımlar yalnızca güvercin yetiştiricilerine değil, farklı ilgi alanlarına sahip kullanıcılara da ulaşarak kültürel pratiklerin daha geniş bir dolaşıma girmesini sağlamaktadır. Böylece daha önce büyük ölçüde yetiştirici topluluklarının kendi iç iletişiminde varlığını sürdüren güvercin kültürü, dijital kamusal alanda görünürlük kazanarak farklı toplumsal kesimlerle etkileşim kurabilmektedir.

Platform üzerinde yarışma dereceleri, ödül törenleri, federasyon ve dernek etkinlikleri, festival duyuruları, yeni ırk tanıtımları ve dikkat çekici uçuş videoları kısa metinler ve görseller eşliğinde paylaşılmaktadır. Özellikle ulusal ve uluslararası yarışmalardan elde edilen başarıların duyurulması, yalnızca bireysel yetiştiricilerin değil, temsil ettikleri şehirlerin, derneklerin ve federasyonların da dijital prestijini güçlendirmektedir. Bu paylaşımlar, topluluk üyeleri arasında ortak bir gurur duygusu oluştururken aynı zamanda kültürel kimliğin görünürlüğünü artırmaktadır.

X platformunda kullanılan etiketler (#taklacıgüvercin, #güvercinyarışması, #damızlık, #güvercinkültürü vb.) halk bilimsel açıdan dijital sınıflandırma ve ortak hafıza oluşturma işlevi görmektedir. Aynı etiket altında bir araya gelen paylaşımlar, farklı şehirlerde ve ülkelerde bulunan yetiştiricileri ortak bir dijital ağ içerisinde buluşturmakta; belirli etkinlikler, yarışmalar veya kültürel uygulamalar etrafında kolektif bir anlatı oluşturmaktadır. Böylece etiketler yalnızca teknik bir arama aracı değil, ortak kültürel kimliği görünür kılan ve topluluk üyelerini birbirine bağlayan sembolik göstergeler hâline gelmektedir.

Platformun yeniden paylaşım (retweet), alıntılama ve yorum özellikleri ise halk anlatılarının dijital dolaşımını hızlandırmaktadır. Başarılı bir yarışma performansı, ilginç bir güvercin hikâyesi, kaybolan bir kuşun bulunma serüveni veya geçmişte yaşamış ünlü yetiştiricilere ilişkin anılar kısa sürede çok sayıda kullanıcı tarafından paylaşılabilmekte ve yeni yorumlarla zenginleşerek kolektif anlatılara

dönüşmektedir. Bu süreç, halk kültürünün temel özelliklerinden biri olan ortak üretim ve yeniden anlatım geleneğinin dijital ortamda devam ettiğini göstermektedir.

X'in bir diğer önemli işlevi ise topluluğun gündem oluşturma kapasitesidir. Yarışmalara ilişkin düzenlemeler, yetiştiricilerin karşılaştığı sorunlar, hayvan sağlığı, kaçak avcılık, güvercin hırsızlığı veya kültürel mirasın korunmasına yönelik talepler platform üzerinden hızlı bir şekilde görünürlük kazanabilmektedir. Böylece yetiştiriciler yalnızca bilgi paylaşan bireyler değil, ortak sorunlar etrafında görüş bildiren, kamuoyu oluşturan ve kolektif hareket edebilen dijital bir topluluk kimliği de geliştirmektedir.

Bu bağlamda X, güvercin yetiştiriciliği kültürünün ayrıntılı bilgi üretiminin gerçekleştiği temel ortam olmaktan ziyade, kültürün temsil edildiği, tanıtıldığı, kamusal görünürlük kazandığı ve farklı toplumsal gruplarla etkileşime geçtiği dinamik bir halk kültürü alanı olarak değerlendirilebilir. Platform aracılığıyla geleneksel olarak belirli çevrelerle sınırlı kalan kültürel pratikler dijital kamusal alana taşınmakta; güvercin yetiştiriciliği kültürü yeni izleyiciler edinerek hem görünürlüğünü hem de sürdürülebilirliğini güçlendirmektedir.

WhatsApp Grupları: Güvercin yetiştiricileri arasında gündelik iletişimin en yoğun gerçekleştiği ve topluluk üyeleri arasındaki sosyal ilişkilerin sürekli olarak yeniden üretildiği dijital platformlardan biridir. Facebook ve Instagram gibi geniş kitlelere açık sosyal medya ortamlarından farklı olarak WhatsApp grupları, çoğunlukla aynı şehirde, ilçede veya uzun yıllardır birbirini tanıyan yetiştiriciler tarafından oluşturulan kapalı iletişim ağlarından meydana gelmektedir. Bu özelliğiyle platform, geleneksel mahalle kültürü, kuş kahvehaneleri ve yöresel yetiştirici çevrelerinin dijital ortamdaki devamı niteliğini taşımaktadır. Ortak ilgi alanı etrafında şekillenen bu gruplar, yalnızca bilgi paylaşımının yapıldığı sanal ortamlar değil; karşılıklı güvenin, dayanışmanın ve aidiyet duygusunun sürekli olarak pekiştirildiği halk kültürü alanlarıdır.

Halk bilimsel açıdan değerlendirildiğinde WhatsApp grupları, geleneksel topluluklarda yüz yüze gerçekleştirilen günlük sohbetlerin, danışma mekanizmalarının ve ortak karar alma süreçlerinin dijital karşılığı olarak işlev görmektedir. Yetiştiriciler gün içerisinde karşılaştıkları sorunları anlık olarak gruba iletmekte, diğer üyeler ise kendi deneyimlerinden hareketle çözüm önerileri sunmaktadır. Böylece bilgi, tek bir otorite tarafından aktarılan bir içerik olmaktan çıkmakta; çok sayıda yetiştiricinin katkısıyla kolektif olarak üretilen ve doğrulanan yaşayan bir halk bilgisine dönüşmektedir.

Platformun en önemli işlevlerinden biri halk baytarlığına ilişkin bilgi paylaşımıdır. Hastalanan güvercinlerin fotoğraf ve videoları grup içerisinde paylaşılmakta; deneyimli yetiştiriciler belirtileri değerlendirerek hastalığın olası nedenleri, uygulanabilecek tedavi yöntemleri, ilaç kullanımı, doğal uygulamalar ve bakım süreçleri hakkında önerilerde bulunmaktadır. Sesli mesajlar ve kısa videolar sayesinde yalnızca yazılı açıklamalar değil, uygulamalı anlatımlar da paylaşılabilmektedir. Bu durum, geçmişte usta yetiştiricilerin birebir göstererek aktardıkları bilgilerin dijital ortamda çok katmanlı bir iletişim biçimiyle yeniden üretildiğini göstermektedir.

WhatsApp grupları aynı zamanda kaybolan güvercinlerin bulunmasında etkin bir dayanışma ağı oluşturmaktadır. Kayıp kuşların ayak bilezik numaraları, fotoğrafları ve son görüldükleri bölgeler kısa süre içerisinde yüzlerce yetiştiriciye ulaştırılmakta; farklı şehirlerde bulunan üyeler arasında hızlı bir haberleşme sağlanmaktadır. Bulunan güvercinlerin sahibine ulaştırılması sürecinde ortaya çıkan karşılıklı yardımlaşma, güven ve sorumluluk anlayışı, halk kültürünün temel değerlerinden olan dayanışma ilkesinin dijital ortamda da sürdürüldüğünü göstermektedir.

Yarışmalar, mezatlar ve dernek etkinlikleri de çoğu zaman WhatsApp grupları üzerinden organize edilmektedir. Yarışma tarihleri, uçuş saatleri, hakem duyuruları, mezat listeleri ve etkinlik değişiklikleri anlık olarak paylaşılmakta; grup üyeleri organizasyonlara hızlı bir şekilde katılım sağlayabilmektedir. Özellikle sesli mesajlar ve konum paylaşımı gibi özellikler, fiziksel organizasyonların koordinasyonunu kolaylaştırmakta ve topluluğun ortak hareket etme kapasitesini güçlendirmektedir.

Platform üzerinde zamanla kendine özgü bir iletişim dili de oluşmaktadır. Belirli ifadelerin sürekli tekrarlanması, kısaltmaların kullanılması, güvercin fotoğraflarına verilen standart tepkiler, emojiler ve iyi dilek kalıpları grup üyeleri arasında ortak bir sembolik dil meydana getirmektedir. "Maşallah", "Allah nazardan saklasın", "Hayırlı olsun", "Bol uçuşlar", "Şampiyon olacak inşallah" gibi ifadeler yalnızca bireysel yorumlar değil; topluluğun ortak kültürel değerlerini ve iletişim pratiklerini yansıtan dijital folklor unsurları olarak değerlendirilebilir.

WhatsApp gruplarında güven ilişkisi, diğer sosyal medya platformlarına kıyasla çok daha belirgin bir konumdadır. Üyelerin büyük bölümünün birbirini uzun yıllardır tanıması, aynı yarışmalara katılması veya aynı dernek çatısı altında bulunması, paylaşılan bilgilerin güvenilirliğini artırmaktadır. Grup içerisinde deneyimli yetiştiricilerin görüşleri daha fazla kabul görmekte, yeni başlayanlar ise bu kişileri dijital anlamda usta olarak görmekte ve onların önerilerini referans almaktadır. Böylece geleneksel usta-çırak ilişkisi yalnızca bilgi aktarımı açısından değil, topluluk içerisindeki saygınlık ve otorite bakımından da dijital ortamda yeniden şekillenmektedir.

Sonuç olarak WhatsApp, güvercin yetiştiriciliği kültüründe yalnızca hızlı iletişim sağlayan bir mesajlaşma uygulaması değil; dayanışmanın örgütlendiği, halk baytarlığı bilgisinin aktarıldığı, kayıp kuşların aranmasından yarışma organizasyonlarına kadar birçok kültürel pratiğin sürdürüldüğü, güvene dayalı sosyal ilişkilerin korunduğu ve ortak kültürel belleğin sürekli yeniden üretildiği yaşayan bir dijital halk kültürü alanıdır. Bu yönüyle platform, geleneksel mahalle ve yöre topluluklarının dijital çağdaki en güçlü uzantılarından biri olarak değerlendirilebilir.

Güvercin yetiştiriciliği kültürü, sosyal medya platformlarında yalnızca bilgi paylaşımıyla sınırlı kalmayan, aynı zamanda performansa dayalı yeni kültürel üretim biçimleri ortaya koyan dinamik bir yapıya sahiptir. Geleneksel halk kültüründe topluluk önünde gerçekleştirilen anlatılar, yarışmalar, gösteriler ve ritüeller nasıl kültürel belleğin aktarılmasını sağlıyorsa, dijital ortamda gerçekleştirilen paylaşımlar da benzer işlevleri yerine getirmektedir. Fotoğraflar, videolar, canlı yayınlar, yorumlar ve etkileşimler aracılığıyla güvercin kültürü sürekli görünür kılınmakta, yeniden yorumlanmakta ve kolektif olarak yeniden üretilmektedir.

Bu dijital performansların en dikkat çekici örneklerinden biri çevrim içi mezatlardır. Facebook grupları ve canlı yayınlar aracılığıyla gerçekleştirilen mezatlarda güvercinler yalnızca satışa sunulan bir nesne olarak değil, soyu, performansı, uçuş özellikleri, fiziksel yapısı ve yetiştiricisinin başarısıyla birlikte anlatılan kültürel bir değer olarak sunulmaktadır. Satıcıların kullandığı söylemler, kuşun özelliklerini öne çıkaran anlatılar ve alıcıların yorumları sözlü kültürdeki pazarlık ve ikna geleneğinin dijital ortamdaki devamı niteliğindedir. Tekliflerin yorumlar aracılığıyla ilerlemesi, canlı yayın sırasında yapılan değerlendirmeler ve topluluğun sürece aktif katılımı, mezatı kolektif bir dijital performansa dönüştürmektedir.

Yarışmalar ve performans videoları da kültürel temsilin önemli unsurları arasında yer almaktadır. Taklacı, posta veya oyun güvercinlerinin uçuş görüntüleri, iniş-kalkış becerileri ve performansları sosyal medya üzerinden binlerce kullanıcıya ulaşmakta; yetiştiriciler kendi kuşlarını sergileyerek hem estetik beğeni hem de yetiştiricilik başarısı üzerinden sembolik bir rekabet alanı oluşturmaktadır. Beğeni sayıları, paylaşım oranları ve olumlu yorumlar dijital ortamda prestij üreten göstergelere dönüşmekte; geleneksel topluluk içinde kazanılan saygınlık sosyal medya aracılığıyla daha geniş bir görünürlük kazanmaktadır.

Damızlık tanıtımları ve yavru gelişim paylaşımları da dijital performansın önemli parçalarındandır. Yetiştiriciler, kuşlarının kan hattını, geçmiş yarışma başarılarını, fiziksel özelliklerini ve yavrularını düzenli olarak paylaşarak hem bilgi vermekte hem de kendi yetiştiricilik kimliklerini inşa etmektedir. Böylece bireysel deneyimler topluluk tarafından izlenen, değerlendirilen ve onaylanan kültürel anlatılara dönüşmektedir.

Canlı yayınlar ise geleneksel sohbet ortamlarını dijital platformlara taşıyan uygulamalardır. Mezat yayınları, yarışma değerlendirmeleri, kümes gezileri ve soru-cevap oturumları sayesinde yetiştiriciler farklı şehirlerden hatta farklı ülkelerden aynı anda bir araya gelebilmekte; anlık yorumlar, sorular ve değerlendirmeler yoluyla ortak bir kültürel deneyim yaşamaktadır. Fiziksel olarak aynı mekânda bulunmayan bireyler, eş zamanlı etkileşim sayesinde güçlü bir topluluk hissi geliştirmekte ve kültürel aidiyetlerini yeniden üretmektedir.

Dijital ortamın kendine özgü iletişim biçimleri de bu kültürel performansın önemli bileşenleri hâline gelmiştir. "Maşallah", "Hayırlı olsun", "Kan hattı çok sağlam", "Bol taklalı olsun", "Allah nazardan saklasın", “İyi fişeklemiş”, “Pırıltı attı”, “Sıkarak geldi”, “Tüy atacak”, “Eşe geldi” gibi tekrar eden ifadeler, yalnızca bireysel yorumlar değil; topluluk üyeleri tarafından ortak anlam yüklenen kalıplaşmış sözlü kültür ürünleridir. Benzer şekilde güvercin, kupa, ateş, nazar boncuğu ve alkış emojileri ile #taklacıgüvercin, #posta, #mezat, #damızlık, #süsgüvercini, #paçalıperçemli gibi etiketler dijital kültürün sembolik dili olarak kullanılmakta, grup üyeleri arasında ortak bir iletişim kodu oluşturmaktadır.

Güvercin yetiştiriciliği kültürünün dijitalleşme sürecinde yalnızca bireysel kullanıcılar değil, federasyonlar, dernekler ve yerel yetiştirici kulüpleri de önemli aktörler hâline gelmiştir. Geleneksel olarak yarışmaların düzenlenmesi, yetiştiriciler arasındaki iletişimin sağlanması ve ortak kuralların belirlenmesi gibi işlevleri üstlenen bu kurumlar, sosyal medya platformlarını aktif biçimde kullanarak faaliyet alanlarını fiziksel mekânların ötesine taşımıştır. Böylece kurumsal yapıların görünürlüğü artarken, kültürel mirasın korunması ve yaygınlaştırılması için yeni iletişim kanalları oluşmuştur.

Federasyon ve derneklerin sosyal medya hesapları, öncelikle resmi bilgilendirme işlevi görmektedir. Yarışma takvimleri, festival ve mezat duyuruları, hakem eğitimleri, üyelik işlemleri, sonuç listeleri ve ödül törenleri dijital ortamda geniş kitlelere ulaştırılmaktadır. Bu durum, daha önce yalnızca belirli çevrelerin erişebildiği bilgilerin ulusal ve uluslararası ölçekte dolaşıma girmesine olanak sağlamaktadır. Aynı zamanda yapılan paylaşımlar, yetiştiriciler arasında ortak bir gündem oluşturmakta ve topluluk içi iletişimi güçlendirmektedir.

