

CONFERENCE BOOK

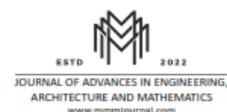


RIO DE JANEIRO
OCT 3 - 5, 2025

LATIN AMERICA 11TH INTERNATIONAL CONFERENCE ON SCIENTIFIC RESEARCHES



LATIN AMERICA
11th INTERNATIONAL CONFERENCE ON SCIENTIFIC RESEARCHES
OCTOBER 3 – 5, 2025
RIO DE JANEIRO





**LATIN AMERICA 11TH INTERNATIONAL CONFERENCE ON SCIENTIFIC
RESEARCHES
OCTOBER 3 – 5, 2025
RIO DE JANEIRO**

**Edited By
PROF. DR. ALİ BİLGİLİ**

Issued: 25.10.2025
ISBN: 978-625-5694-37-9

ASSOCIATION & ACADEMIC INCENTIVES :

In the conference 45 papers have been presented by Turkish participants and 84 papers by foreign participants.

Members of the organizing committees of the conference perform their duties with an "official assignment letter"

All rights of this book belong to Academy Global Publishing House
Without permission can't be duplicate or copied.
Authors of chapters are responsible both ethically and juridically.
Academy Global–2025©

CONFERENCE ID

**LATIN AMERICA 11TH INTERNATIONAL CONFERENCE ON SCIENTIFIC
RESEARCHES**

DATE – PLACE

OCTOBER 3 – 5, 2025

RIO DE JANEIRO

ORGANIZATION

ACADEMY GLOBAL CONFERENCES & JOURNALS

EVALUATION PROCESS

All applications have undergone a double-blind peer review process.

PARTICIPATING COUNTRIES

**Turkey – Amman- Lebanon- Egypt – Jordan - Sudan- Sri Lanka- Georgia – Sweden – Japan-
Romania- Tajikistan- Senegal- Indonesia – Nigeria – Algeria- Saudi Arabia- Greece- Spin-
Russia- Portugal- Poland- Italy – Singapore- UAE – Kazakhstan- Ghana - Bangladesh-
Malaysia- Serbia-**

PRESENTATION

Oral presentation

Accepted Languages in Conference

Turkish – English – Russian – Arabic- Persian

CONGRESS ORGANIZING BOARD**HEAD OF CONFERENCE: Prof. Dr. Ali Bilgili**

- Prof. Dr. Hülya Çiçek
Prof. Dr. Ali Bilgili
Prof. Dr. Naile Bilgili
Prof. Dr. Başak Hanedan
Prof. Dr. Hajar Huseynova
Prof. Dr. Dwi Sulisworo
Prof. Zain Musa
Prof. Dr. Sameer Jain
Prof Yakup Babayev
Prof. Dr. Suyatno
Prof. Dr. Al-Rashiff H. Mastul -
Prof. Dr. Alhisan U. Jemsy
Assoc. Prof. Dr. Yeliz Çakır Sahilli
Assoc. Prof. Dr. Sıddık BAKIR
Assoc. Prof. Dr. Berna Koçak
Assoc. Prof. Dr. Irade Kerimova
Assoc. Prof. Dr. Dhesi Ari Astuti
Assoc. Prof. Dr. Mehmet Fırat Baran
Assoc. Prof. Dr. Abdulkadir Aydın
Assoc. Prof. Dody Hartanto
Assoc. Prof. Dr. Rungchacadaporn
Assoc. Prof. Nazile Abdullazade
Assoc. Prof. Dr. Elif Akpınar Külekçi
Assoc Prof. Dr. Feran Aşur
Assoc. Prof. Dr. Dini Yuniarti
Assoc. Prof. Ivaylo Staykov
Assoc. Prof. Dr. Abbas Ghaffari
Assoc. Prof. Dr. Yasemin Taş
Assoc. Prof. Dr. Yeganə Qəhrəmanova
Assoc. Prof. Dr. Bülent Işık
Assoc. Prof. Dr. Nurkan Yılmaz
Assoc. Prof. Dr. Həmzə Əliyev
Assoc. Prof. Dr. Sevrə Fırınçioğulları
Assist. Prof. Ihwan Ghazali
Assist. Prof. Dr. Abışov Elşad Şərəfxan oğlu
Assist. Prof. Dr. Mahrukh Dovlatzade
Assist. Prof. Dr. Naci Büyükkaracığan
Assist. Prof. Dr. Songül ATA
Lecturer Mehmet Nuri Ödük
Dr. Fatih İ. Kurşunmaden
Assist. Prof. Dr. Mehdi Meskini Heydarlou
Dr. Dadash Mehravari
Dr. Gültekin Gürçay
Dr. Aynurə Əliyeva
Dr. Amaneh Manafidizajı

Scientific & Review Committee

- Prof. Dr. Hülya Çiçek – Türkiye
Prof. Dr. Emine Koca – Türkiye
Prof. Dr. Fatma Koç – Türkiye
Prof. Dr. Valide Paşayeva - Türkiye
Prof. Dr. Ali Bilgili - Türkiye
Prof. Dr. Naile Bilgili - Türkiye
Prof. Dr. Başak Hanedan – Türkiye
Prof. Dr. Aysel Güven - Türkiye
Prof. Dr. Bülent Kurtişoğlu – Türkiye
Prof. Dr. Hajar Huseynova – Azerbaijan
Prof. Dr. Dwi Sulisworo – Indonesia
Prof. Dr. Natalia Latygina – Ukraina
Prof. Dr. Yunir Abdrahimov – Russia
Prof. Muntazir Mehdi – Pakistan
Prof. Dr. T.Venkat Narayana Rao – India
Prof. Dr. İzzet Gümüş – Türkiye
Prof. Dr. Mustafa Bayram – Türkiye
Prof. Dr. Saim Zeki Bostan – Türkiye
Prof. Dr. Hyeonjin Lee – China
Prof. Yakup Babayev - Azerbaijan
Prof. Dr. Suyatno – Indonesia
Prof. Dr. Zain Musa – Cambodia
Prof. Dr. Sameer Jain – India
Prof. Mehdi Mohammadzade – Iran
Prof. Dr. Hasan Akan – Türkiye
Prof. Dr. Ika Maryani – Indonesia
Assoc. Prof. Dr. Sıddık BAKIR - Türkiye
Assoc. Prof. Dr. Yeliz Çakır Sahilli - Türkiye
Assoc. Prof. Dr. Berna Koçak - Türkiye
Assoc. Prof. Dr. Dhesi Ari Astuti – Indonesia
Assoc. Prof. Dr. Abdulkadir Aydın - Türkiye
Assoc. Prof. Dr. Elif Akpınar Külekçi - Türkiye
Assoc. Prof. Dr. Feran Aşur – Türkiye
Assoc. Prof. Dr. Yasemin Taş – Türkiye
Assoc. Prof. Dr. Bülent Işık - Türkiye
Assoc. Prof. Dr. Nurkan Yılmaz - Türkiye
Assoc. Prof. Dr. Sevra Fırıncioğulları - Türkiye
Assoc. Prof. Dr. Abdulsemet Aydın – Türkiye
Assoc. Prof. Dr. Mehmet Fırat Baran - Türkiye
Assoc. Prof. Dr. Dilorom Hamroeva - Ozbekstan
Assoc. Prof. Dr. Abbas Ghaffari – Iran

Assoc. Prof. Ivaylo Staykov - Bulgaria
Assoc. Prof. Dr. Dini Yuniarti – Indonesia
Assoc. Prof. Dr. Ümit Ayata – Türkiye
Assoc. Prof. Dr. Həmzə Əliyev - Azerbaijan
Assoc. Prof. Dr. Okan Sarıgöz – Türkiye
Assoc. Prof. Dr. Eda Bozkurt – Türkiye
Assoc. Prof. Dr. Ahmet Topal – Türkiye
Assoc. Prof. Dr. Abdulkadir Kırbaş – Türkiye
Assoc. Prof. Dr. Mesut Bulut – Türkiye
Assoc. Prof. Dr. Fahriye Emgili – Türkiye
Assoc. Prof. Dr. Sandeep Gupta – India
Assoc. Prof. Dr. Veysel Parlak – Türkiye
Assoc. Prof. Dr. Mahmut İslamoğlu – Türkiye
Assoc. Prof. Dr. Nazile Abdullazade – Azerbaijan
Assoc. Prof. Dr. Irade Kerimova - Azerbaijan
Assoc. Prof. Dr. Yeganə Qəhrəmanova – Azerbaijan
Assoc. Prof. Dr. Ali Vandshoari – İran
Assoc. Prof. Dr. Dinara Fardeeva – Rusya
Assoc. Prof. Dr. Göksel Ulay – Türkiye
Assist. Prof. K. R. Padma – India
Assist. Prof. Dr. Omid Afghan - Afghanistan
Assist. Prof. Dr. Maha Hamdan Alanazi - Saudi Arabia
Assist. Prof. Dr. Dzhakipbek Altaevich Altayev - Kazakhstan
Assist. Prof. Dr. Amina Salihi Bayero – Nigeria
Assist. Prof. Dr. Ahmad Sharif Fakheer - Jordania
Assist. Prof. Dr. Dody Hartanto - Indonesia
Assist. Prof. Dr. Ihwan Ghazali - Malaysia
Assist. Prof. Dr. Mehdi Meskini Heyladou – İran
Assist. Prof. Dr. Bazarhan İmangalieva - Kazakhstan
Assist. Prof. Dr. Keles Nurmaşulı Jaylıbay - Kazakhstan
Assist. Prof. Dr. Mamatkuli Juraev – Ozbekistan
Assist. Prof. Dr. Kalemkas Kalibaeva – Kazakhstan
Assist. Prof. Dr. Bouaraour Kamel – Algeria
Assist. Prof. Dr. Alia R. Masalimova - Kazakhstan
Assist. Prof. Dr. Amanbay Moldibaev - Kazakhstan
Assist. Prof. Dr. Ayslu B. Sarsekenova - Kazakhstan
Assist. Prof. Dr. Bhumika Sharma - India
Assist. Prof. Dr. Gulşat Şugaeva – Kazakhstan
Assist. Prof. Dr. K.A. Tleubergenova - Kazakhstan
Assist. Prof. Dr. Cholpon Toktosunova – Kirgizia
Assist. Prof. Dr. Hoang Anh Tuan – Vietnam
Assist. Prof. Dr. Songül Atak - Türkiye
Assist. Prof. Dr. Botagul Turgunbaeva - Kazakhstan
Assist. Prof. Dr. Dinarakhan Tursunalieva - Kirgizia

- Assist. Prof. Dr. Yang Zitong – China
Assist. Prof. Dr. Gulmira Abndirasulova – Kazakhstan
Assist. Prof. Dr. Imran Latif Saifi – South Africa
Assist. Prof. Dr. Murat Genç – Turkiye
Assist. Prof. Dr. Monisa Qadiri – India
Assist. Prof. Dr. Vaiva Balciuniene – Lithuania
Assist. Prof. Dr. Meltem Avan – Turkiye
Assist. Prof. Dr. Abışov Elşad Şərəfxan oğlu - Azerbaijan
Assist. Prof. Dr. Mahrukh Dovlatzade – Azerbaijan
Assist. Prof. Dr. Naci Büyükkaracıgan – Turkiye
Assist. Prof. Dr. Raihan Yusoph – Philippines
Dr. Que-Nhu Duong - Vietnam
Dr. Fatih İ. Kurşunmaden – Turkiye
Dr. Mehmet Nuri Ödük – Turkiye
Dr. Ayşe Baran - Turkiye
Dr. Dadash Mehravari – Iran
Dr. Aynurə Əliyeva - Azerbaijan
Dr. Sonali Malhotra – India
Dr. Amaneh Manafidizaji - Iran



T.C.
ANKARA ÜNİVERSİTESİ REKTÖRLÜĞÜ
Veteriner Fakültesi Dekanlığı
Fakülte Sekreterliği



Sayı : E-21304664-051-1705704

12.02.2025

Konu : 31-14279 Prof. Dr. Ali Bilgili'nin
Uluslararası Kongrelerde Düzenleme ve
Bilim kurullarında yer alması hk

FARMAKOLOJİ VE TOKSİKOLOJİ ANABİLİM DALI BAŞKANLIĞINA

İlgi : Farmakoloji ve Toksikoloji Anabilim Dalı Başkanlığı'nın 11.02.2025 tarihli ve
E-41298163-051-1704750 sayılı yazısı.

İlgi yazınız uyarınca, Anabilim Dalınız öğretim üyesi Prof.Dr.Ali BİLGİLİ'nin, Yükseköğretim Kurulu'nun 15.06.2023 tarihli oturumunda doçentlik başvuruları şartları ile ilgili değişiklik önerileri kapsamında, "Academy Global Conferences & Publishing (<https://www.akademikongre.org/registration>)" tarafından önümüzdeki tarihlerde düzenlenecek olan uluslararası kongrelerde; kongre başkanı, kongre düzenleme ve bilim kurulu üyesi olarak görev yapması Dekanlığımızca da uygun görülmüştür.

Bilgilerinizi ve gereğini saygılarımla rica ederim.

Prof. Dr. Necmettin ÜNAL
Dekan V.

Bu belge, güvenli elektronik imza ile imzalanmıştır.

Doğrulama Kodu: 8E77B04B-BD26-449E-A3C8-D44477307021 Doğrulama Adresi: <https://www.turkiye.gov.tr/ankara-universitesi-ebys>

Zübeyde Hanım Mahallesi Mehmet Ömer Halisdemir Bulvarı No: 9/C 06070 Altında / ANKARA

Telefon No: (0312) 317 03 15 Belge Geçer No: (0312) 316 44 72

e-posta: vetmed@veterinary.ankara.edu.tr

KEP Adresi : ankunvrek@ankuni.hso1.kep.tr

Bilgi için: Gülay AFAK

Bilgisayar Uzmanı

Telefon No: (312) 317 03 15-4510

E-Posta: gsafak@ankara.edu.tr



LATIN AMERICA 11th INTERNATIONAL CONFERENCE ON
SCIENTIFIC RESEARCHES
LATINArt 3rd INTERNATIONAL GROUP EXHIBITION
October 3 – 5, 2025
RIO DE JANEIRO

Kongre Bağlantı Linki :

Join Zoom Meeting

<https://us06web.zoom.us/j/88571518350?pwd=fOYazCWBmbAiWrHygjKSjkbbSvotfd.1>

Meeting ID: 885 7151 8350

Passcode: 202224



ÖNEMLİ AÇIKLAMA (Lütfen okuyunuz)

- ZOOM bağlantısı için yukarıda verilen bağlantıyı veya yine yukarıda verilen giriş bilgilerini kullanabilirsiniz.
- **Oturum içerisinde en KIDEMLİ olan moderatör olarak seçilir. Moderatörün oturum düzenini gözetmesi, akademisyen adaylarını yönlendirmesi beklenmektedir.**
- Oturuma bağlanmadan önce Salon numaranızı adınızın önüne aşağıdaki gibi ekleyiniz. Bu sayede kongre açılışında beklemeden oturumlarınıza gönderilebileceksiniz. Ör. 5 Ahmet Ahmetoglu
- **Sunum süresi 10 dakikadır. Bu sürenin aşılmasını moderatörler temin edecektir.**
- Sunum sonrası 5 dakikayı geçmeyen soru-cevap, tartışma süresi verilmektedir.
- **Sunumlar TÜRKÇE veya İNGİLİZCE yapılabilir.**
- Kameralar, oturum süresince toplam % 70 oranında açık olmak zorundadır.
- **Sunum yapan katılımcının kamerası açık olmak zorundadır.**
- Sunum yapmak zorunludur. **Herhangi bir nedenle sunum yapmamış olan katılımcıya sertifika verilmesi ve çalışmasının yayınlanması sözkonusu olamaz.**
- Katılımcı, kendi oturumda, oturum bitene kadar bulunmak zorundadır.
- Katılımcıların kendi oturumları dışındaki oturumlara katılma zorunluluğu yoktur.
- ZOOM platformunun kapasite sınırı nedeniyle, DİNLEYİCİ, sadece kapasite izin verdiği sürece kabul edilebilmektedir.
- **SADECE ÇALIŞMADA YAZAR OLARAK GEÇEN KİŞİLER SUNUM YAPABİLİR !**

IMPORTANT, PLEASE READ CAREFULLY

- To be able to make a meeting online, login via <https://zoom.us/join> site, enter ID instead of “Meeting ID or Personal Link Name” and solidify the session.
- The Zoom application is free and no need to create an account.
- The Zoom application can be used without registration.
- The application works on tablets, phones and PCs.
- Speakers must be connected to the session **10 minutes before** the presentation time.
- All congress participants can connect live and listen to all sessions.
- During the session, your camera should be turned on **at least %70** of session period
- Moderator is responsible for the presentation and scientific discussion (question-answer) section of the session.