Sosyal medya platformları, federasyon ve dernekler açısından yalnızca duyuru yapılan alanlar değil, aynı zamanda kurumsal temsil ve meşruiyetin inşa edildiği dijital vitrinlerdir. Düzenlenen organizasyonlardan paylaşılan fotoğraf ve videolar, ödül törenleri, hakem değerlendirmeleri, kupa seremonileri ve toplu hatıra görüntüleri kurumsal kimliği görünür kılmakta; yetiştiriciler arasında güven ve aidiyet duygusunu pekiştirmektedir. Böylece sosyal medya, fiziksel olarak belirli bir şehir veya bölgeyle sınırlı olan dernek faaliyetlerini ulusal ölçekte izlenebilir ve katılıma açık hâle getirmektedir.

Canlı yayın uygulamaları ise kurumsal faaliyetlerin katılımcı niteliğini artırmaktadır. Yarışmaların canlı olarak yayınlanması, dereceye giren kuşların performanslarının paylaşılması, hakem değerlendirmelerinin eş zamanlı olarak izlenebilmesi ve izleyicilerin yorum yapabilmesi, geleneksel yarışma kültürünü dijital ortamda yeniden üretmektedir. Böylece fiziksel olarak organizasyona katılamayan yetiştiriciler de sürecin bir parçası olmakta ve toplulukla bağlarını sürdürmektedir.

Federasyon ve dernek hesapları aynı zamanda kültürel belleğin dijital arşivleri olarak işlev görmektedir. Geçmiş yarışmalara ait görüntüler, ödül alan güvercinler, önemli yetiştiricilerin tanıtımları, anma paylaşımları, tarihî fotoğraflar ve eğitim içerikleri düzenli olarak kayıt altına alınmaktadır. Bu paylaşımlar, yalnızca güncel faaliyetleri belgelemekle kalmamakta; güvercin yetiştiriciliği kültürünün hafızasını oluşturarak gelecek kuşaklara aktarılmasına katkı sağlamaktadır.

Bir diğer önemli işlev ise standartlaşma ve kültürel otoritenin oluşturulmasıdır. Yarışma kriterleri, puanlama sistemleri, ırk standartları, etik kurallar ve yetiştiricilik ilkeleri sosyal medya aracılığıyla duyurulmakta ve geniş yetiştirici kitlesi tarafından tartışılmaktadır. Bu süreç, ortak terminolojinin korunmasına, uygulama birliğinin sağlanmasına ve topluluk içerisinde kabul gören normların dijital ortamda yeniden üretilmesine hizmet etmektedir.

Bunun yanında federasyon ve derneklerin sosyal medya hesapları, genç kuşakların güvercin kültürüyle tanışmasını sağlayan önemli araçlar hâline gelmiştir. Görsel açıdan dikkat çekici içerikler, kısa videolar, başarı hikâyeleri ve etkinlik paylaşımları sayesinde geleneksel olarak aile veya usta-çırak ilişkisi içerisinde öğrenilen bu kültür, dijital ortam aracılığıyla daha geniş ve farklı yaş gruplarına ulaşabilmektedir. Böylece sosyal medya, hem kültürel mirasın tanıtımını yapan hem de yeni katılımcıları topluluğa dâhil eden işlevsel bir eğitim ve iletişim ortamı oluşturmaktadır.

Federasyonlar ve dernekler, sosyal medya sayesinde yalnızca organizasyonlarını duyuran kurumlar olmaktan çıkmış; kültürel belleği koruyan, ortak kimliği güçlendiren, bilgi aktarımını sağlayan, dijital performansları görünür kılan ve güvercin yetiştiriciliği kültürünün sürdürülebilirliğine katkıda bulunan temel aktörlere dönüşmüştür. Bu yönüyle sosyal medya, kurumsal yapılar ile yetiştiriciler arasında sürekli etkileşim sağlayan ve somut olmayan kültürel mirasın dijital ortamda yaşatılmasına hizmet eden önemli bir halk bilimsel iletişim alanı niteliği taşımaktadır.

Dijitalleşme sürecinde dikkat edilmesi gereken bir diğer önemli nokta, ağ toplumunda mekân ve zaman ilişkilerinin yeniden yapılandırılmasıdır. Geleneksel toplumlarda kültürel etkileşimler belirli fiziksel mekânlarda gerçekleşirken, ağ toplumunda iletişim ve paylaşım süreçleri "yerler mekânı"ndan "akışlar mekânı"na doğru evrilmektedir. Bu yeni mekânsal düzende bireylerin belirli coğrafi alanlarda yaşamaya devam etmesine rağmen, onların kültürel üretim ve paylaşım pratiklerini belirleyen temel unsur fiziksel yakınlık değil, dijital ağlara katılım düzeyidir (Bahçeci Başarmak vd., 2019: 287).

Bu dönüşüm, halk kültürünün aktarım biçimlerinde de önemli değişiklikler meydana getirmektedir. Geleneksel olarak kahvehaneler, dernekler, meydanlar veya yetiştirici buluşmaları gibi yüz yüze etkileşim ortamlarında aktarılan güvercin kültürüne ilişkin bilgi, deneyim ve anlatılar; günümüzde

sosyal medya platformları, çevrim içi topluluklar ve dijital paylaşım ağları aracılığıyla dolaşıma girmektedir. Böylece kültürel bilgi belirli bir mekâna bağlı kalmaksızın sürekli hareket eden bir akış içerisinde yeniden üretilmekte, farklı coğrafyalardaki yetiştiriciler arasında ortak bir dijital kültür alanı oluşturmaktadır.

Bu bağlamda güvercin yetiştiriciliği kültürü, dijital ağların sağladığı etkileşim sayesinde yalnızca korunup aktarılan bir gelenek olmaktan çıkmakta; kullanıcıların yorumları, görsel paylaşımları, canlı yayınları ve çevrim içi tartışmalarıyla sürekli yeniden şekillenen dinamik bir kültürel pratiğe dönüşmektedir. Dolayısıyla ağ toplumunda kültürel sürekliliği sağlayan unsur fiziksel birliktelik değil, dijital akışlar içerisinde kurulan katılımcı ve etkileşimli iletişim ağlarıdır.

Sosyal medya platformlarında oluşan bu performans alanları, kültürel kimliğin ve toplumsal statünün yeniden inşa edildiği mekânlar olarak da değerlendirilebilir. Takipçi sayısı yüksek olan yetiştiriciler, düzenli içerik üreten hesaplar veya videoları geniş kitlelere ulaşan kullanıcılar topluluk içinde dijital otorite konumuna yükselmekte; bilgi paylaşımı ve yönlendirme konusunda etkili aktörler hâline gelmektedir. Böylece geçmişte yaş, deneyim ve usta-çırak ilişkisi üzerinden şekillenen kültürel otorite, dijital görünürlük, etkileşim ve içerik üretme kapasitesiyle birlikte yeni bir boyut kazanmaktadır.

Sonuç olarak güvercin yetiştiriciliği kültürü, sosyal medya platformlarında yalnızca görünürlük kazanan veya temsil edilen geleneksel bir hobi alanı değil; her paylaşım, yorum, canlı yayın, çevrim içi mezat, yarışma videosu, hikâye anlatısı ve kullanıcı etkileşimi aracılığıyla sürekli yeniden üretilen dinamik bir dijital halk kültürü alanıdır. Bu dijital üretim sürecinde geleneksel bilgi, deneyim ve uygulamalar özünü korurken, yeni medya teknolojilerinin sağladığı görsel, işitsel ve etkileşimli olanaklarla farklı ifade biçimleri kazanmakta; kültürel pratikler zaman ve mekân sınırlarını aşarak daha geniş topluluklara ulaşmaktadır. Böylece kuş kahvehanelerinde, damlarda, yarışma alanlarında ve mezatlarda şekillenen yüz yüze kültürel etkileşim, sosyal medya platformlarında çok katmanlı bir iletişim ağı içerisinde yaşamaya devam etmektedir.

Facebook gruplarında gerçekleştirilen çevrim içi mezatlar ve bilgi paylaşımları, Instagram'da estetik beğeni ve prestijin görsel performanslara dönüşmesi, WhatsApp gruplarında güvene dayalı dayanışma ağlarının sürdürülmesi, YouTube'da usta-çırak ilişkisinin dijital eğitim modeline dönüşmesi ve X platformunda kültürel temsil ile kamusal görünürlüğün güçlenmesi, güvercin kültürünün dijital ortamda üstlendiği yeni işlevleri açıkça ortaya koymaktadır. Bu platformlar birbirinden bağımsız değil; aksine kültürel belleğin korunması, topluluk kimliğinin güçlendirilmesi, halk bilgisinin aktarılması ve yeni katılımcıların kültüre dâhil edilmesi süreçlerinde birbirini tamamlayan iletişim alanları olarak işlev görmektedir.

Bu bağlamda sosyal medya, yalnızca teknolojik bir paylaşım aracı olarak değil, halk kültürünün üretildiği, müzakere edildiği, doğrulandığı ve yeniden anlamlandırıldığı yaşayan bir kültürel ortam olarak değerlendirilmelidir. Dijital platformlarda oluşan ortak terminoloji, kalıplaşmış söylemler, etiket kullanımları, emojiler, canlı yayın ritüelleri, yorum kültürü ve çevrim içi performanslar, çağdaş dijital folklorun yeni örneklerini meydana getirmektedir. Böylece geleneksel olarak sözlü kültür içerisinde aktarılan deneyimler, dijital kayıtlar sayesinde kalıcı bir kolektif hafızaya dönüşmekte ve somut olmayan kültürel mirasın korunmasına önemli katkılar sunmaktadır.

Dolayısıyla güvercin yetiştiriciliği kültürü, dijitalleşme karşısında dönüşen ancak özünü kaybetmeyen, aksine yeni iletişim teknolojileri sayesinde görünürlüğünü, sürdürülebilirliğini ve etki alanını genişleten yaşayan bir halk kültürü örneği olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu durum, dijital ortamların geleneksel kültürleri ortadan kaldıran değil; onları yeni toplumsal koşullara uyarlayan, farklı katılım biçimleri oluşturan ve kültürel sürekliliği destekleyen dinamik alanlar olduğunu göstermektedir. Güvercin yetiştiriciliği örneği, halk biliminin günümüzde yalnızca fiziksel mekânlarda değil, sosyal medya platformlarında da üretilen, paylaşılan ve yeniden inşa edilen kültürel pratikleri incelemesi gerektiğini ortaya koyan önemli bir örnek niteliği taşımaktadır.

Platform	**Başlıca İşlev**	**Baskın Kullanıcı Profili**	**Halk bilimsel Karşılığı**
Facebook	Alım-satım, çevrim içi mezat,ilan, yöresel grup ağları, tartışma	Orta yaş ve üzeri; köklü/deneyimli yetiştiriciler	Dijital pazar ve kuş kahvehanesinin yerini alan tartışma/ticaret meydanı

Instagram	Fotoğraf ve video sergileme, estetik beğeni, prestij üretimi	Genç yetiştiriciler; görsel içerik üreticileri	Damızlık vitrini estetik değerin ve itibarın gösterimi
Youtube	Bakım, yetiştirme ve eğitim içeriği; uzun anlatılar	İçerik üreticisi yetiştiriciler ve yeni öğrenenler	Usta-çırak aktarımının gösterim merkezli, kalıcı arşivi
X Platformu	Görece sınırlı paylaşım, güncel haber ve görüş alışverişi	Sayıca az; kentli, çevrim içi etkin kullanıcılar	Dağınık ve süreksiz; topluluk-dışı görünürlük alanı
Whatsapp Grupları	Yakın çevre iletişimi, yöresel ağ, hızlı bilgi ve haberleşme	Birbirini tanıyan yerel yetiştirici grupları	Mahalle/yöre dayanışma ağının dijital uzantısı

Tablo-1: Sosyal Medya Platformlarının Güvercin Kültüründeki İşlevselliği

SONUÇ

Güvercin yetiştiriciliği, yalnızca hayvan yetiştiriciliğine dayanan bir uğraş değil; kendine özgü terminolojisi, bilgi aktarım sistemleri, ritüelleri, estetik anlayışı, ekonomik ilişkileri, sembolik değerleri ve güçlü topluluk yapısıyla yaşayan bir halk kültürü alanıdır. Geleneksel olarak kuş kahvehaneleri, mahalle damları, yarışmalar, mezatlar ve yüz yüze etkileşim ortamlarında şekillenen bu kültürel yapı, dijital iletişim teknolojilerinin yaygınlaşmasıyla birlikte yeni medya platformlarına taşınmış ve farklı iletişim biçimleri içerisinde varlığını sürdürmeye başlamıştır. Bu çalışma, güvercin yetiştiriciliği kültürünün sosyal medya ortamlarında nasıl yeniden üretildiğini, geleneksel kültürel pratiklerin dijital ortamda hangi biçimlerde devam ettiğini ve sosyal medyanın bu süreçte üstlendiği halk bilimsel işlevleri ortaya koymayı amaçlamıştır. Elde edilen bulgular, dijitalleşmenin geleneksel kültürel yapıları ortadan kaldıran bir süreç olmaktan ziyade, onları yeni iletişim olanakları içerisinde dönüştüren, görünür kılan ve sürdürülebilirliğini destekleyen bir kültürel yeniden üretim mekanizması olduğunu göstermektedir.

Çalışmanın kuramsal çerçevesini oluşturan Alan Dundes'in halk kavramına ilişkin yaklaşımı ve Walter Ong'un ikincil sözlü kültür kuramı, güvercin yetiştiriciliği topluluklarının dijital ortamdaki varlığını anlamlandırmak açısından önemli bir açıklama zemini sunmaktadır. Araştırma bulguları, ortak ilgi alanı etrafında şekillenen güvercin yetiştiricilerinin sosyal medya platformlarında da ortak terminoloji, ortak davranış kalıpları, ortak anlatılar ve ortak semboller etrafında güçlü bir kolektif kimlik oluşturduklarını ortaya koymaktadır. Bu durum, halk kavramının yalnızca belirli coğrafi sınırlar içerisinde yaşayan topluluklarla sınırlı olmadığını; dijital ağlar üzerinden etkileşim kuran hobi topluluklarının da çağdaş halk grupları olarak değerlendirilebileceğini göstermektedir. Aynı şekilde sosyal medya platformları, sözlü kültürün ortadan kalktığı alanlar değil; sözün, yazının, görüntünün ve etkileşimin birlikte kullanıldığı yeni bir ikincil sözlü kültür ortamı olarak işlev görmektedir.

Araştırmada incelenen platformlar, güvercin kültürünün farklı yönlerini destekleyen ve birbirini tamamlayan halk bilimsel işlevlere sahiptir. Facebook, çevrim içi mezatlar, alım-satım faaliyetleri, hastalık tedavilerine ilişkin deneyim paylaşımları ve grup tartışmalarıyla geleneksel kuş kahvehanelerinin ve pazar alanlarının dijital karşılığı olarak öne çıkmaktadır. Instagram, estetik beğeninin, yarışma performanslarının ve yetiştiricilik prestijinin görsel anlatılar üzerinden yeniden üretildiği dijital bir performans alanı oluştururken; WhatsApp, güven ilişkisi üzerine kurulu mahalle ve yöre dayanışmasının günümüzdeki dijital uzantısı olarak işlev görmektedir. YouTube, usta-çırak geleneğini görsel ve kalıcı bir eğitim arşivine dönüştürerek halk bilgisinin belgelenmesini ve yeni kuşaklara aktarılmasını sağlamaktadır. X platformu ise güvercin kültürünün topluluk sınırlarını aşarak dijital kamusal alanda temsil edilmesine, görünürlük kazanmasına ve farklı kullanıcı gruplarıyla etkileşim kurmasına katkıda bulunmaktadır. Bunun yanında federasyonlar ve derneklerin sosyal medya hesapları, yarışmaların duyurulması, standartların belirlenmesi, kültürel belleğin kayıt altına alınması ve kurumsal kimliğin güçlendirilmesi bakımından kültürel sürekliliğin önemli aktörleri hâline gelmiştir. Çalışmanın en önemli tespitlerinden biri, sosyal medyanın yalnızca iletişimi kolaylaştıran teknolojik bir araç olmadığı; kültürel üretimin, performansın ve kolektif belleğin yeniden şekillendiği yaşayan bir halk kültürü ortamı olduğudur.