TECHNICAL INFORMATION

- Make sure your computer has a microphone and is working.
- You should be able to use screen sharing feature in Zoom.
- Attendance certificates will be sent to you as pdf at the end of the congress.
- Moderator is responsible for the presentation and scientific discussion (question-answer) section of the session.
- Before you login to Zoom please indicate your name surname and hall number,

LATIN AMERICA 11th INTERNATIONAL CONFERENCE ON SCIENTIFIC RESEARCHES October 3 – 5, 2025 RIO DE JANEIRO Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224 4 Ekim / October 4, 2025 / 15:00 – 17:00 Time zone in Turkey (GMT+3)				
Salon	Moderator		Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title	Authors
HALL / SALON 2	Prof.Dr. Sacide Pehlivan	1	THE ROLE OF MITOCHONDRIA IN CELLULAR AGING	Şükriye Beyza Koparan Prof.Dr. Sacide Pehlivan
		2	INTRINSIC PATHWAY IN APOPTOSIS IN CANCER AND ITS IMPORTANCE IN TARGETED THERAPIES	TUĞÇE KARADAĞ Prof.Dr. SACİDE PEHLİVAN
		3	The Role of Epigenetic Factors in Prosocial Behavior	ÇAĞDAN BİRCAN Prof.Dr. MUSTAFA ÖZÇETİN Prof.Dr. SACİDE PEHLİVAN
		4	Otizm Spektrum Bozukluğunda Epigenetiğin Önemi	Zual Emni Mustafa Özçetin Sacide Pehlivan
		5	METABOLOEPIGENETIC IN HEALTH AND DISEASE	EMİNE ZEHRA KARACA Prof. Dr. SACİDE PEHLİVAN
		6	COMPARISON OF HRM WITH PCR AND AGAROSE GEL ELECTROPHORESIS METHODS IN GENOTYPING OF SOD1 50 BP INS/DEL POLYMORPHISM	Dr. ÜLGEN SEVER M.Sc.Bio. FATIMA CEREN TUNÇEL Prof.Dr. SACİDE PEHLİVAN

LATIN AMERICA 11th INTERNATIONAL CONFERENCE ON SCIENTIFIC RESEARCHES October 3 – 5, 2025 RIO DE JANEIRO Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224 4 Ekim / October 4, 2025 / 15:00 – 17:00 Time zone in Turkey (GMT+3)				
Salon	Moderator		Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title	Authors
HALL / SALON 3	Prof. Dr. BAŞAK HANEDAN	1	Comparative Analysis of Yield Components of Different Cotton Varieties: A Case Study in Azerbaijan	Aynur Oruj HASANOVA Aytan İlham ZEYNALOVA Sait ENGİNDENİZ
		2	CIRCULAR ECONOMY APPLICATIONS IN AGRICULTURE: AN EVALUATION FROM TÜRKİYE'S PERSPECTIVE	Ph.D. Cand. Ayşegül TANİN Prof.Dr. Sait ENGİNDENİZ
		3	POTENTIAL USE OF NANOPARTICLES IN FRUIT CULTIVATION	Research Assist. Merve KARAKOYUN MUTLUAY Prof. Dr. Muzaffer İPEK
		4	THE MASTERS OF DROUGHT IN NATURE: CACTACEAE FAMILY	Ali YILMAZ Şeyma ARIKAN
		5	DIABETES MELLITUS IN DOGS	Prof. Dr. Ali BİLGİLİ PhD Student Bülent Burak DOĞAN
		6	TOXICITY AND ADVERSE EFFECTS OF ANTIBIOTICS	Prof. Dr. ALİ BİLGİLİ Prof. Dr. BAŞAK HANEDAN

LATIN AMERICA 11th INTERNATIONAL CONFERENCE ON SCIENTIFIC RESEARCHES October 3 – 5, 2025 RIO DE JANEIRO Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224				
4 Ekim / October 4, 2025 / 15:00 – 17:00 Time zone in Turkey (GMT+3)				
Salon	Moderator		Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title	Authors
HALL / SALON 4	Doç. Dr. SEVRA FIRINCIOĞULLARI	1	Similar and Different Aspects of Pronouns in the Oghuz Group of Turkic Languages	Prof., Dr. Hajar Huseynova
		2	GEORGE SIMMEL'S "PHILOSOPHY OF MONEY" and MONEY AS A RISING VALUE IN THE MODERN AGE	Doç. Dr. SEVRA FIRINCIOĞULLARI
		3	THE ROLE OF SELF-AUDITION IN SCHOOL MANAGEMENT	Assoc. Prof. Dr. Nazile Abdullazade
		4	REVİTALİZİNG HİGHLAND CULTURE THROUGH AGRİTOURİSM: A CULTURAL AND SPATİAL ASSESSMENT	Dr. Elanur MUTLU
		5	THE LITERARY TOURIST APPEAL OF AHMET UMIT'S NOVELS AND SPATIAL CONSTRUCTION OF İSTANBUL IN THEM	Dr. Elanur MUTLU
		6	Ritüelden Estetiğe: Hitlerde Evlilik Geleneklerinin Günümüz Anadolu Kültürü ve Sanatındaki İzleri	Doktora Öğrencisi, Uzm. Ahmet Göktuğ Kılıç Merve Bakır

LATIN AMERICA 11th INTERNATIONAL CONFERENCE ON SCIENTIFIC RESEARCHES October 3 – 5, 2025 RIO DE JANEIRO Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224 4 Ekim / October 4, 2025 / 15:00 – 17:00 Time zone in Turkey (GMT+3)				
Salon	Moderator		Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title	Authors
HALL / SALON 5	Dr. Hasan Suat AKSU	1	ENERGY DIPLOMACY AND GEOPOLITICAL LEVERAGE: RUSSIA–IRAN COOPERATION IN THE MIDDLE EAST	Khalid, Muhammad Munib
		2	Changes in Recreation and Leisure Experiences During the Process of Gambling Addiction: A Phenomenological Study	Dr. Hasan Suat AKSU Research Assistant Alper KAYA
		3	THE RELATIONSHIP BETWEEN RECREATIONAL ACTIVITY MOTIVATION AND AWARENESS IN YOUNG ADULTS	Arş. Gör. ALPER KAYA Dr. HASAN SUAT AKSU
		4	ASSESSMENT OF THE TRADER STATUS OF SOCIAL MEDIA INFLUENCERS	Öğr. Gör. Dr. GÜLŞAH İSLAMOĞLU
		5	CONVERSION OF A COMMERCIAL ENTERPRISE INTO A CORPORATION	Öğr. Gör. Dr. GÜLŞAH İSLAMOĞLU

LATIN AMERICA 11th INTERNATIONAL CONFERENCE ON SCIENTIFIC RESEARCHES October 3 – 5, 2025 RIO DE JANEIRO Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224 4 Ekim / October 4, 2025 / 15:00 – 17:00 Time zone in Turkey (GMT+3)				
Salon	Moderator		Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title	Authors
HALL / SALON 6	Doç. Dr., HAMDİ ALKAN	1	A STATISTICAL APPRAISAL ON THE CURRENT AND FUTURE EARTHQUAKE POTENTIAL/HAZARD IN MUŞ AND ITS VICINITY (TÜRKİYE)	MSc., ECENUR CANSU ŞİMŞEK Prof. Dr., SERKAN ÖZTÜRK Doç. Dr., HAMDİ ALKAN
		2	TENDÜREK VOLKANI CİVARINDAKİ GÜNCEL MİKRO DEPREMLERİN ODAK MEKANİZMASI ÇÖZÜMLERİ VE GERİLME TRANSFERİ: TOKTONİK- VOLKANİK ÇIKARIM	MSc., AYŞEGÜL ALKAN Prof. Dr., İSMAİL AKKAYA Doç. Dr., HAMDİ ALKAN
		3	MONITORING AND CONTROL VIA THE NODE-RED PLATFORM WITH ARM-BASED PROCESSORS	Ümit GÜLER Mohammad Ruhul Amin BHUIYAN Hayati MAMUR
		4	VIBRATION-BASED FAULT DETECTION IN COOLING SYSTEMS	Ümit GÜLER Mohammad Ruhul Amin BHUIYAN Hayati MAMUR
		5	MATEMATİK FİZİKTE ORTAYA ÇIKAN PERİYODİK STURM-LIOUVILLE PROBLEMLERİ İÇİN RAYLEIGH ORANI	Doç. Dr. FAHREDDİN S. MUHTAROV Prof., KADRİYE AYDEMİR Prof., OKTAY SH. MUKHTAROV
		6	DENKLEMİNDE TEKİLLİĞE SAHİP OLAN SINIR-DEĞER PROBLEMLERİNİN ÖZDEĞER VE ÖZFONKSİYONLARININ BAZI ÖZELLİKLERİ	Prof., KADRİYE AYDEMİR Prof., OKTAY SH. MUKHTAROV
		7	DIAGNOSIS OF SLEEP DISORDERS USING A MACHINE LEARNING APPROACH OPTIMIZED WITH GENETIC ALGORITHMS	Assoc. Prof., FEYZA ALTUNBEY ÖZBAY Assoc. Prof., ERDAL ÖZBAY
		8	THE BINARY GRASSHOPPER OPTIMIZATION ALGORITHM FOR THE FEATURE SELECTION PROBLEM IN CARDIOVASCULAR DISEASE DETECTION	Assoc. Prof., FEYZA ALTUNBEY ÖZBAY Assoc. Prof., ERDAL ÖZBAY

LATIN AMERICA 11th INTERNATIONAL CONFERENCE ON SCIENTIFIC RESEARCHES October 3 – 5, 2025 RIO DE JANEIRO Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224 4 Ekim / October 4, 2025 / 15:00 – 17:00 Time zone in Turkey (GMT+3)				
Salon	Moderator		Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title	Authors
HALL / SALON 7	Doç. Dr. Ümit AYATA	1	EXACT SOLUTION OF THE RELATIVISTIC FINITE-DIFFERENCE EQUATION FOR THE RING-SHAPED OSCILLATOR POTENTIAL	Shakir. M. Nagiyev Gulnara H. Quliyeva Vefa A. Tarverdiyeva Shovqiyya. A. Amirova
		2	THE PREDICTION OF TOXIC AND ECOTOXIC EFFECTS OF SELECTED DINITROANILINES USING IN SILICO TOOLS	Nazli Turkten Yunus Karatas Yelda Yalcin Gurkan Simal Kurumoglu
		3	PHOTOCATALYTIC DEGRADATION OF CIPROFLOXACIN USING TiO ₂ -CuO and TiO ₂ -ZnO BINARY COMPOSITES	Nazli Turkten Yunus Karatas Yelda Yalcin Gurkan Simal Kurumoglu
		4	APPLICATION OF SOLUTIONS PREPARED USING NATURAL CHEMICALS FROM THE FOOD INDUSTRY TO SUCUPIRA WOOD SURFACES AND DETERMINATION OF SOME SELECTED SURFACE PROPERTIES	Doç. Dr. Abdi ATILGAN Doç. Dr. Osman ÇAMLİBEL Doç. Dr. Ümit AYATA
		5	APPLICATION OF COMMERCIALY AVAILABLE WOOD PROTECTIVE OILS WITH DIFFERENT PROPERTIES ON WILD CHERRY WOOD	Prof. Dr. Hüseyin PEKER Doç. Dr. Göksel ULAY Doç. Dr. Ümit AYATA
		6	THE INVESTIGATION OF SURFACE CHANGES OCCURRING AFTER BLEACHING TREATMENT ON IRONWOOD	Doç. Dr. Abdi ATILGAN Doç. Dr. Osman ÇAMLİBEL Doç. Dr. Ümit AYATA
		7	EFFECT OF STONE VARNISH AND HOT WATER STEAM ON COLOR PROPERTIES OF HEAT-TREATED LODGEPOLE PINE	Doç. Dr. Göksel ULAY Prof. Dr. Hüseyin PEKER Doç. Dr. Ümit AYATA

LATIN AMERICA 11th INTERNATIONAL CONFERENCE ON SCIENTIFIC RESEARCHES October 3 – 5, 2025 RIO DE JANEIRO Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224 4 Ekim / October 4, 2025 / 15:00 – 17:00 Time zone in Turkey (GMT+3)				
Salon	Moderator		Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title	Authors
HALL / SALON 8	Assist. Prof. Dr. N. MEZİYET DİLEK	1	THE PURPOSE OF USING CARBOHYDRATE SOURCES IN MEAT AND MEAT PRODUCTS: TECHNOLOGICAL, FUNCTIONAL AND NUTRITIONAL APPROACHES	Assist. Prof. Dr. N. MEZİYET DİLEK
		2	CLINICAL ANATOMY OF THE SCIATIC NERVE: THE IMPORTANCE OF ANATOMICAL KNOWLEDGE IN CLINICAL PRACTICE	Assoc. Prof. Dr. Gamze TAŞKIN ŞENOL Res. Asst. Ece Zeliha BÜYÜKUYSAL
		3	FACIAL NERVE PARALYSIS: A CLINICAL AND ANATOMICAL PERSPECTIVE	Assoc. Prof. Dr. Gamze TAŞKIN ŞENOL Res. Asst. Ece Zeliha BÜYÜKUYSAL
		4	INVESTIGATION OF INDIVIDUAL FACTORS AFFECTING PARTICIPATION IN PHYSICAL EDUCATION AND SPORTS CLASSES	Doç. Dr. Emine ÖZTÜRK KARATAŞ Prof. Dr. Özgür KARATAŞ Dr. İsmail ÖNER
		5	THE EFFECT OF SPORTS FACILITY AND MATERIAL DEFICIENCIES ON PHYSICAL EDUCATION TEACHING: A COMPARISON BETWEEN EUROPE AND TÜRKİYE	Dr. İsmail ÖNER Doç. Dr. Emine ÖZTÜRK KARATAŞ Prof. Dr. Özgür KARATAŞ
		6	GENÇLİK VE SPOR HİZMETLERİ MÜDÜRLÜĞÜ ÇALIŞANLARI BAĞLAMINDA YEREL YÖNETİMLERDE DÖNÜŞÜMCÜ LİDERLİĞİN YENİLİKÇİ DAVRANIŞA YANSIMALARI	Dr. Öğr. Üyesi GAMZE DURMUŞ EREN DURMUŞ Prof. Dr. PINAR KARACAN DOĞAN Doç. Dr. MUSTAFA ÖNER ŞEKEROĞLU Doç. Dr. İSA DOĞAN
		7	FARKLI SPOR BRANŞLARINDA UZMANLIK EĞİTİMİ ALAN ÜNİVERSİTE ÖĞRENCİLERİNİN BAZI TEMEL MOTOR ÖZELLİKLERİNİN GELİŞİMİNİN İNCELENMESİ	Arş. Gör. Dr. Cihan GÜRBÜZ Öğr. Gör. Dr. Bülent TATLISU Dr. Öğr. Üyesi Refik ÇABUK

LATIN AMERICA 11th INTERNATIONAL CONFERENCE ON SCIENTIFIC RESEARCHES October 3 – 5, 2025 RIO DE JANEIRO Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224				
4 Ekim / October 4, 2025 / 15:30 – 17:30 Time zone in Turkey (GMT+3)				
Salon	Moderator		Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title	Authors
HALL / SALON 1	Assoc. Prof. Dr. Hiroshi Takeda	1	DIFFERENTIATION OF GENE EXPRESSION PROFILES IN LIVER AND KIDNEY TISSUES OF PIGS	Assoc. Pro. Dr. Sergey Sokolova
		2	DECISION TREES FOR PREDICTING RISK OF MORTALITY USING ROUTINELY COLLECTED DATA	Dr. Emily Carter Dr. James Walker Dr. Michael Thompson
		3	SELENIUM LEVELS IN AGRICULTURAL SOILS AND CROPS OF THE BALKAN REGION	Mila Stefanovic Dragan Kovacevic
		4	MODELING THE COMPLEX INTERACTIONS BETWEEN miRNA DYSREGULATION AND BREAST CANCER PROGRESSION	Dr. Neda Karimi Assoc. Prof. Dr. Pardis Mousavi
		5	MODELING THE COMPLEX RELATIONSHIP BETWEEN miRNA DYSREGULATION AND BREAST CANCER PROGRESSION	Dr. Olufemi Adewale Dr. Chinedu Okoro
		6	PRELIMINARY ANALYSIS OF REAL-TIME HAND MOVEMENT RECOGNITION FOR UPPER-LIMB PROSTHETICS BASED ON ELECTROMYOGRAPHIC SIGNALS	Assoc. Prof. Dr. Hiroshi Takeda Assist. Prof. Dr. Maria Gonzalez Lec. Ahmed El-Sayed Dr. Jonathan Clarke
		7	ADVANCED SIMULATION PLATFORM FOR MEDICAL IMAGE FUSION AND LEARNING	Assoc. Prof. Dr. Beatriz Oliveira, Assis. Prof. Dr. Inês Soares, Miguel A. Duarte

LATIN AMERICA 11th INTERNATIONAL CONFERENCE ON SCIENTIFIC RESEARCHES October 3 – 5, 2025 RIO DE JANEIRO Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224 4 Ekim / October 4, 2025 / 15:30 – 17:30 Time zone in Turkey (GMT+3)				
Salon	Moderator		Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title	Authors
HALL / SALON 2	Assoc. Prof. Dr. Noura Al-Harbi	1	VIRTUAL BIOLOGY LABORATORY FOR ENHANCED STUDENT LEARNING	Dr. Nurul Huda Dr. Amirul Faizal
		2	INTEGRATING ONLINE LABORATORIES INTO SECONDARY BIOLOGY EDUCATION IN KAZAKHSTAN	Ayan Mukhtar Zhanar Bektemir Dinara Sadykova
		3	BIOLOGICALLY INSPIRED REACTIVE AGENT MODELING USING X-MACHINES	Dimitrios Papadopoulos Elena Nikolaidis Yannis Christodoulou
		4	CRYPTOGENIC FRESHWATER FISH BIODIVERSITY IN BANGLADESH	Dr. Md. Hasan Dr. Kamal Uddin Md. Tarek Hossain
		5	UNIFIED MODELS IN GENOME REARRANGEMENT AND SORTING PRIMITIVES IN BIOINFORMATICS	Dr. Anil Kumar Assis. Prof. Dr. Priya Sharma Rohit Singh
		6	MOLECULAR IDENTIFICATION AND DIVERSITY ASSESSMENT OF AGRICULTURAL PESTS USING DNA BARCODING	Dr. Saud Al-Mutairi Faisal Al-Qahtani Assoc. Prof. Dr. Noura Al-Harbi
		7	ADVANCED MICROFLUIDIC TECHNIQUES FOR BIOMEDICAL AND BIOHEALTH APPLICATIONS	Dr. Zahra Roudsari Dr. Nima Etemad
		8	EVALUATING THE EFFECTIVENESS OF INTERPROFESSIONAL SIMULATION TRAINING ON COLLABORATIVE SKILLS AMONG HEALTHCARE UNDERGRADUATES	Assoc. Prof. Dr. L. Thompson Ramirez, Lec. N. KhamaI
		7		