Çevrim içi mezatlar, canlı yayınlar, yarışma videoları, damızlık tanıtımları, kümes gezileri, hastalık tedavilerine ilişkin deneyim paylaşımları, kalıplaşmış yorumlar, emojiler ve etiket kullanımları dijital folklorun güncel örnekleri olarak karşımıza çıkmaktadır. Geleneksel olarak sözlü aktarım yoluyla sürdürülen yetiştiricilik bilgisi, sosyal medya platformlarında görsel, işitsel ve yazılı içeriklerin birleşmesiyle kalıcı bir dijital arşive dönüşmekte; bilgi yalnızca korunmamakta, kullanıcıların katkılarıyla sürekli güncellenmekte ve yeniden üretilmektedir. Böylece kültürel süreklilik ile kültürel dönüşüm birbirine karşıt süreçler olmaktan çıkmakta, aynı anda işleyen tamamlayıcı dinamikler olarak ortaya çıkmaktadır.

Araştırma sonucunda güvercin yetiştiriciliği kültürünün dijitalleşme sürecinde dört temel dönüşüm yaşadığı belirlenmiştir. Birincisi, bilgi aktarımının yüz yüze ortamdan çok katmanlı ve etkileşimli dijital iletişim ağlarına taşınmasıdır. İkincisi, topluluk aidiyetinin fiziksel mekânlardan bağımsız olarak sosyal medya grupları ve çevrim içi platformlar üzerinden yeniden kurulmasıdır. Üçüncüsü, kültürel otorite ve prestijin yalnızca yaş ve deneyime değil; dijital görünürlük, içerik üretimi, takipçi kitlesi ve etkileşim düzeyine bağlı olarak yeniden şekillenmesidir. Dördüncüsü ise somut olmayan kültürel mirasın ilk kez bu denli yoğun biçimde dijital kayıtlar aracılığıyla belgelenmesi ve kolektif hafızanın sosyal medya üzerinden sürdürülebilir hâle gelmesidir.

Bu çalışma, dijital halk bilimi araştırmalarına üç açıdan katkı sunmaktadır. İlk olarak, güvercin yetiştiriciliği kültürünü ortak ilgi alanı etrafında şekillenen çağdaş bir halk topluluğu olarak ele alarak halk kavramının güncel yorumlarına somut bir örnek sunmaktadır. İkinci olarak, sosyal medya platformlarını yalnızca iletişim araçları olarak değil, halk bilgisinin üretildiği, müzakere edildiği ve yeniden anlamlandırıldığı kültürel performans alanları olarak değerlendirmektedir. Üçüncü olarak ise dijitalleşme sürecinde hobi topluluklarının kültürel sürekliliğini somut olmayan kültürel miras perspektifinden ele alarak dijital folklor çalışmalarına yeni bir uygulama alanı kazandırmaktadır.

Bu bağlamda gelecekte gerçekleştirilecek araştırmalarda, dijital halk bilimi çalışmalarının yalnızca metin ve görsel içerik analizleriyle sınırlı kalmaması; çevrim içi mezatlar, canlı yayın performansları, yorum kültürü, algoritmaların kültürel görünürlük üzerindeki etkisi, dijital otorite oluşumu, yapay zekâ destekli içerik üretimi ve platformlar arası kültürel dolaşım gibi konuların da disiplinler arası yaklaşımlarla incelenmesi önerilmektedir. Bunun yanı sıra federasyonlar, dernekler ve yetiştirici toplulukları tarafından sosyal medya içeriklerinin sistematik biçimde dijital arşivlere dönüştürülmesi, sözlü anlatıların kayıt altına alınması ve genç kuşakların kültürel mirasa katılımını destekleyecek dijital eğitim projelerinin geliştirilmesi önem taşımaktadır.

Sonuç olarak güvercin yetiştiriciliği kültürü, sosyal medya platformlarında yalnızca temsil edilen bir gelenek değil; her paylaşım, yorum, canlı yayın, çevrim içi mezat, yarışma videosu, etiket, emoji ve kullanıcı etkileşimi aracılığıyla sürekli yeniden üretilen yaşayan bir dijital halk kültürü alanıdır. Geleneksel bilgi, deneyim ve uygulamalar özünü korurken yeni medya teknolojileri sayesinde farklı ifade biçimleri kazanmakta; kültürel pratikler zaman ve mekân sınırlarını aşarak daha geniş topluluklara ulaşmaktadır. Bu nedenle dijital ortamlar, geleneksel kültürü dönüştüren ancak onu ortadan kaldırmayan; aksine görünürlüğünü artıran, kolektif belleği güçlendiren ve kültürel sürekliliği destekleyen yeni halk kültürü alanları olarak değerlendirilmelidir. Güvercin yetiştiriciliği örneği ise dijital çağda halk kültürünün nasıl yaşadığını, değiştiğini ve yeniden üretildiğini gösteren özgün ve güncel bir model olarak halk bilimi literatürüne önemli bir katkı sunmaktadır.

KAYNAKÇA

Açа, Mehmet (2019). *Toplumlaşma ve Toplumsallaşma Eşiğinde Kültür. Halk Bilimi El Kitabı*. Ed. Mustafa Açа. Ankara: Nobel Akademik Yayınları, 1-12.

Bahçeci Başarmak, H. I., & Öktem, M. K. (2019). Küreselleşme Sürecinde Kentselliğin Dönüşümü: Toplumsal, Teknolojik ve Mekânsal Süreçler Üzerine Bir İnceleme. *Uluslararası Yönetim Akademisi Dergisi,* 2(2), 284-300.

Bozkurt, A., Hamutoğlu, N. B., Liman Kaban, A., Taşçı, G., & Aykul, M. (2021). Dijital bilgi çağı: Dijital toplum, dijital dönüşüm, dijital eğitim ve dijital yeterlilikler. *Açıköğretim Uygulamaları ve Araştırmaları Dergisi,* 7(2), 35-63.

Büyükokutan Töret, A., & Özdemir, T. (2024). Güvercin Hastalıklarında Geleneksel Tedavi Yöntemleri: Eskişehir Örneği. *YAZIT Kültür Bilimleri Dergisi,* 4(1), 1-24.

Castells, M. (2008). *Enformasyon Toplumu: Ekonomi, Toplum ve Kültür: Ağ Toplumunun Yükselişi.* (Çev. Ebru Kılıç). İstanbul: Bilgi Üniversitesi Yayınları.

ÇOBANOĞLU, Özkul, (1999), "Elektronik Kültür Ortamında Âşık Tarzı Şiir Geleneği Bağlamında Çukurova Âşıkları Üzerine Tespitler", III. Uluslar Arası Çukurova Halk Kültürü Bilgi Şöleni (Sempozyumu) Bildiriler, Adana Valiliği Yayını, Adana Ofset, Adana, s.246-253.

Dundes, A. (1965). *The study of folklore.* Englewood Cliffs: Prentice-Hall.

Haviland, William A. vd. (2008). *Kültürel Antropoloji.* Çev. İnan Deniz Erguvan Sarıoğlu. İstanbul: Kaknüs Yayınları.

Kökalan Çımrın, F.. (2011). Manuel Castells'i yeniden okumak: Küresel ağ hareketleri yaklaşımının eleştirel bir değerlendirmesi. *Yakın Doğu Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi, 4*(2), 65-77.

Malinowski, Bronislaw (2016). *Bilimsel Bir Kültür Teorisi.* Çev. Deniz Uludağ. Ankara: Doğubatı Yayınları.

Ong, W. J. (1995). *Sözlü ve yazılı kültür: Sözün teknolojileşmesi* (Çev. S. Postacıoğlu Banon). İstanbul: Metis Yayınları.

Özdemir, Tuğçe (2021a). "Eskişehir'de Güvercin Yetiştirme Kültürü". Ed.: Mehmet Ali Yolcu, Mustafa Aça. Motif Vakfı Uluslararası Sosyal Bilimler Sempozyumu-II Tam Metin Bildirileri 16-18 Nisan 2021). İstanbul: Motif Vakfı Yayınları, 113- 133.

Özdemir, T. (2021b). Eskişehir'de Güvercin Yarışlarının Halk Bilimsel İncelenmesi. *YAZIT Kültür Bilimleri Dergisi,* 1(2), 181-207.

Elektronik Kaynaklar

URL-1: "Altınbilek, Cemil. "Güvercinleri Tanıyalım". Türkiye Güvercin Federasyonu". http://www.gufed.com/MakaleGoster.aspx?ID=2 (Erişim: 12.05.2025).

URL-2: "Tarihten Günümüze Türkiye'de Güvercin (Columba livia) Yetiştiriciliği". Yarış Güvercini. https://www.yarisguvercini.com/haber/53. (Erişim: 02.09.2025).

URL-3: "Güvercinler ve Haber Güvercinleri Hakkında Bilgi".https://www.nkfu. com/ guvercinler-ve-haber-guvercinleri- hakkinda-bilgi/. (Erişim: 01.09.2025).

OBJEKTİF AĞIRLIKLANDIRMADA YENİ BİR YAKLAŞIM: MEREC YÖNTEMİ
A NEW APPROACH TO OBJECTIVE WEIGHTING: THE MEREC METHOD

Assoc. Prof. Dr Berna (KIRAN) BULĞURCU
Cukurova University, The Faculty of Economics and Admistrative Science, Business Administration Department, Adana, Türkiye
ORCİD ID:0000-0002-9695-2668

Kübra Ecem EFEOĞLU
Cukurova University, The Faculty of Economics and Admistrative Science, Business Administration Department, Adana, Türkiye
ORCİD ID:0009-0008-1221-2736

ABSTRACT
In Multi-Criteria Decision-Making (MCDM) processes, the weighting step, which determines the importance levels of criteria, constitutes one of the most critical steps for the reliability of the results. While traditional weighting approaches are categorized into subjective and objective types, data-driven objective models that minimize the judgmental errors of decision-makers have gained prominence in recent years. This study aims to examine in detail the methodological structure and operational mechanism of the MEREC (Method based on the Removal Effects of Criteria) technique, a newly introduced objective weighting approach in the literature. Developed by Keshavarz-Ghorabaee et al. in 2021, the MEREC technique calculates criteria weights based on the removal effect' the impact on the total performance of alternatives when each criterion is individually removed from the system and calculates weight coefficients based on the resulting variation in total performance. Distinct from traditional models, the method aims to preserve data sensitivity by utilizing a logarithmic function and demonstrates its uniqueness by measuring the causal relationships between criteria through absolute deviation amounts. In this study, the theoretical framework of MEREC, its application areas, and its fundamental advantages and distinctions from other objective weighting methods are discussed. As a result of the transparent and stable outcomes provided by the method in complex decision problems, its position in modern MCDM literature and its potential for sectoral applications are highlighted.
Keywords: MCDM, MEREC, Objective Criteria Weighting

ÖZET
Çok Kriterli Karar Verme (ÇKKV) süreçlerinde, kriterlerin önem derecelerini belirleyen ağırlıklandırma aşaması, sonuçların güvenilirliği açısından en kritik adımlardan birini oluşturmaktadır. Geleneksel ağırlıklandırma yaklaşımları subjektif ve objektif olarak ikiye ayrılmakla birlikte, son yıllarda karar vericilerin yargısal hatalarını minimize eden veri odaklı objektif modeller önem kazanmaktadır. Bu çalışma, literatüre yeni kazandırılan ve objektif bir ağırlıklandırma yaklaşımı olan MEREC (Method based on the Removal Effects of Criteria) tekniğinin metodolojik yapısını ve operasyonel mekanizmasını detaylı bir şekilde incelemeyi amaçlamaktadır. 2021 yılında Keshavarz-Ghorabaee vd. tarafından literatüre kazandırılan MEREC tekniği, kriter ağırlıklarını hesaplarken her bir kriterin sistemden çıkarılması durumunda meydana gelebilecek alternatiflerin toplam performansı üzerinde yarattığı kaldırma etkisini temel almakta ve kriterlerin toplam ağırlıklarındaki değişme ile ağırlık kriterlere yönelik ağırlık katsayısı hesabı yapılmaktadır. Geleneksel modellerden farklı olarak logaritmik bir fonksiyon kullanarak verilerin hassasiyetini korumayı amaçlayan yöntem kriterler arasındaki nedensellik ilişkisini mutlak sapma miktarları üzerinden ölçerek de farklılığını ortaya koymaktadır. Bu çalışmada MEREC'in teorik çerçevede açıklanması, uygulama alanları ve diğer objektif ağırlıklandırma yöntemlerinden ayrılan yanları ve temel üstünlükleri tartışılmıştır. Teorik çerçevesi sunulan yöntemin karmaşık karar problemlerinde sunduğu şeffaf ve kararlı sonuçlar neticesinde modern ÇKKV literatüründeki yeri ve sektörel uygulama potansiyeli ortaya konulmuştur.
Anahtar Kelimeler: ÇKKV, MEREC, Objektif Kriter Ağırlıklandırma

1.GİRİŞ

Bir ÇKKV probleminin ortaya çıkması için en az iki alternatif seçenek ve birbiriyle çelişkili birden fazla kritere ihtiyaç duyulmaktadır. ÇKKV yöntemleri üç temel yapıdan oluşmaktadır bunlar alternatifler, kriterler ve kriter ağırlıklarıdır. Alternatifler, karar vericilerin nihai karara varmak amacıyla karar aralarından seçim yapacağı farklı seçenekleri temsil etmektedir. Kriterler, alternatiflerin seçimine yarayan elemanlardır. Kriter ağırlıkları ise temel olarak her bir kriterin önem derecesi anlamına gelmektedir (Ersoy, 2022, p. 1450). Çok kriterli karar verme (ÇKKV) problemlerinde kriterlerin ağırlıkları, sonuçları önemli ölçüde etkileyebilecek temel bileşenlerden biridir (Keshavarz-Ghorabaee vd., 2021). Kriter ağırlıklarını elde etmek amacıyla literatürde farklı yöntemler geliştirilmiştir. Bu yöntemler üç kategoriye ayrılmaktadır, bunlar sübjektif ağırlıklandırma yöntemleri, objektif ağırlıklandırma yöntemleri ve karma ağırlıklandırma yöntemleridir. Kriter ağırlıklarının subjektif yöntemlerle belirlenmesinde, karar vericilerin bireysel yargıları ve tercihleri temel rol oynamaktadır. Bu yöntemlere örnek vermek gerekirse doğrudan sıralama, puan tahsisi, ikili karşılaştırmalar söylenebilir. Subjektif ağırlık belirleme yöntemlerinin en temel dezavantajı, kriter sayısındaki artışın karar vericilerin değerlendirmelerinin tutarlılığı doğruluğu üzerinde olumsuz etki yaratabilmesidir. Objektif ağırlıklandırma yöntemlerinde ise, kriterlerin önem düzeyinin karar vericilerin öznel değerlendirmelerinden bağımsız olarak belirlenmektedir. Bununla birlikte, objektif ağırlıklandırma yöntemleri karar matrisine dayalı olarak belirli bir hesaplama süreçleri aracılığıyla kriter ağırlıklarını belirlemektedir (Arman ve Özçil, 2022, p. 165). Objektif ağırlıklandırma yöntemlerine örnek vermek gerekirse Entropy (Wu vd., 2011), CRiteria Importance Through Inter-criteria Correlation (CRITIC) (Diakoulaki vd., 1995), Standart sapma (Standard Deviation-SD), Method based on the Removal Effects of Criteria (MEREC) (Keshavarz-Ghorabaee vd., 2021), Criterion Impact LOSs (CILOS) (Zavadskas ve Podvezko, 2016), Integrated Determination of Objective CRIteria Weights (IDOCRIW) (Zavadskas ve Podvezko, 2016), Entegre Veri Odaklı Ağırlıklandırma Sistemi (Integrated Data Driven Weighting System (IDDWS) (Torkayesh vd., 2021), Eşit ağırlık (Mean weight (MW) verilebilir (Ersoy, 2022, p. 1450).