LATIN AMERICA 11th INTERNATIONAL CONFERENCE ON SCIENTIFIC RESEARCHES October 3 – 5, 2025 RIO DE JANEIRO Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224 4 Ekim / October 4, 2025 / 15:30 – 17:30 Time zone in Turkey (GMT+3)				
Salon	Moderator		Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title	Authors
HALL / SALON 3	Assis. Prof. Dr. Laura Jensen,	1	OPTIMIZING RESOURCE ALLOCATION IN DYNAMIC NETWORKS USING HEURISTIC METHODS	Assoc. Prof. Dr. Elena Vasilev, Pavel Korolenko, Dr. Matteo Ricci
		2	DEEP LEARNING-DRIVEN ANALYSIS FOR EARLY DETECTION OF CROP STRESS	Lec. Amina Koulibaly, Dr. Jonathan Reese
		3	INTELLIGENT DECISION-MAKING IN ORGANIZATIONAL STRATEGIES USING FUZZY LOGIC	Assis. Prof. Dr. Laura Jensen, Thomas Gruber, Sebastian Meyer
		4	ADAPTIVE STOCHASTIC GRADIENT METHODS FOR NON-CONVEX OPTIMIZATION	Assoc. Prof. Dr. Emil Dubois, Jae-Hyun Lee
		5	COSMIC INFLATION AND THE ROLE OF QUANTUM VACUUM FLUCTUATIONS	Lec. Amir Rahimi
		6	EXTENDED RÉNYI ENTROPY AND APPLICATIONS IN COMPLEX SYSTEMS	Assis. Prof. Dr. Carla M. Silva, Dr. José F. Romero, Miguel A. Torres, Ana L. Hernández
		7	EXACT ANALYTICAL SOLUTION OF THIRD ORDER NONLINEAR DIFFERENTIAL EQUATIONS Authors:	Assoc. Prof. Dr. Farid Alimov,
			APPLICATION OF MULTIVARIATE REGRESSION MODELS FOR ECONOMIC TREND PREDICTION: ANALYZING THE IMPACT OF ENERGY PRICES, NATIONAL OUTPUT, AND GDP GROWTH	Dr. Ravi K. Menon, Assoc. Prof. Dr. Leila Hassan, Aria Feroz

LATIN AMERICA 11th INTERNATIONAL CONFERENCE ON SCIENTIFIC RESEARCHES October 3 – 5, 2025 RIO DE JANEIRO Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224 4 Ekim / October 4, 2025 / 15:30 – 17:30 Time zone in Turkey (GMT+3)				
Salon	Moderator		Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title	Authors
HALL / SALON 4	Assoc. Prof. Dr. Marat Akhmetov	1	ANCIENT TRADE ROUTES AND CULTURAL EXCHANGE IN ASIA	Assoc. Prof. Dr. Hiroshi Tanaka Prof. Dr. Priya Raghavan Lec. Nguyen Van Long
		2	IMPACT OF COLONIALISM ON SOUTHEAST ASIAN POLITICAL STRUCTURES	Assoc. Prof. Dr. Aisha Rahman Prof. Dr. Somchai Chaiyaporn Dr. David Chen
		3	RELIGIOUS TRANSFORMATIONS IN THE MIDDLE EAST FROM 7TH TO 15TH CENTURY	Prof. Dr. Leila Al-Mansouri Assoc. Prof. Dr. Farhad Rezaei Lec. Omar Khalid
		4	HISTORY OF SCIENCE AND TECHNOLOGY IN EAST ASIA	Prof. Dr. Min-Joon Park Assoc. Prof. Dr. Ananya Gupta Dr. Chen Wei
		5	REVOLUTIONARY MOVEMENTS IN MODERN CENTRAL ASIA	Assoc. Prof. Dr. Marat Akhmetov Prof. Dr. Dilshod Rasulov Lec. Gulnara Abdiyeva
		6	ART AND ARCHITECTURE IN THE OTTOMAN EMPIRE	Prof. Dr. Leyla Hassan Dr. Samir Al-Khalifa
		7	ENVIRONMENTAL HISTORY AND AGRICULTURAL PRACTICES IN ANCIENT CHINA	Prof. Dr. Li Na Assoc. Prof. Dr. Takeshi Sato Lec. Tran Thi Hoa

LATIN AMERICA 11th INTERNATIONAL CONFERENCE ON SCIENTIFIC RESEARCHES October 3 – 5, 2025 RIO DE JANEIRO Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224 4 Ekim / October 4, 2025 / 15:30 – 17:30 Time zone in Turkey (GMT+3)				
Salon	Moderator		Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title	Authors
HALL / SALON 5	Assoc. Prof. Dr. Jad Nasser	1	THE IMPACT OF CULTURAL BELIEFS AND TRADITIONAL NORMS ON FAMILY THERAPY OUTCOMES IN MIDDLE EASTERN SOCIETIES	Dr. Kouros Fattahi Samira Daryaei
		2	INTERGENERATIONAL CONFLICTS, PARENTAL EXPECTATIONS, AND STRATEGIES FOR RESOLUTION IN MARRIAGE AND FAMILY THERAPY	Prof. Dr. Elena Kuznetsova Igor Volkov Anastasia Morozova
		3	THE ROLE OF EMOTIONAL INTELLIGENCE, SELF-AWARENESS, AND COPING SKILLS IN IMPROVING MARITAL SATISFACTION AND STABILITY	Assis. Prof. Dr. Aisuluu Tulegenova Yerzhan Akhmetov Bibigul Saparova
		4	PARENTAL STRESS, WORK-LIFE BALANCE, AND THEIR IMPACT ON CHILD DEVELOPMENT AND FAMILY RELATIONSHIPS	Rania Al-Masri Omar Khalaf
		5	ANALYZING COUPLE COMMUNICATION PATTERNS, CONFLICT RESOLUTION TECHNIQUES, AND THERAPEUTIC INTERVENTIONS FOR HEALTHIER RELATIONSHIPS	Huda Nasser
		6	THE INFLUENCE OF RELIGIOUS BELIEFS, SPIRITUALITY, AND PRACTICES ON MARITAL RELATIONSHIPS AND FAMILY DYNAMICS	Dr. Ahmed Salah Dr. Laila Mostafa Nourhan Youssef
		7	MANAGING FINANCIAL STRESS, ECONOMIC PRESSURES, AND RESOURCE ALLOCATION IN FAMILY SYSTEMS THROUGH MARRIAGE AND FAMILY THERAPY	Dr. Hanan Al-Harbi Lec. Dana Al-Mutairi
		8	THE EFFECTS OF TECHNOLOGY, SOCIAL MEDIA, AND DIGITAL COMMUNICATION ON FAMILY INTERACTIONS, COUPLE RELATIONSHIPS, AND THERAPEUTIC OUTCOMES	Mariam Al-Nuaimi Latifa Al-Mazrouei
		9	TRAUMA-INFORMED MARRIAGE COUNSELING: STRATEGIES FOR SUPPORTING FAMILIES EXPERIENCING PSYCHOLOGICAL, EMOTIONAL, AND SOCIAL TRAUMA	Assoc. Prof. Dr. Jad Nasser Dr. Maya Khalil Lec. Rami Bou Saab