2021 yılında Keshavarz-Ghorabaee vd. tarafından literatüre kazandırılan MEREC tekniği, her bir kriterin alternatifler üzerindeki etkisini aşamalı olarak analiz eden ve bu etkiyi sistematik biçimde değerlendiren yeni bir yaklaşımdır. Bu yöntemle, kriter ağırlıkları, alternatifler üzerindeki minimum etki düzeyleri esas alınarak belirlenmektedir (Gürler, 2024, p. 371).

ÇKKV problem çözme süreçlerinde objektif bir kriter ağırlıklandırma olarak sunulan MEREC yönteminde kriter ağırlıkları belirlerken, ağırlığı hesaplanan kriter devre dışı bırakılarak toplam kriter ağırlığında ortaya çıkan değişikliğe bakılmaktadır. Bu özelliği ile MEREC tekniği diğer objektif ağırlıklandırma yöntemlerinden ayrışmaktadır (Keshavarz-Ghorabaee vd 2021). MEREC tekniği, Entropi ve CRITIC gibi yöntemlere kıyasla daha kesin ve doğru sonuçlar veren bir objektif ağırlıklandırma yöntemidir (Goswami, Mohanty ve Behera, 2022, s. 1155). Çünkü yöntemde her bir kriterin performansa etkisini dikkatlice takip edilmekte ve herhangi bir kriterin devre dışı bırakılması durumunda toplam kriter ağırlığında nasıl bir farklılık olduğunu izlemektedir. Bu durum, karar vericilere kriterlerin önemini belirlerken daha hassas bir analiz yapma imkanı tanımaktadır (Eren, 2025 p. 2026). Varyasyonları dikkate alınarak, bir alternatifin performansını kriteri kaldırmaya dayalı olarak değerlendirmek, kriterlerin ağırlıklarını belirlemede yeni bir bakış açısıdır. Farklı bir deyişle, nedensellik kavramı önerilen yöntemin ana unsurudur.

Bu çalışma kapsamında, ÇKKV literatüründe son yıllarda öne çıkan objektif ağırlıklandırma yöntemlerinden biri olan MEREC tekniği kavramsal ve metodolojik boyutlarıyla ele alınmaktadır. Çalışmada öncelikle tekniğin teorik temelleri ve işlem mekanizması sistematik biçimde açıklanmakta; ardından geleneksel ve çağdaş ağırlıklandırma yöntemleri içerisindeki konumu karşılaştırmalı bir perspektifle değerlendirilmektedir. Ayrıca yöntemin literatürdeki uygulama eğilimleri, metodolojik üstünlükleri ve sınırlılıkları tartışılarak farklı sektörlerdeki uygulanabilirlik potansiyeli ortaya konulmaktadır. Böylece çalışma, MEREC tekniğinin mevcut ÇKKV literatüründeki yerini bütüncül bir çerçevede analiz ederek gelecekteki akademik ve uygulamalı araştırmalar için kavramsal bir yol haritası sunmayı amaçlamaktadır.

2.METODOLOJİK ÇERÇEVE

Keshavarz-Ghorabaee ve arkadaşları tarafından 2021 yılında literatüre kazandırılan MEREC tekniği kriter ağırlıklarının nesnel biçimde belirlenmesine olanak tanıyan bir yaklaşım olarak öne çıkmaktadır. Bu yaklaşımın temel mantığı, her bir kriterin devre dışı bırakılması durumunda alternatiflerin performansında meydana gelen değişimin ölçülmesine dayanmaktadır. Söz konusu değişim ne kadar büyük olursa, ilgili kriterin o denli belirleyici bir işlev üstlendiği kabul edilmekte ve bu doğrultuda daha yüksek bir ağırlık değeri atanmaktadır. Teknikte bu etkinin sayısal olarak ifade edilmesi amacıyla mutlak sapma ölçütünden yararlanılmaktadır. Bu ölçüt tüm kriterler göz önünde bulundurulduğunda elde edilen genel alternatif performansı ile herhangi bir kriterin hesaplama dışında tutulması sonucunda ulaşılan performans değeri arasındaki farkı yansıtmaktadır. MEREC'i diğer nesnel ağırlıklandırma yöntemlerinden ayıran temel özellik de bu noktada ortaya çıkmaktadır: Yöntem, ağırlıkları istatistiksel dağılım ya da korelasyon gibi ölçütler yerine doğrudan her bir kriterin genel performans üzerindeki silinme etkisine göre türetmektedir (Keshavarz-Ghorabaee vd., 2021: 7; Arman ve Özçil, 2022: 177-178).

MEREC tekniği, diğer nesnel yöntemlerin büyük çoğunluğundan farklı olarak karar matrisini yalnızca girdi olarak ele almaz bunun ötesinde her bir kriterin karar sürecinden çıkarılması durumunda alternatiflerin genel performansında meydana gelen değişimi esas alır. Bir başka ifadeyle, yöntemin temel mantığı nedenselliğe dayanmaktadır. Bir kriterin kaldırılması alternatiflerin sıralamasını ya da performans değerlerini ne ölçüde etkiliyorsa o kriter o ölçüde önemli kabul edilir ve daha yüksek ağırlık alır. Teknik, performans ölçümünde doğrusal olmayan logaritmik bir fonksiyonu tercih etmekte ve normalleştirme aşamasında tüm kriterleri minimizasyon türüne dönüştürmektedir. Bu sayede faydalı ve faydasız kriterler aynı matematiksel çerçeve içinde tutarlı biçimde işlenebilmektedir. Aşağıda MEREC yönteminin altı temel adımı ayrıntılı olarak açıklanmaktadır (Keshavarz Ghorabaee vd., 2021).

Adım 1: Karar Matrisinin Oluşturulması

İlk adımda n alternatif ve m kriterden oluşan bir karar matrisi (X) kurgulanır. Matrisin her bir elemanı x_{ij} notasyonuyla gösterilmekte olup bu değer i. alternatifin j. kritere göre aldığı puanı ifade etmektedir. Yöntemin işleyebilmesi için tüm elemanların sıfırdan büyük olması zorunludur ($x_{ij} > 0$). Karar matrisinde negatif değerlerin bulunması halinde bu değerlerin uygun dönüşüm teknikleri aracılığıyla pozitife çevrilmesi gerekmektedir.

$$\left[X = \left[x_{\{ij\}}\right]_{\{m \times n\}} \right]$$

Adım 2: Karar Matrisinin Normalleştirilmesi

İkinci adımda karar matrisi normalize edilir. Bu işlem için basit doğrusal normalleştirme yöntemi kullanılmakta ve kriter türüne göre iki farklı formül uygulanmaktadır. B kümesi faydalı kriterleri, H kümesi ise faydasız kriterleri temsil etmektedir. Normalize edilmiş matrisin elemanları n_{ij} ile gösterilmektedir:

$$n_{ij} = \frac{x_{kj}}{x_{ij}}, eğer\ j \in B\ (faydalı\ kriter)$$

$$n_{ij} = \frac{x_{ij}}{x_{kj}}, eğer\ j \in H\ (faydasız\ kriter)$$

Bu normalleştirme yaklaşımında dikkat çeken en önemli husus, hem faydalı hem de faydasız kriterlerin aynı yönde dönüştürülmesidir. Faydalı kriterlerde en iyi değer en küçük değere karşılık geldiğinden, minimum değerin ilgili değere oranı alınarak tüm kriterler minimizasyon türüne çevrilir. WASPAS gibi yöntemlerde uygulanan normalleştirmeden temel farkı da buradadır: MEREC tüm kriterleri tek tip bir yapıya indirgemekte ve bu sayede sonraki adımlarda uygulanan logaritmik ölçümde tutarsızlık oluşmasının önüne geçmektedir.

Adım 3: Alternatiflerin Genel Performansının Hesaplanması

Üçüncü adımda her alternatif için, tüm kriterler dahil edilerek genel performans skoru (S_i) hesaplanır. Bu hesaplamada tüm kriterlere eşit ağırlık veren logaritmik bir ölçüm fonksiyonu kullanılmaktadır.

Söz konusu fonksiyon doğrusal olmayan bir yapıya sahiptir ve küçük normalize değerlerin daha yüksek performans skoruna yol açması ilkesi üzerine kurulmuştur:

$$S_i = ln\, ln \left(1 + \frac{1}{m} \cdot \sum_j \left| ln\, ln\, n_{ij} \right| \right)$$

Burada ln doğal logaritmayı, m toplam kriter sayısını ve n_{ij} normalize edilmiş değerleri ifade etmektedir. Normalize edilmiş değer sıfıra ne kadar yakınsa o kriterdeki performans o ölçüde iyidir. Dolayısıyla bu fonksiyon, iyi performans gösteren alternatiflere düşük S_i değerleri atamaktadır.

Adım 4: Kriter Kaldırılarak Performansın Yeniden Hesaplanması

Dördüncü adım yöntemin özgünlüğünü en belirgin biçimde ortaya koyan aşamadır. Bu adımda her kriter sırayla hesaplamadan çıkarılarak alternatiflerin performans skorları yeniden hesaplanır. Böylece m kriter için m farklı performans seti elde edilir. j. kriterin kaldırıldığı durumda i. alternatifin performans skoru S'_{ij} ile gösterilmekte ve aşağıdaki formülle hesaplanmaktadır:

$$S'_{ij} = ln\, ln \left(1 + \frac{1}{m} \cdot \sum_{k, k \neq j} \left| ln\, ln\, n_{ik} \right| \right)$$

Bu formülde yalnızca j. kritere ait normalize değer dışarıda bırakılmakta, diğer tüm kriterler hesaba katılmaya devam etmektedir. Her bir kriter için bu işlem tekrarlandığında, hangi kriterin varlığının alternatiflerin performans profilini ne ölçüde şekillendirdiği sayısal olarak ortaya çıkmaktadır.

Adım 5: Kaldırma Etkisinin Hesaplanması

Beşinci adımda üçüncü ve dördüncü adımlarda elde edilen performans değerleri karşılaştırılarak her kriterin kaldırılma etkisi (E_j) belirlenir. Bu etki, j. kriterin kaldırılması durumunda tüm alternatifler genelinde oluşan toplam mutlak performans sapması olarak tanımlanmaktadır:

$$E_j = \sum_i \left| S'_{ij} - S_i \right|$$

E_j değeri ne kadar büyükse j. kriterin kaldırılmasının yarattığı bozulma o kadar fazladır. Bu da söz konusu kriterin karar süreci açısından o denli belirleyici olduğuna işaret etmektedir. Buna karşın E_j değeri küçük olan kriterler, alternatiflerin sıralaması üzerinde görece sınırlı etkiye sahiptir.

Adım 6: Nihai Ağırlıkların Belirlenmesi

Son adımda beşinci adımda elde edilen kaldırma etkileri normalize edilerek her kriterin nesnel ağırlığı (w_j) hesaplanır. Normalleştirme işlemi sayesinde tüm ağırlıkların toplamı bire eşit olur ve her ağırlık değeri sıfır ile bir arasında kalır:

$$w_j = \frac{E_j}{\sum_k E_k}$$

Bu formülle elde edilen ağırlıklar doğrudan E_j değerleriyle orantılıdır. Kaldırma etkisi yüksek olan kriterler daha büyük ağırlık alırken etkisi düşük olan kriterler daha küçük ağırlıkla temsil edilmektedir. Yöntemin bu son adımında herhangi bir öznel yargıya yer verilmemekte ve ağırlıklar tamamen matematiksel bir çıkarım sürecinin ürünü olarak ortaya çıkmaktadır (Keshavarz Ghorabaee vd., 2021).

3.MEREC TEKNİĞİNİN LİTERATÜRDEKİ KONUMU VE KARŞILAŞTIRILMALI ANALİZİ

ÇKKV problemlerinin en kritik adımlarından biri kriter ağırlıklarının belirlenmesidir. Öznel tekniklerin karar vericinin bireysel tercihlerine bağlı olması ve tutarsız sonuçlar doğurma riski taşıması nedeniyle, veri temelli nesnel tekniklere olan eğilim giderek artmaktadır (Chatterjee & Chakraborty, 2024). MEREC tekniği, diğer ağırlıklandırma tekniklerinden farklı olarak, kriterlerin alternatiflerin performansı üzerindeki kaldırma etkisini temel bir ölçüt olarak ele alır. Ecer ve Ayçin'e (2022) göre bu metodun başlıca avantajları, matematiksel dayanağının sağlamlığı ve anlaşılırlığı, ağırlıkların doğrudan kriterin sonuç üzerindeki etkisine göre belirlenmesi ve özel bir yazılım desteğine ihtiyaç

duyulmamasıdır. Son yıllarda literatürdeki çeşitli problemlerin çözümünde MEREC tekniği, etkin bir kriter ağırlıklandırma yöntemi olarak sıkça tercih edilmektedir. Bu bağlamda bu teknik, lojistik firmalarının performans ölçümlerinden (Toslak vd., 2022) uçuş okullarındaki uçak seçimlerine (Özdağoğlu vd., 2022), sigorta sektöründeki kriter analizlerinden (Bektaş, 2022) sosyal gelişme (Ayçin & Arsu, 2021) ve kırılgan devletler (Altıntaş, 2023) endekslerinin alt kriter hesaplamalarına kadar geniş bir sahada uygulanmış, ayrıca yük kaldırma platformu seçim kriterlerinin belirlenmesinde de kullanılmıştır (Keleş, 2023; Meral, s. 559). Chatterjee ve Chakraborty (2024) on farklı objektif ağırlıklandırma yöntemini (Eşit ağırlık, Entropi, CRITIC, MEREC, LOPCOW, SPC, CILOS, IDOCRIW, PCA, WPCA) karşılaştırdıkları çalışmada, MEREC tekniğinin ECD süreci örneğinde Entropi, Eşit ağırlık, LOPCOW, PCA ve WPCA ile aynı optimal parametre kombinasyonuna ulaştığını saptamıştır. LBM süreci örneğinde ise MEREC'in yine çoğunluk grubuyla (10 yöntemden 7'si) örtüşen sonuçlar ürettiği görülmüştür.

4.SEKTÖREL UYGULAMA POTANSİYELİ VE STRATEJİK ALANLAR

MEREC yöntemi 2021'den itibaren finans, enerji, tedarik zinciri, havacılık ve imalat başta olmak üzere geniş bir uygulama yelpazesine ulaşmıştır. Aşağıdaki tablol mevcut uygulamaları ve gelecek potansiyelini özetlemektedir. MEREC yönteminin 2021–2026 yılları arasında farklı sektörlerde gerçekleştirilen uygulamalarını kaynak, yöntem kombinasyonu, kullanılan kriterler ve temel bulgular bazında sunmaktadır.

Tablo 1: Literatürde MEREC ve ilişkili ÇKVV Yöntemlerinin Kullanıldığı Çalışmalar

Sektör	Kaynak	Uygulama Bağlamı	Yöntem Kombinasyonu	Amaç	Temel Bulgu
Bankacılık	Işık (2023)	Türkiye Katılım Bankacılığı	MEREC PSI MAIRCA	COVID-19	COVID-19'un sektöre etkisinin ölçümü. MEREC kriter ağırlıklarını objektif olarak belirlemiştir.
	Pušar Banović (2024)	Bosna Hersek Bankacılık Sektörü	MEREC MARCOS	Finansal Performans	MEREC tüm kriterleri maliyet kriterine dönüştürerek normalize etmiştir.
	Bulut & Şimşek (2024)	BIST – 6 Katılım Bankası	CAMELS CRITIC MCDM	Sıralama	6 katılım bankası finansal performansa göre sıralanmıştır.
	Yalman vd. (2023)	Türkiye Makroekonomisi	MEREC LOPCOW MARCOS	Makro Ekonomik Analiz	2000–2020 dönemi Türkiye ekonomisi değerlendirilmiştir.
Enerji	Springer (2025)	Genel – Yenilenebilir Enerji	MEREC TOPSIS	Teknoloji Seçimi	Güneş, rüzgar, hidroelektrik, biyokütle, jeotermal

Sektör	Kaynak	Uygulama Bağlamı	Yöntem Kombinasyonu	Amaç	Temel Bulgu
					enerjileri karşılaştırılmıştır.
	Jameel vd. (2026)	Yenilenebilir Enerji Önceliklendirme	RANCOM MEREC MAUT	Politika Seçimi	Belirsizlik altında enerji politikası önceliklendirmesi yapılmıştır.
Tedarik Zinciri	Ann. of Oper. Res. (2025)	Sürdürülebilir Tedarikçi Seçimi	MEREC MAIRCA	Tedarikçi Sıralama	İlk MEREC+MAIRCA hibrit kullanımı ile SDG hedeflerine katkı Sunulmuştur.
	Esangbedo & Tang (2023)	Çin – Kurumsal Dekarbonizasyon	Grey-MEREC MAIRCA	Karbon Azaltma Planı	Gri sayılarla MEREC belirsizlik ortamında uygulanmıştır.
Havacılık	ResearchGate (2024)	Türk Hava Yolları (2020–2023)	MEREC CoCoSo BSC	Kurumsal Performans	Finansal KPI'lar ve finansal olmayan KPI'lar değerlendirilmiştir.
	Sumerli Sarıgül vd. (2023)	Havalimanı Hizmet Kalitesi	MEREC MARCOS CoCoSo	Hizmet Kalitesi	Yeni bütünleşik MCDM yaklaşımı önerilmiştir.
İmalat	Chatterjee & Chakraborty (2024)	Geleneksel Olmayan İmalat Süreçleri	MEREC TOPSIS (10 yöntem karş.)	Parametre Optimizasyonu	MEREC; Entropy, LOPCOW, PCA ile aynı optimum sonuca ulaşılmış. Tutarlılık kanıtlanmıştır.
Rekabet & Makro	Kara vd. (2024)	Türkiye Sürdürülebilir Rekabet	MEREC AROMAN	Rekabet Analizi	Türkiye'nin sürdürülebilir rekabet düzeyi MEREC-AROMAN ile analiz edildi

5.SONUÇ

Bu çalışmada, 2021 yılında Keshavarz-Ghorabaee vd. tarafından literatüre kazandırılan MEREC tekniğinin metodolojik yapısı, diğer nesnel ağırlıklandırma yöntemleriyle karşılaştırmalı konumu ve

sektörel uygulama potansiyeli kapsamlı biçimde ele alınmıştır. Kriterin devre dışı bırakılması durumunda alternatiflerin genel performansında meydana gelen değişimi temel alan bu yaklaşım, istatistiksel dağılım veya korelasyon odaklı geleneksel yöntemlerden ayrışarak nedensellik ilkesine dayalı özgün bir perspektif sunmaktadır. Karşılaştırmalı analizler, MEREC'in Entropi, Eşit ağırlık, LOPCOW, PCA ve WPCA gibi yöntemlerle yüksek düzeyde tutarlı sonuçlar ürettiğini ortaya koymaktadır. Bu durum tekniğin güvenilirliğini ve kararlılığını güçlü biçimde desteklemektedir. Sektörel uygulama tablosu incelendiğinde, bankacılık ve sigortadan enerji ve tedarik zincirine, havacılıktan imalata uzanan geniş bir alanda MEREC'in başarıyla kullanıldığı görülmektedir.

Sonuç olarak MEREC, matematiksel şeffaflığı, yazılım bağımsızlığı ve geniş uygulama kapsamıyla modern ÇKKV literatüründe güvenilir ve tercih edilebilir bir nesnel ağırlıklandırma yöntemi olarak konumlanmaktadır. Gelecek araştırmaların, MEREC'i farklı ÇKKV yöntemleriyle bütünleşik modeller çerçevesinde ele alması ve belirsizlik ortamlarındaki performansını test etmesi, yöntemin uygulama potansiyelini daha da genişletecektir.

KAYNAKÇA

Arman, K. ve Özçil, A. (2022). Finansal performans analizinde farklı objektif ağırlıklandırma yöntemlerinin sıralamalara etkisi. İ. Altındağ ve T. E. Çiftçi (Der.), *Ekonomi ve Finans Alanında Güncel Akademik Çalışmalar* (ss. 163-205). Gazi Kitabevi.

Avcı, T. ve Ergen, E. (2024). MEREC tabanlı MAIRCA yöntemleriyle firma performanslarının analizi: Fortune 500'deki enerji sektöründen kanıtlar. *Pamukkale Avrasya Sosyoekonomik Çalışmalar Dergisi, 11*(2), 82-94. https://doi.org/10.34232/pjess.1559533

Ayçin, E. ve Arsu, T. (2021). Sosyal gelişme endeksine göre ülkelerin değerlendirilmesi: MEREC ve MARCOS yöntemleri ile bir uygulama. *İzmir Yönetim Dergisi, 2*(2), 75-88.

Bektaş, S. (2022). Türk sigorta sektörünün 2002-2021 dönemi için MEREC, LOPCOW, COCOSO, EDAS ÇKKV yöntemleri ile performansının değerlendirilmesi. *BDDK Bankacılık ve Finansal Piyasalar Dergisi, 16*(2), 247-283. https://doi.org/10.46520/bddkdergisi.1178359

Chatterjee, S. ve Chakraborty, S. (2024). A study on the effects of objective weighting methods on TOPSIS-based parametric optimization of non-traditional machining processes. *Decision Analytics Journal, 11*, 100451. https://doi.org/10.1016/j.dajour.2024.100451

Ecer, F. ve Ayçin, E. (2022). Çok kriterli karar vermede nesnel ağırlıklandırma yöntemleri karşılaştırması.

Ersoy, N. (2022). OECD ve AB üyesi ülkelerin inovasyon performanslarının MEREC-MARCOS bütünleşik modeli ile ölçümü. *Dokuz Eylül Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi, 24*(3), 1039-1063. https://doi.org/10.16953/deusosbil.1106249

Ersoy, N. (2022). Kriter ağırlıklandırma yöntemlerinin ÇKKV sonuçları üzerindeki etkisine yönelik gerçek bir hayat uygulaması. *Manas Sosyal Araştırmalar Dergisi, 11*(4), 1449-1463. https://doi.org/10.33206/mjss.1026666

Ersoy, N. (2023). MEREC-MULTIMOOSRAL modeli ile OECD ülkelerinin makroekonomik performanslarının değerlendirilmesi. *Gümüşhane Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi, 14*(2), 471-491. https://doi.org/10.36362/gumus.1203999

Goswami, S. S., Mohanty, S. K. ve Behera, D. K. (2022). Selection of a green renewable energy source in India with the help of MEREC integrated PIV MCDM tool. *Materials Today: Proceedings, 52*, 1153-1160. https://doi.org/10.1016/j.matpr.2021.11.019

Keshavarz-Ghorabaee, M., Amiri, M., Zavadskas, E. K., Turskis, Z. ve Antucheviciene, J. (2021). Determination of objective weights using a new method based on the removal effects of criteria (MEREC). *Symmetry, 13*(4), 525. https://doi.org/10.3390/sym13040525

Toslak, M., Aktürk, B. ve Ulutaş, A. (2022). MEREC ve WEDBA yöntemleri ile bir lojistik firmasının yıllara göre performansının değerlendirilmesi. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (33), 363-372.

KAMUDA DİJİTAL DÖNÜŞÜM VE MAHALLE MUHTARLIKLARININ İŞLEVSELLİĞİ: ÇANAKKALE ÖRNEĞİ[1]

DIGITAL TRANSFORMATION IN PUBLIC ADMINISTRATION AND THE FUNCTIONALITY OF NEIGHBORHOOD HEADMANSHIPS: THE CASE OF ÇANAKKALE[2]

Celal ÇİMEN
Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Biga İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, Kamu Yönetimi Bölümü, Türkiye
ORCİD: ID/ 0009-0007-9372-0670

Dr. Öğr. Üyesi Nahit BEK
Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Biga İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, Kamu Yönetimi Bölümü, Türkiye
ORCİD: ID/ 0000-0002-7767-9774

Özet
Dijital teknolojilerin kamu yönetiminde yaygınlaşması, yerel düzeyde hizmet sunum süreçlerinde önemli değişimlere yol açmaktadır. Bu çalışma, dijital dönüşüm uygulamalarının mahalle muhtarlıklarının işleyişi, hizmet üretim süreçleri ve vatandaşlarla kurduğu ilişkilere etkisini Çanakkale ili örneğinde değerlendirmeyi amaçlamaktadır. Araştırma nitel yöntem deseninde yürütülmüş olup, Çanakkale il merkezinde görev yapan dokuz mahalle muhtarı ile yarı yapılandırılmış görüşmeler gerçekleştirilmiştir. Görüşmelerden elde edilen veriler MAXQDA v26 programı kullanılarak tematik analiz yöntemiyle incelenmiştir.
Analiz sonucunda dijital dönüşüm sürecine ilişkin bulgular; teknolojik ve kurumsal altyapı, tebligat uygulamaları, muhtarlık kurumunun değişen yapısı, dijitalleşme kaynaklı sorunlar ve dönüşümün genel etkileri başlıkları altında değerlendirilmiştir. Elde edilen sonuçlar, dijital uygulamaların bilgiye erişimi hızlandırdığını, işlemlerin daha kısa sürede tamamlanmasına katkı sağladığını ve bazı bürokratik süreçleri kolaylaştırdığını göstermektedir. Bununla birlikte dijitalleşmenin muhtarlıkların iş yükünü tamamen azaltmadığı; vatandaşların dijital sistemlere erişiminde rehberlik sağlama, yönlendirme yapma ve sosyal destek sunma gibi yeni görev alanları ortaya çıkardığı görülmüştür. Ayrıca özellikle ileri yaş grupları ve dijital becerileri sınırlı bireylerin elektronik hizmetlerden yararlanırken çeşitli güçlüklerle karşılaştığı, teknik altyapı sorunlarının ve sistemsel aksaklıkların uygulama sürecini olumsuz etkileyebildiği belirlenmiştir. Araştırma bulguları, dijital dönüşümün mahalle ölçeğindeki vatandaş-muhtar etkileşimini yeniden şekillendirdiğini ve yüz yüze iletişimin yoğunluğunu azalttığını da ortaya koymaktadır. Sonuç olarak dijitalleşme sürecinin muhtarlık kurumunu ortadan kaldırmadığı; aksine kurumun görev alanlarını, hizmet sunum biçimlerini ve vatandaşlarla kurduğu ilişkiyi yeniden tanımladığı değerlendirilmektedir.
Anahtar Kelimeler: Dijital Dönüşüm, E-Devlet Uygulamaları, Mahalle Muhtarlıkları, Yerel Yönetim, Kamu Hizmetleri, Çanakkale.

Abstract
The widespread adoption of digital technologies in public administration has led to significant changes in service delivery processes at the local level. This study aims to examine the effects of digital transformation practices on the functioning of neighborhood headmanships (muhtarlık offices), service delivery processes, and relations with citizens through the case of Çanakkale Province. The research was conducted using a qualitative research design, and semi-structured interviews were carried out with nine neighborhood headmen serving in the city center of Çanakkale. The collected data were analyzed through thematic analysis using the MAXQDA v26 software.
The findings were evaluated under five main themes: technological and institutional infrastructure, notification procedures, the transformation of the headmanship institution, challenges of digitalization,

[1]Bu çalışma, "Kamuda Dijital Dönüşüm ve Mahalle Muhtarlıklarının İşlevselliği: Çanakkale Örneği" başlıklı yüksek lisans tezinden üretilmiştir.
[2]This study was derived from the master's thesis entitled "Dıgıtal Transformatıon In Publıc Admınıstratıon And The Functıonalıty Of Neıghborhood Headmanshıps: The Case Of Çanakkale."

and the overall effects of digital transformation. The results indicate that digital applications facilitate access to information, accelerate administrative procedures, and simplify certain bureaucratic processes. However, digitalization has not completely reduced the workload of neighborhood headmen; instead, it has generated new responsibilities such as guiding citizens in the use of digital systems, providing assistance in digital transactions, and offering social support. The findings also reveal that elderly individuals and citizens with limited digital literacy encounter difficulties in using electronic services, while technological infrastructure deficiencies and technical problems may hinder the effectiveness of the digital transformation process. Furthermore, digitalization has reshaped interactions between neighborhood administrations and citizens, leading to a decline in face-to-face communication. Overall, the study concludes that digital transformation has not rendered neighborhood headmanships obsolete; rather, it has redefined their roles, responsibilities, and modes of service delivery within the framework of contemporary public administration.

Keywords: Digital Transformation, E-Government, Public Administration, Neighborhood Headmanships, Local Governments, Çanakkale.

FAMILY PSYCHOLOGY

Günay QURBANOVA
Atatürk University, Faculty of Sociology, Erzurum, Türkiye

ABSTRACT
The family is widely recognized as the cornerstone of society and the primary environment in which individuals begin their social, emotional, and cognitive development. This study examines the concept of family psychology through the lenses of family systems theory, family development theory, and family communication patterns. It emphasizes how families function as interconnected systems in which each member influences and is influenced by others, shaping overall relational stability and psychological well-being.
The paper also explores key aspects of family structures, functions, and roles, highlighting how these elements vary across cultural and social contexts. In particular, reference is made to Azerbaijani family structures and values, where collectivist traditions, intergenerational bonds, and respect for parental authority play a significant role in shaping family interactions and expectations.
Furthermore, the study discusses the importance of emotional intelligence and conflict management within family dynamics. These skills are essential for maintaining healthy communication, resolving disagreements constructively, and strengthening emotional bonds among family members. Without effective emotional regulation and communication strategies, families may experience increased tension and dysfunction.
In addition, family counseling theories—including structural, strategic, and conjoint approaches—are examined in terms of their practical applicability in therapeutic settings. These approaches provide different frameworks for understanding family problems and implementing interventions aimed at improving relational patterns.
The study concludes that analyzing family dynamics through multiple theoretical perspectives allows therapists, educators, and researchers to develop a more comprehensive understanding of family functioning. This multidimensional approach ultimately contributes to promoting healthier relationships, improving communication, and fostering more adaptive and functional family systems in both local and broader cultural contexts.
Keywords: family psychology, family systems, family communication patterns, emotional intelligence, family therapy

INTRODUCTION
Family, as the most important element of social structure, is the foundation of society, as it is the place where individuals take their first steps into social life [2, p.135]. The socialization journey of a person begins in the family and continues throughout life through interactions with surrounding individuals and members of various collectives [14]. Defining what a family consists of and what it is can be quite challenging. However, in general terms, the family is a social institution that ensures the continuation of the human lineage through biological relationships, is the first place where socialization occurs, where bilateral relationships are maintained through certain rules, and which transmits material and spiritual-cultural values accumulated in society to future generations, encompassing biological, psychological, economic, social, legal, and other dimensions. In the social sciences, the family is defined as the smallest unit of society, based on blood and marriage ties formed by the relationships among siblings, spouses, and children [6, p.31].
Unlike other institutions, the roles and obligations that the family institution places on individuals last from birth until death. Minuchin defines family structure as a set of rules governing the interactions of individuals within the family. In other words, family structure is the totality of rules and principles that regulate the relationships among family members. Within the family, each individual is influenced by the behavior of others, which ensures a degree of stability and order in the thoughts and actions of family members. When discussing relationships among family members, two important factors come to the forefront. The first is the principles applicable to every family. For instance, there is a hierarchical structure in which parents and children hold power positions at different levels within the family.

The second factor consists of implicit or explicit agreements, formed through typical interactions specific to that family, that encompass the expectations family members have of one another [12].
Family structures are shaped according to the cultural and social characteristics of society, and these differences greatly influence family relationships. In Azerbaijani society, the family is more closely tied to collective values, which play a significant role in shaping intra-family relationships. Over the years, researchers have determined the necessity of developing specific theories to understand behaviors characteristic of the family environment.

RESEARCH AND FINDINGS

1. Family Systems Approach

To fully understand the family institution, the "Family Systems Approach" emerges as a powerful framework. This theory argues that the family is best understood as a whole composed of complex, dynamic, and constantly changing parts, subsystems, and family members. Just as a mechanic connects to a vehicle's computer system to diagnose various systems (transmission, electrical, fuel, etc.) and identify the source of a problem, a therapist or researcher can likewise identify which systems within the family require intervention through interaction with family members. "Family Systems Approaches" fall under the umbrella of functional theory and share an approach that considers the functions and dysfunctions of complex groups and organizations.
In recent decades, rapid social changes have led to the reshaping of family structures and transformations in their functions. This process is also evident in Azerbaijani society, where factors such as urbanization and globalization are influencing traditional family models.