LATIN AMERICA 11th INTERNATIONAL CONFERENCE ON SCIENTIFIC RESEARCHES October 3 – 5, 2025 RIO DE JANEIRO Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224				
4 Ekim / October 4, 2025 / 15:30 – 17:30 Time zone in Turkey (GMT+3)				
Salon	Moderator		Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title	Authors
HALL / SALON 6	Dr. Lara M. Oliveira	1	SUSTAINABLE URBAN HOUSING DESIGN STRATEGIES FOR RESILIENT COMMUNITIES	Elena Markarian, Assis. Prof. Dr. Dimitrios Kalogeropoulos, Maria Fernanda Castillo, Dr. Arvind Rathore
		2	INTEGRATED FLOOD-RESILIENT INFRASTRUCTURE PLANNING FOR COASTAL CITIES	Dr. Lara M. Oliveira, Assoc. Prof. Dr. Marco Vitali
		3	CROSS-CULTURAL PERSPECTIVES IN MODERN URBAN ARCHITECTURE	João Mendes, Assis. Prof. Dr. Farid Aliev, Nadira Khan
		4	INNOVATIVE FINANCIAL MODELS FOR AFFORDABLE HOUSING IN EMERGING ECONOMIES	Dr. Timothy Adebayo, Chidera Okonkwo, Rizal Hidayat
		5	ARCHITECTURAL STRATEGIES FOR CLIMATE-ADAPTIVE PUBLIC SPACES	Manoj Patel, Dr. Hana Syafiqah
		6	RISK ASSESSMENT AND SAFETY MANAGEMENT IN INDUSTRIAL URBAN ZONES	Dr. Khaya Qonono, Assis. Prof. Dr. Zeynep Alimova, Paulo Ribeiro
		7	DVANCES IN LIGHTING SIMULATION AND VISUAL COMFORT ANALYSIS IN CONTEMPORARY ARCHITECTURE	Assoc. Prof. Dr. Luca Moretti Mahmoud Al-Khatib E. S. Cantrell Sofia Petrova

LATIN AMERICA 11th INTERNATIONAL CONFERENCE ON SCIENTIFIC RESEARCHES October 3 – 5, 2025 RIO DE JANEIRO Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224 4 Ekim / October 4, 2025 / 15:30 – 17:30 Time zone in Turkey (GMT+3)				
Salon	Moderator		Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title	Authors
HALL / SALON 7	Assoc. Prof. Dr. Matteo Ricci	1	ELITE SUSTAINABLE URBAN DEVELOPMENT STRATEGIES: INTEGRATING GREEN SPACES AND SMART INFRASTRUCTURE	Assoc. Prof. Dr. Matteo Ricci, Hana Kim, Prof. Dr. Samuel Osei
		2	REVITALIZING HISTORIC CITY CENTERS THROUGH CONTEMPORARY LANDSCAPE DESIGN AND COMMUNITY ENGAGEMENT	Tomasz Kowalski, Amina Diallo
		3	ADVANCED MATERIALS AND TECHNOLOGIES IN MODERN ARCHITECTURE FOR ENERGY EFFICIENCY	Dr. Isabella Fernandes, Assoc. Prof. Dr. Ahmed Al-Mansouri
		4	BIODIVERSITY-FOCUSED URBAN PARK DESIGN: PROMOTING ECOLOGICAL CORRIDORS AND HABITAT RESTORATION	Prof. Dr. Juan Carlos Ramirez, Prof. Dr. Fatima Noor
		5	SMART MOBILITY AND INTEGRATED TRANSPORTATION PLANNING IN FUTURE CITIES	Dr. Lars Svensson, Mei Ling Zhao
		6	ARCHITECTURAL RESPONSES TO CLIMATE CHANGE: RESILIENT STRUCTURES AND FLOOD MANAGEMENT STRATEGIES	Assoc. Prof. Dr. Olga Ivanova, Dr. Rafael Martinez, Iec. Noura Al-Faraj
		7	CULTURAL LANDSCAPES AND URBAN IDENTITY: PRESERVATION, ADAPTATION, AND COMMUNITY PARTICIPATION	Anika Schreiber, Assoc. Prof. Dr. Sahar Mohammadi

LATIN AMERICA 11th INTERNATIONAL CONFERENCE ON SCIENTIFIC RESEARCHES October 3 – 5, 2025 RIO DE JANEIRO Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224				
4 Ekim / October 4, 2025 / 15:30 – 17:30 Time zone in Turkey (GMT+3)				
Salon	Moderator		Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title	Authors
HALL / SALON 8	Dr. Jonathan Clarke	1	THE PHILOSOPHICAL IMPLICATIONS OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN HUMAN AGENCY AND MORAL RESPONSIBILITY	Emma Johansson Dr. Hiroshi Tanaka Isabella Moretti
		2	EXPLORING THE INTERSECTIONS OF ENVIRONMENTAL PHILOSOPHY AND ETHICS IN THE CONTEXT OF GLOBAL CLIMATE CHANGE RESPONSE	Dr. Carlos Martínez Assoc. Prof. Dr. Amina Said Fiona Campbell
		3	PHENOMENOLOGICAL INQUIRY INTO THE NATURE OF CONSCIOUSNESS AND SUBJECTIVE EXPERIENCE	Dr. Markus Weber Léa Dupont
		4	CRITICAL ANALYSIS OF FEMINIST PHILOSOPHY AND ITS CHALLENGES TO TRADITIONAL METAPHYSICAL THEORIES	Assoc. Prof. Dr. Sofia Dimitriou Dr. Priya Rao Zara Al-Khalil
		5	POLITICAL PHILOSOPHY AND THE ETHICS OF GLOBAL JUSTICE IN AN ERA OF INCREASING INEQUALITY	Dr. David Kim Amara Ndlovu Prof. Dr. Lucia Rossi
		6	MIND-BODY PROBLEM REVISITED: CONTEMPORARY THEORIES IN PHILOSOPHY OF MIND AND COGNITIVE SCIENCE	Dr. Jonathan Clarke
		7	RECONSIDERING THE CONCEPT OF HAPPINESS IN CONTEMPORARY ETHICAL THEORIES AND PSYCHOLOGICAL WELL-BEING	Prof. Dr. Olivia Bennett Dr. Samuel Okoro
		8	THE ROLE OF LANGUAGE IN SHAPING REALITY: A STUDY IN CONTEMPORARY PHILOSOPHICAL LINGUISTICS	Dr. Abdullah Al-Mutairi Assoc. Prof. Dr. Elise Fournier Mateo González
		7		

LATIN AMERICA 11th INTERNATIONAL CONFERENCE ON SCIENTIFIC RESEARCHES October 3 – 5, 2025 RIO DE JANEIRO Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224 4 Ekim / October 4, 2025 / 15:30 – 17:30 Time zone in Turkey (GMT+3)				
Salon	Moderator		Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title	Authors
HALL / SALON 9	Assoc. Prof. Dr. Bambang Saputra	1	INNOVATIVE STRATEGIES FOR SUSTAINABLE BUSINESS GROWTH IN EMERGING AFRICAN MARKETS	Assoc. Prof. Dr. Abdulrahman Umar Dr. Siti Nuraini Lecturer Fatima Zeghichi
		2	THE IMPACT OF DIGITAL TRANSFORMATION ON SUPPLY CHAIN RESILIENCE IN INDONESIAN MANUFACTURING SECTORS	Rizal Maulana Assoc. Prof. Dr. Aisha Bensalem Emmanuel Okoro
		3	EFFECTIVE LEADERSHIP MODELS FOR MANAGING REMOTE WORKFORCES IN TAJIKISTAN'S SERVICE INDUSTRY	Dr. Dilshod Saidov Assoc. Prof. Dr. Hening Wulandari Grace Mbatha
		4	CORPORATE SOCIAL RESPONSIBILITY AND ITS INFLUENCE ON BRAND LOYALTY IN NIGERIAN CONSUMER MARKETS	Kadija Ali Assoc. Prof. Dr. Bambang Saputra Modupe Adebayo
		5	STRATEGIC HUMAN RESOURCE MANAGEMENT PRACTICES TO IMPROVE EMPLOYEE RETENTION IN ALGERIAN SMEs	Amine Belkacem. Indah Kusumawati Assis. Prof. Dr. Tinashe Dzvairo
		6	THE ROLE OF ENTREPRENEURIAL FINANCE IN FOSTERING INNOVATION IN AFRICAN STARTUPS	Dr. Halima Oumar Assis . Prof. Dr. Dewi Handayani Rashid Alizoda
		7	ANALYSIS OF CONSUMER BEHAVIOR TRENDS IN DIGITAL MARKETING CAMPAIGNS WITHIN INDONESIAN E-COMMERCE PLATFORMS	Salah Eddine Belmokhtar Adeleke Johnson
		8	EXPLORING THE CHALLENGES AND OPPORTUNITIES OF WOMEN ENTREPRENEURS IN TAJIKISTAN'S ECONOMY	Assoc. Prof. Dr. Gulchekhra Rahimi Dr. Hendri Setiawan Dr. Mariam Sow