2. Family Development Theory

The emergence of the "Family Development Theory" dates back to the 1930s and was influenced by sociologists, demographers, family and consumer scientists, and others. It is used to explain patterns of change, the dynamic nature of families, and how change occurs throughout the family life cycle. According to Evelyn Duvall, the stages of family development are as follows [3]:

1. Newly married couple with no children (Married Couple, No Children)
2. Childbearing families: begins at the birth of the first child and continues until the oldest child reaches 2.5 years of age
3. Families with preschoolers: when the oldest child is between 2.5 and 6 years old
4. Families with school-age children: when the oldest child is between 6 and 13 years old
5. Families with teenagers: when the oldest child is between 13 and 20 years old
6. Families as launching centers: begins when the first child leaves home and continues until the last child leaves
7. Middle-aged parents: continue until retirement
8. Aging family members: continues until the death of one of the spouses [3, p.28]

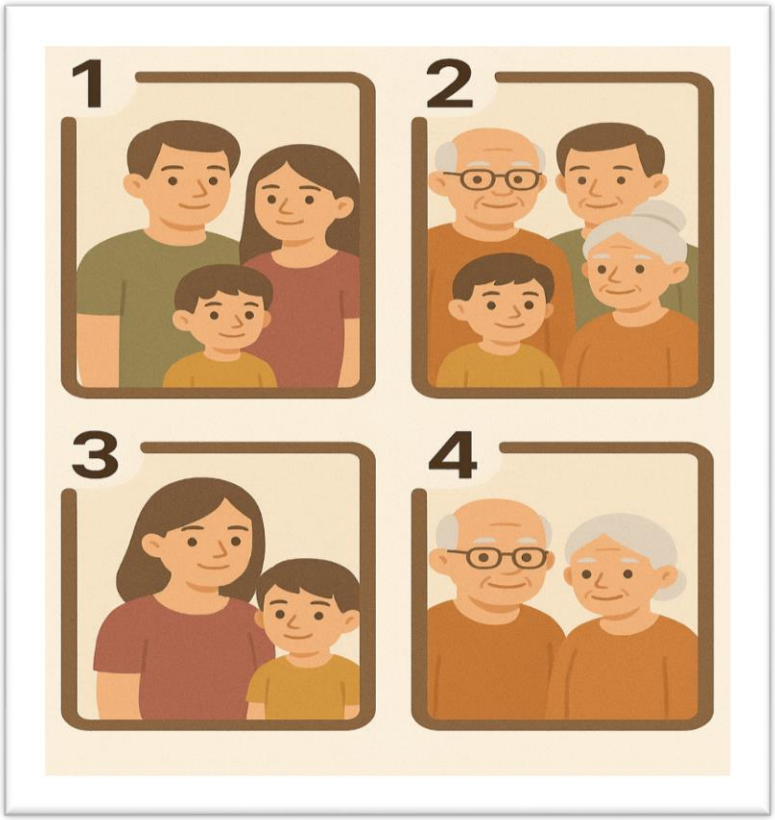
Learning values and rules in family life is essential for the continuity and consistency of social life. With modernization, reasons such as women entering the workforce, children not being viewed as economic factors, and the increasing costs of child-rearing and education have reduced the number of children. The main concern is that as the concept of the family grows, responsibility and individualization begin to erode, and social life becomes disoriented.

3. Family Types and Classifications

Families can be divided into three main types based on their structures, values, and general functioning:

- Extended family: This model includes many family members — mother, father, married and unmarried children, daughters-in-law, sons-in-law, grandchildren, and sometimes the father's brothers. Multi-generational and wide kinship ties exist among individuals in such families.
- Nuclear family: This family model consists only of the mother, father, and children. Here, close and personal relationships and the strongest primary emotions are at the forefront [7, p.9].

S. Gladding has also elaborated on the most frequently used family classifications as follows:



- Nuclear family: a model consisting of mother, father, and children; plays an important role in children's socialization and the transmission of societal culture.
- Reconstituted/Blended family: a newly formed family model in which at least one spouse has children from a previous marriage; involves both biological and non-biological parent-child relationships.
- Single-parent family: a family model consisting of one parent who bears sole responsibility for adopted or biological children.
- Childless families: families that continuously strive not to have children or are unable to do so due to age or medical reasons.
- Dual-career families: families in which both spouses work and feel committed to their careers; balancing career realities with family life is critically important.
- Elderly family: a type of family in which both spouses are 65 years of age or older.
- Grandparent-headed families: a family model consisting of grandparents who care for grandchildren.
- Multigenerational family: a family type consisting of parents, children, grandchildren, and great-grandchildren.
- Military families: family types consisting of individuals serving in the armed forces.

4. Functions of the Family

The family has various functions, including [7, p.56]:

- Biological function: fulfilling the basic needs and desires of individuals; through the institution of marriage, individuals can meet sexual needs, have children, and ensure the continuation of the lineage.
- Psychological function: the loving environment between parents and children is the first element that overcomes any difficulty; a spiritually fulfilled individual develops a healthy personality.
- Economic function: all family members work within a framework of division of labor; they spend time working together, and their relationships are sincere and strong.

- Protective function: while the traditional family performed protective and security functions, this responsibility has largely been transferred to the state, which implements policies protecting not only families but also children, the elderly, and individuals with disabilities.
- Educational/socialization function: the upbringing process ensures the socialization of individuals and their adaptation to social life; family members, especially children, are equipped with the knowledge and values that will facilitate their integration into society.
- Religious function: the primary goal of the family and religious institutions is to raise sensitive individuals for society; the influence of religion is seen in environments where children engage in social interaction.
- Leisure function: In traditional societies, the burden of life is high, and the concept of entertainment is limited, except for religious ceremonies, holidays, or special occasions.

5. Family Communication Patterns

Families have different structures in terms of how much their members are encouraged to communicate and to conform to family values. These two main orientations — conversation orientation and conformity orientation — play an important role in building family relationships. These concepts were first described by McLeod and Chaffee (1972) as socially-oriented and concept-oriented families and were later developed into the typologies of conversation orientation and conformity orientation [11, p.328].

Fitzpatrick and Ritchie, building on the work of McLeod and Chaffee, developed a broader classification of Family Communication Patterns (FCP) and divided family dynamics into four main categories based on conversation and conformity orientations [4]:

1. Consensual Families

- High conversation, high conformity
- Conversation is encouraged, but conformity to family norms is also emphasized
- Children can agree with parents but can also freely express their own views

2. Pluralistic Families

- High conversation, low conformity
- Children's independent thinking and different views are supported
- Discussions are open and wide-ranging in these family types

3. Protective Families

- Low conversation, high conformity
- The family's main goal is order and obedience

- Children's free thinking and independent decision-making skills are weak

4. Laissez-Faire Families

- Low conversation, low conformity
- Very little communication exists among family members
- Children are more open to external influences and are less attached to family values

6. Emotional Regulation and Conflict Management

The regulation of emotions is essential for making better decisions in life, finding ways out of difficult situations, and building healthier relationships. Emotional management is not only an individual internal process but also has a strong impact on interpersonal relationships within the family. Austin, Saklofske, Huang, and McKenney found in their research that the ability to manage emotions is associated with high emotional intelligence. These skills include [1, p.801]: emotional self-awareness, the ability to restore mood, greater openness to positivity, and better regulation of negative emotions.

Conflict is an important variable related to both FCP (Family Communication Patterns) and emotional intelligence. TCP (Taking Conflict Personally) describes how conflict is perceived by the individual and the emotional effects of this situation. TCP encompasses dimensions such as stress experienced during conflict, feelings of persecution, interaction outcomes, and personality bias. Hample and Dallinger note that direct personalization, one of the key components of TCP, describes how an individual perceives negative emotions directed at them during conflict [5, p.220]. Individuals who take conflicts to a high degree personally and are not open to self-criticism tend to avoid conflicts and take criticism more personally, which can lead to the weakening of relationships, the disruption of emotional connections, and long-term negative consequences.

A. Hasanov emphasizes that emotional attachment and social support among family members are among the strongest values in Azerbaijani society, manifesting in mutual respect and support among family members [6]. Guliyev, in his research on the effects of intra-family conflicts on children's psychological development, notes that open communication and emotional support play a crucial role in the effective resolution of family conflicts [13].

7. Family Therapy Approaches

Family counseling has evolved significantly over the years, building on a rich history of theories and frameworks that form the basis of therapeutic practice today. Understanding the theoretical antecedents that shape contemporary practice is one of the most important components of effective family therapy.

7.1 Structural Family Therapy

Developed by Salvador Minuchin in the 1960s-1970s, structural family therapy applies a distinct approach to understanding family dynamics. Minuchin proposed that family dysfunctions are often the result of problems related to family structure, such as unclear boundaries between family members, hierarchical imbalances, or rigid roles. The central idea of structural family therapy is the concept of

boundaries. Healthy family structures are characterized by clear boundaries that allow for appropriate differentiation among family members, while dysfunctional structures involve either enmeshment (where boundaries are too blurred) or disengagement (where boundaries are too rigid).

7.2 Strategic Family Therapy

Developed by Jay Haley and others in the 1960s, strategic family therapy focuses on specific behaviors that maintain dysfunction within the family and seeks to interrupt these patterns through carefully planned interventions. Strategic therapists look for behavioral patterns that cause conflict or dysfunction and then design interventions aimed at disrupting these patterns. This approach views problems as the result of dysfunctional patterns that have become entrenched over time, focusing on short-term problem-solving strategies and targeting rapid behavioral change.

7.3 Common Principles and Evidence-Based Approaches

All three early theories — conjoint, strategic, and structural — view the family as a system, meaning that the behaviors and emotions of individual members are interconnected and mutually influential. The common goal across these approaches is to intervene in the family's dynamics to resolve conflicts, change dysfunctional behavioral patterns, and improve overall functioning. The central assumption of the new generation of evidence-based family therapy approaches is that family involvement and collaboration are essential for therapeutic progress.

These therapies include functional family therapy, multidimensional family therapy, brief strategic family therapy, multidimensional treatment foster care, and multisystemic therapy, among many other therapy forms focused on different problems. Such therapies yield positive results when effective approaches account for the significant challenges families create in the lives of participating children and youth.

CONCLUSION

The modern family, while serving as the foundational building block of Azerbaijani society, is also the core element of individuals' social lives. Over time, the material, psychological, physiological, aesthetic, and moral values of the family have undergone significant changes. Family traditions formed over many years have created a spiritual atmosphere that integrates the lifestyles and communication norms of different generations. Preserving these traditions is crucial, as they ensure the continuity of cultural ties between generations and bring together family members — children, parents, and grandparents.

Family therapy theories have been formulated to understand and intervene in modern family dynamics. These theories emphasize the importance of communication, family structures, and the interactions of family members in shaping behavior. By focusing on the system as a whole rather than the individual, family counselors can help families identify and change dysfunctional patterns, promote healthier relationships, and encourage more positive family functioning.

The weakening of family traditions and, in some cases, the erosion of moral values observed in the modern era make it necessary to revisit family values. Family values carry importance not only at the individual level but also at the social level, as society is founded on the moral-ethical principles shaped within the family (Shurova, 2020, p.80). Understanding the basic theories is crucial for their effective application in family counseling practice. By recognizing the unique strengths of each approach, therapists can adapt their interventions to best meet the needs of the families with whom they work.

REFERENCES

1. Austin, E. J., Saklofske, D. H., Huang, S. H., & McKenney, D. (2004). Measurement of Emotional Intelligence: The Relationship Between EQ and IQ. Personality and Individual Differences, 36(4), 799-814.
2. Dikici, A., Yavuz, M., & Yildirim, S. (2020). Sociocultural Dynamics and Family Structure in Modern Society. Journal of Social Sciences, 15(2), 135-147.
3. Duvall, E. M. (1977). Family Development: Theory and Practice. 280 p.
4. Fitzpatrick, M. A., & Ritchie, L. D. (1994). Communication Theory and the Family. In V. L. Allen (Ed.), Family Communication Patterns: A Social Psychological Perspective. Thousand Oaks, CA: Sage Publications.

5. Hample, D., & Dallinger, J. M. (2010). Taking Conflict Personally: The Role of Self-Concept in Conflict Communication. Communication Research, 37(2), 217-243.
6. Hasanov, A. (2018). Social Structures and Family Relations. Baku: Qanun Publishing, 320 p.
7. Huseynov, R. (2018). Practical Psychology of the Family. Baku: Nurlan Publishing, 240 p.
8. Mamayeva, N. (2024). Socio-psychological problems of family formation in Azerbaijan. QADIM DIYAR International Online Scientific Journal, 6(8), 7-10.
9. Mammadov, A. (2024). Modern Azerbaijani Families: Changing Values and Social Relations. Baku: Elm Publishing, 280 p.
10. Mammadova, S. (2018). Azerbaijani Family Psychology and Social Anthropology. Baku: Tahsil Publishing, 220 p.
11. McLeod, J. M., & Chaffee, S. H. (1972). The Construction of Social Reality. In J. T. Tedeschi (Ed.), The Social Influence Processes. Chicago: Aldine Publishing Company. 327-344.
12. Minuchin, S. (1974). Families and Family Therapy. Harvard University Press, 286 p.
13. Quliyev, F. (2022). Intra-Family Communication and Psychological Effects of Conflicts. Baku: Nurlan Publishing, 240 p.
14. Walsh, F. (2017). Strengthening Family Resilience. 3rd ed. New York: Guilford Press.

ACCEPTANCE OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN PUBLIC FINANCIAL SERVICES: EVIDENCE FROM THE REGIONAL INVESTMENT CENTER OF BENI MELLAL-KHÉNIFRA REGION

Aymane Benabou
Multidisciplinary Research Laboratory in Economics and Management (LARPEG)
Faculty of Economics and Management, Sultan Moulay Slimane University, Beni Mellal, Morocco.
ORCID: 0009-0003-4695-0247

Fatima Touhami
Multidisciplinary Research Laboratory in Economics and Management (LARPEG)
Faculty of Economics and Management, Sultan Moulay Slimane University,Beni Mellal, Morocco.
ORCID: 0000-0003-2190-639X

Naoufal Hammoumi
Multidisciplinary Research Laboratory in Economics and Management (LARPEG)
Faculty of Economics and Management, Sultan Moulay Slimane University, Beni Mellal, Morocco

ABSTRACT
This study examines the acceptance of artificial intelligence in public financial services, with a focus on the Regional Investment Center of Béni Mellal-Khénifra in Morocco. As public administrations move toward digital transformation, AI is increasingly viewed as a tool that can improve efficiency, support decision-making, and simplify financial and administrative processes. However, its successful adoption depends largely on how employees perceive its usefulness, ease of use, and relevance to their daily tasks. Based on the Technology Acceptance Model and the Unified Theory of Acceptance and Use of Technology, this research explores the factors that influence the intention of financial service agents to use AI. A questionnaire was administered to twenty-two agents directly or functionally involved with the financial service, and the data were analyzed using SPSS through descriptive analysis and correlation tests. The findings show a generally positive attitude toward AI, particularly because of its perceived potential to save time and improve work efficiency. Nevertheless, several barriers remain, including limited training, insufficient managerial support, and a lack of clear communication. The study highlights the need for gradual implementation, targeted training, and organizational support to ensure a more effective and inclusive adoption of AI in Moroccan public services.
Keywords: Artificial intelligence, public financial services, technology acceptance, TAM, UTAUT, digital transformation, Morocco.

STRUCTURAL CHALLENGES AND THE NEED FOR REFORM OF THE E-PROCUREMENT SYSTEM IN KOSOVO: AN APPROACH TOWARDS TRANSPARENCY, EQUALITY, AND PROCEDURAL EFFICIENCY

MSc. Meridon Demaj
Universiteti "Hasan Prishtina", Fakulteti Ekonomik, Departamenti i Marketingut, Prishtinë, Kosovë
ORCID:ID/ 0009-0009-7049-5970

Abstract
The digitalization of public procurement in Kosovo has significantly contributed to increasing transparency, administrative efficiency, and access of economic operators to public procurement procedures. Nevertheless, the practical implementation of the e-procurement system continues to reveal technical deficiencies and regulatory ambiguities that directly affect procedural integrity, fair competition, and legal certainty for participating parties.This paper addresses several of the main challenges identified during the practical implementation of public procurement procedures in Kosovo, with particular emphasis on the functionalities of the electronic procurement system and the harmonization of the regulatory framework. One of the major issues concerns the absence of effective mechanisms for automatic and equal notification of economic operators in cases involving requests for clarifications or amendments to tender documentation. Such situations create risks of informational inequality and undermine the principle of equal treatment. The study further analyzes technical limitations related to the combination of certain procurement procedures, as well as issues associated with the automatic generation of estimated contract values in framework agreements. In addition, the paper highlights the necessity for greater institutional flexibility regarding the revision of procurement plans following budgetary changes or emergency situations, especially in capital investment projects of public interest. From a regulatory perspective, the paper emphasizes the need for clearer and more standardized secondary legislation in order to minimize divergent procedural interpretations and reduce administrative violations. Simultaneously, it proposes the integration of preventive and intelligent mechanisms within the e-procurement platform for the early identification of potentially discriminatory criteria during the drafting and publication phases of tenders.Through an analytical and practice-oriented approach, this paper aims to contribute to the professional and institutional discussion on reforming Kosovo's public procurement system in accordance with European standards of transparency, fair competition, and good governance.
Keywords: E-procurement, public procurement, transparency, framework agreements, fair competition, discriminatory criteria, procurement planning, institutional reform, good governance, legal certainty.

TOKENIZED GREEN WAQF: A SHARĪʿAH-COMPLIANT DIGITAL FRAMEWORK FOR CLIMATE FINANCE AND SUSTAINABLE DEVELOPMENT

Md. Shahed Alamm
Associate Researcher, Research Network, Dhaka, Bangladesh,
ORCİD: 0009-0004-5203-0866

Zahiduzzaman Zahid
University of the Cumberlands, USA
ORCİD: 0009-0009-0075-0905

Muhammad Masud Parves
Associate Researcher, Research Network, Dhaka, Bangladesh,
ORCID: 0009-0002-0473-0644

Abstract
The escalating climate crisis challenges financial sustainability in emerging Muslim economies. The Islamic Development Bank (2023) reports many OIC member states face financial exclusion and resource constraints. Traditional Islamic social finance tools, like waqf, are underutilized for climate financing due to inefficiencies, low liquidity, and poor governance (Kammer et al., 2015). This study examines if tokenizing waqf assets in a Sharīʿah-compliant digital infrastructure can mobilize green capital and promote climate justice.
This study develops a framework combining blockchain-based tokenization, representing assets as digital tokens, with waqf governance principles grounded in Maqāṣid al-Sharīʿah (Islamic law objectives) to ensure transparency, accountability, and measurable socio-environmental impacts. A qualitative methodology is employed, including doctrinal analysis of classical waqf jurisprudence and contemporary Islamic finance standards. This study also examines emerging fintech models and incorporates insights from green finance and decentralized finance ecosystems.
The study proposes a "Tokenized Green Waqf Model." Waqf assets are charitable endowments under Islamic law. Tokenization divides these assets into digital shares, enabling fractional ownership. Dormant waqf assets refer to unused or underutilized property. Increasing liquidity facilitates buying, selling, or investing. The model supports cross-border climate financing and international financial flows addressing climate change while maintaining Sharīʿah (Islamic law) compliance. It aids climate adaptation and mitigation, including renewable energy, sustainable agriculture, and resilient infrastructure.
This study advances Islamic digital finance, using digital platforms for Shariah-compliant financial services. It presents a scalable, ethical, technology-driven solution aligned with global sustainability frameworks. This study offers policy guidance for regulators, Islamic financial institutions, and fintech innovators, helping operationalize waqf amid digital transformation and climate urgency.
Keywords: Tokenization, Green Waqf, Climate Finance, Maqāṣid al-Sharīʿah, Islamic FinTec

THE ROLE OF ADMINISTRATION IN MANAGING INVESTMENTS AT THE UNIVERSITY

Dr. Hanane RAHMOUNI
University of Oran 2 Mohamed Ben Ahmed, Faculty of Economic, Commerce and Management, Department of Commerce, Algeria
ORCID ID: 0009-0003-1052-6188

ABSTRACT

The university has a substantial budget for implementing various approved investments. These investments include the acquisition of heavy teaching and research equipment, as well as other major equipment, the construction of infrastructure, and other university-related projects. The allocated funds for these investments are used in accordance with the mandatory principles of public procurement.

The public procurement process is initiated within the administrative or regulatory department or service. The administration's role in investment implementation is paramount; the university's activities extend beyond the purely scientific. The administrative and regulatory aspects play a significant role in the allocation of public funds. It is essential to adhere to administrative principles and obligations. Making an investment within the administrative framework, by navigating all regulatory bodies, requires careful consideration of administrative organization. Ensuring a suitable environment and atmosphere for administrative staff in all aspects will guarantee administrative satisfaction and ensure the successful completion of the investment. The success of any university investment hinges on administrative and regulatory compliance.

In our opinion, and it remains an opinion, thinking about the administration and thinking about the professional, academic and personal life of the administrative staff contributes to the benefit of this investment.

Keywords: investment, university, administrative, administration.

ECONOMIC INEQUALITIES AND POVERTY-COMPARATIVE ANALYSIS ROMANIA VERSUS EU

Vasilescu Cezar
Economic Highschol "Ion Ghica" College, Targoviste, Romania

Abstract
This study analyzes the phenomenon of economic inequalities and poverty. After a first part in which the conceptual meanings of the terms economic inequality and poverty are presented, the second part makes a connection with the phenomenon of social exclusion where statistics on economic exclusion and poverty in Romania and representative EU states are presented and analyzed. Additionally, the S80/S20 Ratio-Income Inequality Index and AROP-Relative Poverty Rate for Romania are presented and analyzed. In the second part, a comparative analysis of economic inequalities and resource distribution in Romania and the European Union is realized and finally, there are some conclusions.
JEL Classication : P36, P46, P48
Keywords: economic inequalities , poverty , social exclusion , income distribution

Introduction

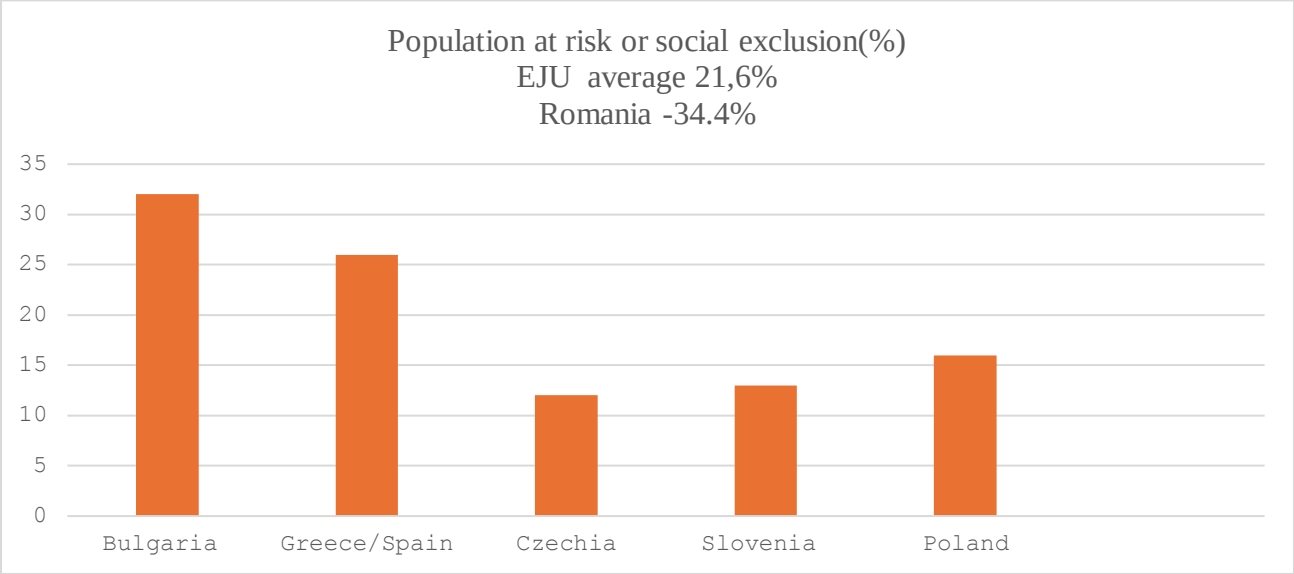
Economic inequalities - conceptual meanings and concrete reality

Economic inequalities, although present in the past within the main economic organization systems, represent in the 21st century, one of the major characteristics of the real economy. Defined in a general way, poverty represents the situation characterized by the lack (insufficiency) of the material means necessary for life (Zamfir&Vlasceanu,1998,p.516). Concerns about the analysis of economic and income inequalities have existed since the second half of the 20th century. Thus, in 1955, Simon Kuznets made public his hypothesis regarding the relationship between two economic indicators: income inequality and economic growth, suggesting that this relationship has the shape of an inverted U curve. He assumed that the initial level of income inequality in an economy will reduce during the process of economic growth, as a result of the effect of public policy measures and the transition from the agricultural to the industrial sector. (Neagu &al,2016).More recently, John Kenneth Galbraith argues that inequality is an important macroeconomic factor, difficult to quantify and which can result in an erosion of the middle class of the population (Galbraith, 2016). The renowned sociologist Anthony Giddens argues that economic inequalities can be relevant to a country's competitiveness in the global economy; the most prosperous industrialized countries in the world economy tend to be those with relatively low inequality. However, poverty remains widespread within wealthy nations. There are two methods of assessing poverty: one involves the notion of "subsistence poverty", which is a lack of the basic resources necessary to maintain health and the effective functioning of the body; the other, "relative poverty", involves assessing the differences between the living conditions of some groups and those of the majority of the population (Giddens, 2010) The fact that economic inequalities exist not only at the regional/national level but also on a global scale is highlighted by recent World Bank reports which specifically estimate that, in 2021, over 711 million people globally were living on less than $1.90 per day. This is actually a big improvement over 1990, when over 1.9 billion people lived in extreme poverty and the world had only 269 billionaires, their number increasing according to Forbes to 2755 in 2021 ("What is Economic Inequality",2025). Related to economic inequalities, Londongrad - the phenomenon that reflects the invasion of Russian oligarchs in Western Europe - is suggestive in this sense. The phenomenon gradually gained momentum, in 2008 it was estimated that the new community numbered over 300,000 people. The wave of emigrants was dominated by a small group, but with colossal fortunes, the oligarchs, a series of privileged people who had acquired the natural resources owned by the Russian state. We thus find that in the first decade of the 21st century, a single person (Roman Abramovich) owned 1.5% of the GDP of Nigeria as a state. (Hollingsworth & Lansey, 2010).

1. The binomial economic inequality-poverty/social exclusion

Closely linked to the existence of economic inequalities at national/regional level is the phenomenon of poverty and social exclusion.Specifically, this could mean the process by which certain individuals or

groups are discriminated against, isolated and prevented from fully participating in social, economic and political life.
This manifests itself through the lack of access to essential resources (jobs, housing, health services, etc.) and through rejection by society, often linked to poverty, discrimination on the basis of ethnicity, race, religion, disability or age.At EU level, statistics on poverty and social exclusion are worrying. In general terms, in the Key figures on Europe 2022 report, prepared by Eurostat, in 2022, 95.3 million people in the EU (22% of the population) were at risk of poverty or social exclusion.They lived in households facing at least one of the three risks of poverty and social exclusion: at-risk-of-poverty, severe material and social deprivation and/or lived in a household with very low work intensity. (Eurostat, 2022). The following figure reflects the percentage of the total population at risk of experiencing social exclusion at EU level in 2022:



Data processing according to Eurostat

Within the EU, the risk of poverty and social exclusion in 2022 was higher for women than for men (22.7% compared to 20.4%). Another negative phenomenon present in Romania is the social exclusion of the elderly. The poverty rate among people aged 65 and over (25.1%) is similar to that of the total population (23.8%). It is interesting that Romania (25.1%) has a share approximately equal to that of Cyprus (24.6%), and Western countries (Germany, 18.0%, Belgium, 15.7%, Czech Republic, 16.6%) and Nordic countries (Poland, 17.4%) have approximately equal shares, in the context in which the societies are quite different, both in terms of the number of elderly population at the state level and the economy itself.
The S80/S20 ratio-Income Inequality Index shows how many times higher the disposable income per adult-equivalent of the people considered the richest (from the last quintile of the income distribution) is compared to the income of the people considered the poorest (from the first quintile of the income distribution). The quintile represents one fifth (20%) of the total people included in the distribution. At the level of Romania, in 2024, greater inequality of disposable income is recorded among people under the age of 65 compared to those over the age of 65 who are dependent only on income from social transfers. The following table reflects synthetically and numerically the situation of income inequalities:

Categories	Total people	People under 65 years old	People aged 65 and over
S80/S20 report	4,6	5	3,3

Data processed according to the INS press release of 31.10.2025

If we consider the AROP-Relative Poverty Rate as representing the share of poor people (who have a disposable income per adult-equivalent lower than the threshold set at 60% of the median disposable income per adult-equivalent) in the total population, in Romania in 2024, it had a value of 19%.

Additionally, in 2024, almost 1 in 5 inhabitants lived in a household whose income was lower than the threshold set at 60% of the median disposable income per adult-equivalent (INS, 2025).
Additionally, over 1 in 6 (17.2%) people were affected by severe material and social deprivation; 615 thousand people up to 65 years of age (4.3%) lived in households with very low work intensity.The following table reflects the poverty situation synthetically and numerically:

Romania	**2024**
At-risk-of-poverty or social exclusion rate (AROPE)	27.9%- total 5.3 million people of which -male 27.4% -female 28.4%
Relative poverty rate (AROP)	19%
Number of people at risk of poverty by type of risk	-3595 thousand-at risk of poverty -605 thousand- households with low work intensity -3266 thousand-in a state of severe material and social deprivation

Data processed according to the INS press release of 30.06.2025

According to specialized studies, gender inequality in Romania is today among the highest in the European Union, with no significant progress over the last decade, and its reduction will not be achieved automatically. Women's participation in the labor market remains at very low levels, both compared to men and historically. (Guga S., Sindrestean., 2021, p.26)

3. Comparative analysis of economic inequalities and resource distribution in Romania and the European Union

Regarding economic inequalities and the distribution of resources, the statistics are nuanced. Thus, according to Statista, for Romania, it is found at the level of 2023, that 50% of the total population owned only 15.51% of the total national income, a percentage of 10% of the total wealthiest Romanians owned 40.33% of the total national income and approximately 1% of the total wealthiest Romanians owned 24.32% of the total national income. (Statista, 2025). In the same year, the descending ranking of the top 7 states in which 1% of the richest people hold the highest percentage of national income, within the EU is presented in the following table:

Country 2023	Rusia	Turkey	Germany	France	**Romania**	Spain	Italy
% of national income owned by the richest 1% of individuals	48,65%	35,23%	27,62%	27.18%	24,32%	23,82%	22,06%

Data processed according to Statista

At the EU level, related to the risk of poverty, the data is nuanced. According to Statista, in the period 2020-2024, the inability to cope with daily expenses among people with incomes above and below 60% of the equivalent average income in the European Union can be seen in the following table:

Year	2020	2021	2022	2023	2024

People earning over 60% of the average income	21,5%	19,7%	19%	18,6%	17,1%
People earning below 60% of the median income	4,8%	4.4%	4.4%	4.5%	4.2%

Data processed according to Statista

A comparative analysis of poverty in the EU versus Romania can be deduced from the information presented in the following table which presents the relative poverty rate (AROP) at EU level in 2024. The table highlights the first 3 and last 3 position:

Country	1.Czech	2.Belgium	3.Denmark	25.Lithuania	26.Latvia	27.Bulgaria
Relative poverty AROP %	9,5%	11,5%	11,6%	21,5%	21,6%	21.7%
UE average 27 2024	11,2%	11,2%	11,2%	11,2%	11,2%	11,2%
Romania 2024	19%	19%	19%	19%	19%	19%

Data processed according to the INS press release of 30.06.2025

In terms of relative poverty rate, Romania (with 19.0%) was placed in the group of relatively poor states in 2024, with values above the European Union average (16.2%), such as: Bulgaria (21.7%), Latvia (21.6%), Lithuania (21.5%), Croatia (20.3%) and Estonia (20.2%). Much lower poverty rates were recorded in some states such as: Czech Republic (9.5%), Belgium (11.5%), Denmark (11.6%), Netherlands (12.1%) and Finland (12.6%).In 2025,Romania maintained a high rate of at-risk-of-poverty or social exclusion of 27.4%, one of the highest in the European Union. This affects approximately 8.5 million people, including over 1.2 million children. The main causes include low living standards in rural areas, limited access to social services and education, and economic inequalities.