LATIN AMERICA 11th INTERNATIONAL CONFERENCE ON SCIENTIFIC RESEARCHES October 3 – 5, 2025 RIO DE JANEIRO Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224 4 Ekim / October 4, 2025 / 15:30 – 17:30 Time zone in Turkey (GMT+3)				
Salon	Moderator		Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title	Authors
HALL / SALON 10	Dr. Layla Hassan	1	THE IMPACT OF COMMUNITY-BASED INTERVENTIONS ON MENTAL HEALTH OUTCOMES IN URBAN POPULATIONS	. Helena Bergström Dr. Samuel Adeyemi Maria Gonzales
		2	EXPLORING THE ROLE OF SOCIAL WORKERS IN ADDRESSING DOMESTIC VIOLENCE IN MULTICULTURAL SETTINGS	Ahmed Al-Mutairi Dr. Fiona MacLeod Ricardo Fernandez
		3	SOCIAL WORK APPROACHES TO SUPPORTING REFUGEE CHILDREN IN EDUCATIONAL ENVIRONMENTS	Noor El-Sayed Tomislav Novak Dr. Lian Zhang
		4	THE EFFECTIVENESS OF ELDERLY CARE PROGRAMS IN PROMOTING SOCIAL INCLUSION AND WELL-BEING	Dr. Aisha Khan Prof. Dr. Jean-Pierre Leblanc
		5	ADDRESSING SUBSTANCE ABUSE THROUGH HOLISTIC SOCIAL WORK INTERVENTIONS	Dr. Layla Hassan Prof. Dr. Carlos Rivera
		6	THE ROLE OF SOCIAL WORK IN COMBATING YOUTH HOMELESSNESS IN MAJOR CITIES	Dr. Keiko Tanaka Daniel Mwangi
		7	INTEGRATING TECHNOLOGY IN SOCIAL WORK PRACTICES FOR REMOTE COMMUNITIES	Anika Johansson Dr. Mariana Costa
		8	SOCIAL WORK STRATEGIES FOR PROMOTING MENTAL HEALTH IN POST-CONFLICT SOCIETIES	Assoc. Prof. Dr. Abdul Rahman Dr. Sofia Marques Tom Havers

LATIN AMERICA 11th INTERNATIONAL CONFERENCE ON SCIENTIFIC RESEARCHES October 3 – 5, 2025 RIO DE JANEIRO Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224				
4 Ekim / October 4, 2025 / 15:30 – 17:30 Time zone in Turkey (GMT+3)				
Salon	Moderator		Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title	Authors
HALL / SALON 11	Assoc. Prof. Dr. Mehrbon Tursunov	1	ECONOMIC IMPACTS OF DIGITAL TRANSFORMATION ON SMALL AND MEDIUM ENTERPRISES IN DEVELOPING ECONOMIES	Nazarbek Sharipov Dr. Yasmine Boukhalfa
		2	ANALYSIS OF AGRICULTURAL SUBSIDY EFFECTS ON RURAL POVERTY AND FOOD SECURITY IN AFRICAN COUNTRIES	Assoc. Prof. Dr. Idrissa Koulibaly Dr. Rustam Ashurov
		3	MODELING THE EFFECTS OF REMITTANCES ON ECONOMIC GROWTH AND INCOME DISTRIBUTION IN EMERGING MARKETS	Prof. Dr. Hasan Rakhmonov Assoc. Prof. Dr. Jamila Cheriet
		4	THE ROLE OF MICROFINANCE IN EMPOWERING WOMEN ENTREPRENEURS IN RURAL AFRICA: A CASE STUDY APPROACH	Fatima Hassan Prof. Dr. Dodik Santoso
		5	IMPACT OF INFRASTRUCTURE DEVELOPMENT ON FOREIGN DIRECT INVESTMENT INFLOWS IN CENTRAL ASIAN ECONOMIES	Dilshod Rahmonov Dr. Rahayu Handayani
		6	EXPLORING THE RELATIONSHIP BETWEEN EDUCATION INVESTMENT AND ECONOMIC PRODUCTIVITY IN AFRICAN URBAN CENTERS	Assoc. Prof. Dr. Mehrbon Tursunov

CONTENTS

HÜCRESEL YAŞLANMADA MİTOKONDRİNİN ROLÜ	1
KANSERDE APOPTOZDA İNTRİNSİK YOLAK VE HEDEFE YÖNELİK TEDAVİLERDEKİ ÖNEMİ	10
PROSOSYAL DAVRANIŞLARDA EPİGENETİK FAKTÖRLERİN ROLÜ.....	21
OTİZM SPEKTRUM BOZUKLUĞUNDA EPİGENETİĞİN ÖNEMİ	30
HASTALIKTA VE SAĞLIKTA METABOLOEPİGENETİK	37
SOD1 50 BP INS/DEL POLİMORFİZMİNİN GENOTİPLENDİRİLMESİNDE HRM İLE PCR VE AGAROS JEL ELEKTROFOREZ YÖNTEMLERİNİN KARŞILAŞTIRILMASI.....	48
COMPARATIVE ANALYSIS OF YIELD COMPONENTS OF DIFFERENT COTTON VARIETIES: A CASE STUDY IN AZERBAIJAN	56
CIRCULAR ECONOMY APPLICATIONS IN AGRICULTURE: AN EVALUATION FROM TÜRKİYE’S PERSPECTIVE	64
POTENTIAL USE OF NANOPARTICLES IN FRUIT CULTIVATION.....	75
THE MASTERS OF DROUGHT IN NATURE: <i>CACTACEAE</i> FAMILY.....	90
TOXICITY AND ADVERSE EFFECTS OF ANTIBIOTICS	99
DIABETES MELLITUS IN DOGS	106
OĞUZ QRUPU TÜRK DİLLƏRİNDƏ ƏVƏZLİKLƏRİN	112
OXŞAR VƏ FƏRQLİ CƏHƏTLƏRİ.....	112
GEORGE SİMMEL’İN “PARANIN FELSEFESİ” ESERİ VE MODERN DÖNEMDE YÜKSELEN BİR DEĞER OLARAK PARA.....	120
THE ROLE OF SELF-AUDITION IN SCHOOL MANAGEMENT	128
AHMET ÜMİT ROMANLARINDA İSTANBUL’UN MEKANSAL KURGUSU VE EDEBİYAT TURİZMİ POTANSİYELİ	130
AGROTURİZM YOLUYLA YAYLA KÜLTÜRÜNÜN CANLANDIRILMASI: KÜLTÜREL VE MEKANSAL BİR DEĞERLENDİRME	133
RİTÜELDEN ESTETİĞE: HİTİTLERDE EVLİLİK GELENEKLERİNİN GÜNÜMÜZ ANADOLU KÜLTÜRÜ VE SANATINDAKİ İZLERİ	135
ENERGY DIPLOMACY AND GEOPOLITICAL LEVERAGE: RUSSIA–IRAN COOPERATION IN THE MIDDLE EAST	136
THE RELATIONSHIP BETWEEN RECREATIONAL ACTİVİTY MOTİVATION AND AWARENESS İN YOUNG ADULTS.....	137
CHANGES İN RECREATION AND LEISURE EXPERİENCES DURING THE PROCESS OF GAMBLİNG ADDİCTION: A PHENOMENOLOGİCAL STUDY	146
SOSYAL MEDYA ETKİLEYİCİLERİNİN TACİR STATÜSÜNE YÖNELİK DEĞERLENDİRME	163
TİCARİ İŞLETMENİN ANONİM ŞİRKETE DÖNÜŞÜMÜ.....	165