In 2025, approximately 92.7 million people in the EU, representing 20.9% of the population, are at risk of poverty or social exclusion, according to Eurostat data. Romania ranks third in the Union, with 27.4% of the population affected, after Bulgaria (29%) and Greece (27.5%), with women and young people being the most vulnerable groups. In 2025, around 92.7 million people in the EU (20.9% of the population) were at risk of poverty or social exclusion.Women, young adults aged 18-24, people with a low level of education and the unemployed were, on average, more likely to be at risk of poverty or social exclusion in 2025 than other groups in the EU population.Broken down by gender, the risk of poverty or social exclusion in the EU was higher for women than for men (21.9% compared to 19.8%).In terms of age, the highest risk of poverty or social exclusion in the EU was recorded for young adults aged 18-24 (26.3%), while the lowest risk was recorded for adults aged 65 or over (18.8%).Furthermore, the risk of poverty or social exclusion was 19.1% for adults aged 25 to 49 and 20.8% among the population aged 50 to 64.The youngest age group, people under 18, had a relatively high risk of poverty or social exclusion (24.3%).In addition to age, education level had a considerable impact on the risk of poverty or social exclusion.At EU level, over a third (34.2%) of people aged 18 or over with a low level of education were at risk of poverty or social exclusion, compared to 10.3% of people in the same age group with a tertiary (high) level of education.The corresponding percentage for people with a medium level of education was 19.2%.

In the EU, 66.3% of unemployed people aged 18 or over were at risk of poverty or social exclusion in 2025.Inactive people (excluding retired people) faced the second highest risk, based on an analysis of activity status, with 44.3% at risk.In comparison, the share of retired people at risk of poverty or social

exclusion was 17.6%, and the share of employed people at risk of poverty or social exclusion was 10.9%. At EU level, households with dependent children - households where children are financially dependent on their parents - faced a slightly higher risk of poverty or social exclusion than those without.More than a fifth (22.1%) of people living in households with dependent children in the EU were at risk of poverty or social exclusion, slightly higher than the share among households without dependent children (19.8%).The global poverty situation in 2025 was marked by significant challenges, with data indicating a persistence of extreme deprivation and a high rate of risk of social exclusion in certain regions. More than 690 million people lived in extreme poverty, while more than 1.1 billion people faced multiple deprivations.In the EU, 66.3% of unemployed people aged 18 or over were at risk of poverty or social exclusion in 2025.Inactive people (excluding retired people) faced the second highest risk, based on an analysis of activity status, with 44.3% at risk.The Global Multidimensional Poverty Index (GMP) 2025, produced by UNDP and the Oxford Poverty and Human Development Initiative, reveals that almost 80% of the world's multidimensionally poor – 887 million people – currently live in areas exposed to at least one major climate risk: extreme heat, drought, flooding or air pollution. Some 650 million poor people face two or more hazards at the same time.The *State of the World's Children 2025: Ending Child Poverty – Our Shared Imperative report* draws on data from over 130 low- and middle-income countries to assess the extent of multidimensional poverty, measuring material deprivation in six categories: education, health, housing, nutrition, sanitation and water. The analysis shows that 118 million children face three or more deprivations, and 17 million face four or more deprivations.(Unicef, 2025).

4.Conclusions

Economic inequalities (social polarization) and high poverty rates are long-standing social trends in both the EU and Romanian society. Material deprivation influences the lifestyle of millions of Romanians, their health, longevity, emotional well-being and interactions between people. Poverty is also constantly associated with the phenomena of marginalization and exclusion, present as distinct orientations in European and national strategies. An assessment of social indicators regarding poverty and marginalization allows us to conduct a comprehensive analysis of modern risks for vulnerable groups and individuals. At the same time, it can guide us towards finding effective integrated solutions to their social problems. Social exclusion is also a phenomenon that characterizes economic and social life in the 21st century. An important aspect to note is that social exclusion affects not only young people, but also older people. Awareness of the negative consequences of the phenomenon has led to the development of strategies and action plans both at the EU and Romanian levels. Globally, the UN has developed a series of 17 global development goals (SDGs) by 2030. The first (SDG 1) aims to eradicate extreme poverty and reduce it in all its forms by at least 50% by 2030. This involves implementing social protection systems, reducing the population's exposure to economic and environmental risks, and ensuring access to basic resources. Globally, over 690 million people live in extreme poverty, and over 1.1 billion face multiple deprivations – from limited access to education, health or housing. The UN points out that poor families are often affected by conflicts, climate crises and social inequalities, requiring policies based on respect, solidarity and cooperation.

The International Day for the Eradication of Poverty was established by the UN General Assembly through resolution 47/196 in 1992, inspired by a demonstration in Paris in 1987, where over 100,000 people declared poverty a violation of human rights. Since then, October 17 has brought together people around the world to reaffirm their commitment to a just and inclusive society, in which every person and family can live in dignity.Eradicating poverty in all its forms, everywhere, remains a defining promise of our age. It is a promise we can fulfill by ensuring that every family can live in dignity, security and has the power to shape its own future.

REFERENCES

Espinosa C.-*Inequality in Europe-statistics and figures*-Statista(2025)-https://www.statista.com/topics/11140/inequality-in-europe, accesed on 6.11.2025;

Eurostat (2022)-Key figures on Europe 2022 edition https://ec.europa.eu/eurostat/documents/, accesed on 6.05.2026;

Galbraith J.K (2016) - *On inequality. The theory of economic inequality in the eyes of everyone* - Publica Publishing House, Bucharest, 2010;

Galan S.(2025)-*Share of global wealth held by the richest percent of the population 2002-2023*-Statista (2025)- https://www.statista.com/statistics/1334161/global-wealth-richest-percent, accesed on 6.05.2026;

Giddens A. (2010) - *Sociology* - All Publishing House, Bucharest, 2010;

Guga S., Sindrestean A,(2021)-*Gender economic inequalities in Romania* - study conducted by Syndex and published by the Friedrich Ebert Stiftung, 2021;

Hollingsworth M, and Stewart L., (2010*)- Londongrad, the invasion of the Russian oligarchs* -Litera Publishing House, Bucharest, 2010;

Neagu, O., Dumiter, F. and Braica, A. (2016)- *Inequality, Economic Growth and Trade Openness: a Case Study for Central and Eastern Countries (ECE*). Economic Amphitheater, 18(43), pp. 557-574;

What is economic inequality? - Tribuna Economica https://tribunaeconomica.ro/inegalitatea-economica, accessed on 6.05.2026;

National Institute of Statistics (INS) (2025) - *Dimensions of social inclusion in Romania* | National Institute of Statistics- https://insse.ro/cms/ro/content/dimensiuni-ale-incluziunii-sociale-in-romania, accessed on 6.05.2026;

National Institute of Statistics (INS) (2025) - *Main indicators regarding poverty or social exclusion in 2024* | National Institute of Statistics - https://insse.ro/cms/ro/content/principalii-indicatori-privind saracia si excluzionie sociala, accessed on 6.05.2026;

Zamfir C &Vlasceanu \L (1998)-*Dictionary of Sociology* -Babel Publishing House, Bucharest, 1998, p.516;

UNICEF (2025)-*More than 400 million children around the world live in poverty, without the means to meet at least two of their daily needs, in areas such as nutrition and hygiene* – UNICEF-Internet - https://www.unicef.org/romania/ro/comunicat;

DECENTRALIZED FINANCE (DEFI) & REAL-WORLD ASSET (RWA) TOKENIZATION

Sadais AMJAD
Department of Accounting & Finance, Faculty of Management Sciences and Commerce, The Islamia University of Bahawalpur, Pakistan

Abstract
Decentralized Finance (DeFi) and Real-World Asset (RWA) tokenization are disruptive innovations at the intersection of blockchain technologies and classic finance, which nevertheless differ significantly in terms of adoption, regulation, and accessibility. As opposed to the dominant paradigm within classical financial theory, which views the management of assets and capital markets from the perspective of centralized intermediation, regulation, and valuation principles, recent advances in blockchain and distributed ledger technology show that decentralized protocols are actively disrupting the way assets are originated, traded, and settled. However, while there is considerable market interest in institutional engagement with decentralized finance networks, structural limitations such as liquidity fragmentation, unclear jurisdiction, and potential smart contract vulnerabilities persist. Systemic issues like oracle manipulation risks, high governance token concentration, and regulatory arbitrage opportunities further illustrate the vulnerabilities of decentralized protocols when interacting with real-world financial assets. Meanwhile, platforms with built-in compliance mechanisms, transparent on-chain processes, and standardized tokenization protocols are increasingly attracting institutional capital and delivering more resilient market results. Macroeconomic context, regulatory environment, and technological ecosystem play a significant role in this process as well.
Keywords: Decentralized Finance , Real-World Asset Tokenization , Blockchain , Smart Contracts , DeFi Regulation , Digital Asset Markets

PREDICTIVE INFLUENCE OF JOB DEMOGRAPHICS AND COPING STRATEGIES ON BURNOUT SYNDROME AMONG HEALTHCARE PRACTITIONERS IN LAGOS, NIGERIA

Dr. Ekong Akpan ESSIEN
Department of Psychology, Faculty of Social Sciences, Olabisi Onabanjo University, Ago-Iwoye, Nigeria

Dr. Sulaimon Kayode OWOSENI
Department of Psychology, Faculty of Social Sciences, Olabisi Onabanjo University, Ago-Iwoye, Nigeria

Dr. Charles UMEH
Department of Psychology, College of Medicine, University of Lagos, Nigeria

Mrs. Adebolaji Ekong ESSIEN
Department of Business Administration and Management, Gateway (ICT) Polytechnic, Sapaade, Nigeria

Abstract
Healthcare practitioners involved in the provision of preventive, curative, promotional, and rehabilitative healthcare services to individuals, families, and communities, most times experience prolonged exposure to chronic emotional and interpersonal stressors, leading to burnout syndrome. While most studies on burnout focus primarily on doctors, other healthcare practitioners receive little attention that would have assisted the management of hospitals to adequately provide help and or coping needs. Therefore, this study aims to investigate burnout levels among different healthcare practitioners by examining the predictive influence of job nature and coping strategies .A total of 700 healthcare practitioners working in a teaching hospital in Lagos, Nigeria, participated in the study. The sample consisted of 474 doctors, 79 nurses, 52 pharmacists, 37 laboratory scientists, 9 physiotherapists, and 49 other allied health practitioners, aged between 17 and 53 years (Mean = 28.18, SD = 5.09). Data were collected using the Maslach Burnout Inventory (MBI) developed by Maslach and Jackson (1986) to measure burnout syndrome and the Personal Functioning Inventory (PFI) developed by Kohn, Brien-Wood, Pickering, and Decicco (2003) to assess coping strategies. Results indicated that female healthcare practitioners reported higher burnout levels (M = 29.13, SD = 29.88) than their male counterparts (M = 23.39, SD = 27.24). Among healthcare professionals, nurses exhibited the highest burnout levels (M = 40.6, SE = 3.2), while doctors reported the lowest (M = 22.4, SE = 1.3). Additionally, problem-solving coping strategies ($\beta = -0.24$, $t = 6.01$, $p < 0.01$) and adaptive coping strategies ($\beta = -0.09$, $t = 2.15$, $p < 0.05$) significantly predicted burnout syndrome among healthcare practitioners, after controlling for sex. Findings indicate that 8.1% ($R^2 = .081$) of the variance in burnout syndrome among healthcare practitioners was accounted for by coping strategy dimensions. The study underscores the need to improve working conditions and provide mental health support for healthcare practitioners to ensure efficient and effective healthcare delivery.
Keywords: Job Demographics, Burnout, Coping, Healthcare Practitioners, Job Stress, Mental Health

REF: AKADEMİK TEŞVİK

İLGİLİ MAKAMA

13. Uluslararası Avrupa Disiplinlerarası Bilimsel Araştırmalar Kongresi 25-26 Mayıs 2026 tarihleri arasında Tiran / Arnavutluk'ta 42 farklı ülkenin (Türkiye-102, Diğer Ülkelerden-116) akademisyen/araştırmacılarının katılımıyla gerçekleşmiştir. Kongre 16 Ocak 2020 Akademik Teşvik Ödeneği Yönetmeliğine getirilen "Tebliğlerin sunulduğu yurt içinde veya yurt dışındaki etkinliğin uluslararası olarak nitelendirilebilmesi için Türkiye dışında en az beş farklı ülkeden sözlü tebliğ sunan konuşmacının katılım sağlaması ve tebliğlerin yarıdan fazlasının Türkiye dışından katılımcılar tarafından sunulması esastır." değişikliğine uygun düzenlenmiştir.

Bilgilerinize arz edilir,

Saygılarımla

Prof. Dr. Nikolla Civici
Rector of University Metropolitan Tirana
HONORARY PRESIDENT OF CONGRESS

LONDON SOVEREIGN SCHOOL

"A Legal Entity Incorporated under the Laws of the United Kingdom"

Institutional Authentication Code : VTBVP9
Reference No : LSS/SEN/2026/08

February 13, 2026

This Official Protocol Declaration is hereby issued by London Sovereign School (hereinafter referred to as "the Institution"), a duly constituted academic and research entity operating within the United Kingdom and possessing full legal personality under applicable UK law.

Pursuant to the Institutional Charter, Academic Regulations, and Internal Statutes, the Senate of the Institution, at its duly convened session held on **13 February 2026**, did hereby adopt and enact Resolution **No. 2026**/8, whereby it is formally decreed that the scientific event specified hereunder shall be organized under the official auspices and academic supervision of the Institution. The said event shall be deemed an official academic undertaking of London Sovereign School and shall be conducted in strict conformity with principles of academic integrity and all applicable legal and regulatory provisions in force.

By virtue of the aforesaid Resolution, the academicians and designated officials serving within the Organizing Committee, Scientific Committee, Advisory Board, and related academic bodies have been duly nominated and ratified by the Senate. The list of appointed members constitutes an integral and legally operative part of this Declaration.

This Declaration shall enter into force upon issuance and remain in full force and effect unless otherwise amended by Senate resolution.

Dr. Mariam S. OLSSON
Deputy President

LONDON SOVEREIGN SCHOOL
Unit 501 Leroy House, 434-436 Essex Road
London N1 3FY - United Kingdom
Institution No: 16871908

Official Professor Roster of the Organizing Committee Members Appointed Pursuant
Prof. Dr. Agim Selenica - University Metropolitan Tirana, Albania
Prof. Dr. Anna Yunitsyna - University Metropolitan Tirana, Albania
Prof. Dr. Jose R. Hernandez-Carrion - Faculty of Economics, University of Valencia, Spain
Prof. Dr. Jean Vasile ANDREI - Petroleum-Gas University of Ploiesti, Romania
Prof. Muhittin ELİAÇIK - Kırıkkale University, Türkiye
Prof. Dr. Sevi OZ - Ankara Haci Bayram Veli University, Türkiye
Assoc. Prof. Dr. Mehmet Emin KALGI - Ardahan University, Türkiye
Dr. Sonila Daiu - University Metropolitan Tirana
MSc. Fatlinda Struga - University Metropolitan Tirana, Albania
Dr. Ernest Shtepani - University Metropolitan Tirana, Albania

Title and Venue of the Scientific Event: 13. INTERNATIONAL EUROPEAN CONFERENCE ON INTERDISCIPLINARY SCIENTIFIC RESEARCH
Official Date(s) of the Event: May 25-26, 2026 / Tirana, ALBANIA
Official Web Adresse: www.eucongress.org