TENDÜREK VOLKANI CİVARINDAKİ GÜNCEL MİKRO DEPREMLERİN ODAK MEKANİZMASI ÇÖZÜMLERİ VE GERİLME TRANSFERİ: TEKTONİK-VOLKANİK ÇIKARIM	167
MUŞ VE CİVARINDAKİ (TÜRKİYE) GÜNCEL VE GELECEK DEPREM POTANSİYELİ/TEHLİKESİ ÜZERİNE İSTATİSTİKSEL BİR DEĞERLENDİRME.....	178
MONITORING AND CONTROL VIA THE NODE-RED PLATFORM WITH ARM-BASED PROCESSORS	189
VIBRATION-BASED FAULT DETECTION IN COOLING SYSTEMS	198
MATEMATİK FİZİKTE ORTAYA ÇIKAN PERİYODİK STURM-LIOUVILLE PROBLEMLERİ İÇİN RAYLEIGH ORANI	203
DENKLEMİNDE TEKİLLİĞE SAHİP OLAN SINIR-DEĞER PROBLEMLERİNİN ÖZDEĞER VE ÖZFONKSİYONLARININ BAZI ÖZELLİKLERİ.....	211
GENETİK ALGORİTMALARLA OPTİMİZE EDİLMİŞ MAKİNE ÖĞRENMESİ YAKLAŞIMIYLA UYKU BOZUKLUKLARININ TANILANMASI.....	220
KARDİYOASKÜLER HASTALIK TESPİTİNDE ÖZELLİK SEÇİMİ PROBLEMİ İÇİN İKİLİ ÇEKİRGE OPTİMİZASYON ALGORİTMASI.....	232
EXACT SOLUTION OF THE RELATIVISTIC FINITE-DIFFERENCE EQUATION FOR THE RING-SHAPED OSCILLATOR POTENTIAL.....	246
THE PREDICTION OF TOXIC AND ECOTOXIC EFFECTS OF SELECTED DINITROANILINES USING <i>IN SILICO</i> TOOLS	256
PHOTOCATALYTIC DEGRADATION OF CIPROFLOXACIN USING TIO ₂ -CUO AND TIO ₂ -ZNO BINARY COMPOSITES.....	265
GIDA SEKTÖRÜNE AİT DOĞAL KİMYASALLARIN KULLANILMASI İLE HAZIRLANMIŞ ÇÖZELTİLERİN SUCUPİRA ODUNU YÜZEYLERİNE UYGULANMASI VE SEÇİLMİŞ BAZI YÜZEY ÖZELLİKLERİNİN TESPİT EDİLMESİ.....	273
PIYASADA SATILAN FARKLI ÖZELLİKLERE SAHİP AHŞAP KORUYUCU YAĞLARININ YABANI KIRAZ ODUNUNDA UYGULANMASI	279
IRONWOOD ODUNUNDA AĞARTMA UYGULAMASI SONRASINDA MEYDANA GELEN YÜZEY DEĞİŞİMLERİNİN ARAŞTIRILMASI.....	285
ISIL İŞLEM GÖRMÜŞ İSVEÇ ÇAMINDA TAŞ VERNİĞİ VE SICAK SU BUHARININ RENK ÖZELLİKLERİNE ETKİSİ	291
THE PURPOSE OF USING CARBOHYDRATE SOURCES IN MEAT AND MEAT PRODUCTS: TECHNOLOGICAL, FUNCTIONAL AND NUTRITIONAL APPROACHES	300
N. ISCHIADICUS'UN KLİNİK ANATOMİSİ: ANATOMİK BİLGİNİN KLİNİK PRATİKTEKİ ÖNEMİ	307
N. FACIALIS PARALİZİSİ: KLİNİK VE ANATOMİK BİR BAKIŞ.....	311
BEDEN EĞİTİMİ VE SPOR DERSLERİNE KATILIMI ETKİLEYEN BİREYSEL FAKTÖRLERİN İNCELENMESİ	315
SPOR TESİSİ VE MALZEME EKSİKLİKLERİNİN BEDEN EĞİTİMİ ÖĞRETİMİNE ETKİSİ: AVRUPA VE TÜRKİYE KARŞILAŞTIRMASI.....	328
GENÇLİK VE SPOR HİZMETLERİ MÜDÜRLÜĞÜ ÇALIŞANLARI BAĞLAMINDA YEREL YÖNETİMLERDE DÖNÜŞÜMCÜ LİDERLİĞİN YENİLİKÇİ DAVRANIŞA YANSIMALARI.....	339

FARKLI SPOR BRANŞLARINDA UZMANLIK EĞİTİMİ ALAN ÜNİVERSİTE ÖĞRENCİLERİNİN BAZI TEMEL MOTOR ÖZELLİK GELİŞİMLERİNİN İNCELENMESİ	354
DIFFERENTIATION OF GENE EXPRESSION PROFILES IN LIVER AND KIDNEY TISSUES OF PIGS.....	366
DECISION TREES FOR PREDICTING RISK OF MORTALITY USING ROUTINELY COLLECTED DATA	367
SELENIUM LEVELS IN AGRICULTURAL SOILS AND CROPS OF THE BALKAN REGION	368
MODELING THE COMPLEX INTERACTIONS BETWEEN MIRNA DYSREGULATION AND BREAST CANCER PROGRESSION.....	369
MODELING THE COMPLEX RELATIONSHIP BETWEEN MIRNA DYSREGULATION AND BREAST CANCER PROGRESSION.....	370
PRELIMINARY ANALYSIS OF REAL-TIME HAND MOVEMENT RECOGNITION FOR UPPER-LIMB PROSTHETICS BASED ON ELECTROMYOGRAPHIC SIGNALS	371
ADVANCED SIMULATION PLATFORM FOR MEDICAL IMAGE FUSION AND LEARNING.....	372
VIRTUAL BIOLOGY LABORATORY FOR ENHANCED STUDENT LEARNING	373
INTEGRATING ONLINE LABORATORIES INTO SECONDARY BIOLOGY EDUCATION IN KAZAKHSTAN	374
BIOLOGICALLY INSPIRED REACTIVE AGENT MODELING USING X-MACHINES.....	375
CRYPTOGENIC FRESHWATER FISH BIODIVERSITY IN BANGLADESH	376
UNIFIED MODELS IN GENOME REARRANGEMENT AND SORTING PRIMITIVES IN BIOINFORMATICS ..	377
MOLECULAR IDENTIFICATION AND DIVERSITY ASSESSMENT OF AGRICULTURAL PESTS USING DNA BARCODING	378
ADVANCED MICROFLUIDIC TECHNIQUES FOR BIOMEDICAL AND BIOHEALTH APPLICATIONS	379
EVALUATING THE EFFECTIVENESS OF INTERPROFESSIONAL SIMULATION TRAINING ON COLLABORATIVE SKILLS AMONG HEALTHCARE UNDERGRADUATES	380
OPTIMIZING RESOURCE ALLOCATION IN DYNAMIC NETWORKS USING HEURISTIC METHODS	381
DEEP LEARNING-DRIVEN ANALYSIS FOR EARLY DETECTION OF CROP STRESS	382
INTELLIGENT DECISION-MAKING IN ORGANIZATIONAL STRATEGIES USING FUZZY LOGIC.....	383
ADAPTIVE STOCHASTIC GRADIENT METHODS FOR NON-CONVEX OPTIMIZATION	384
COSMIC INFLATION AND THE ROLE OF QUANTUM VACUUM FLUCTUATIONS.....	385
EXTENDED RÉNYI ENTROPY AND APPLICATIONS IN COMPLEX SYSTEMS	386
EXACT ANALYTICAL SOLUTION OF THIRD ORDER NONLINEAR DIFFERENTIAL EQUATIONS.....	387
APPLICATION OF MULTIVARIATE REGRESSION MODELS FOR ECONOMIC TREND PREDICTION: ANALYZING THE IMPACT OF ENERGY PRICES, NATIONAL OUTPUT, AND GDP GROWTH	388
ANCIENT TRADE ROUTES AND CULTURAL EXCHANGE IN ASIA.....	389
IMPACT OF COLONIALISM ON SOUTHEAST ASIAN POLITICAL STRUCTURES	390
RELIGIOUS TRANSFORMATIONS IN THE MIDDLE EAST FROM 7TH TO 15TH CENTURY.....	391
HISTORY OF SCIENCE AND TECHNOLOGY IN EAST ASIA	392
REVOLUTIONARY MOVEMENTS IN MODERN CENTRAL ASIA	393

ART AND ARCHITECTURE IN THE OTTOMAN EMPIRE	394
ENVIRONMENTAL HISTORY AND AGRICULTURAL PRACTICES IN ANCIENT CHINA.....	395
THE IMPACT OF CULTURAL BELIEFS AND TRADITIONAL NORMS ON FAMILY THERAPY OUTCOMES IN MIDDLE EASTERN SOCIETIES.....	396
INTERGENERATIONAL CONFLICTS, PARENTAL EXPECTATIONS, AND STRATEGIES FOR RESOLUTION IN MARRIAGE AND FAMILY THERAPY	397
THE ROLE OF EMOTIONAL INTELLIGENCE, SELF-AWARENESS, AND COPING SKILLS IN IMPROVING MARITAL SATISFACTION AND STABILITY	398
PARENTAL STRESS, WORK-LIFE BALANCE, AND THEIR IMPACT ON CHILD DEVELOPMENT AND FAMILY RELATIONSHIPS	399
ANALYZING COUPLE COMMUNICATION PATTERNS, CONFLICT RESOLUTION TECHNIQUES, AND THERAPEUTIC INTERVENTIONS FOR HEALTHIER RELATIONSHIPS	400
THE INFLUENCE OF RELIGIOUS BELIEFS, SPIRITUALITY, AND PRACTICES ON MARITAL RELATIONSHIPS AND FAMILY DYNAMICS	401
MANAGING FINANCIAL STRESS, ECONOMIC PRESSURES, AND RESOURCE ALLOCATION IN FAMILY SYSTEMS THROUGH MARRIAGE AND FAMILY THERAPY.....	402
THE EFFECTS OF TECHNOLOGY, SOCIAL MEDIA, AND DIGITAL COMMUNICATION ON FAMILY INTERACTIONS, COUPLE RELATIONSHIPS, AND THERAPEUTIC OUTCOMES.....	403
TRAUMA-INFORMED MARRIAGE COUNSELING: STRATEGIES FOR SUPPORTING FAMILIES EXPERIENCING PSYCHOLOGICAL, EMOTIONAL, AND SOCIAL TRAUMA	404
SUSTAINABLE URBAN HOUSING DESIGN STRATEGIES FOR RESILIENT COMMUNITIES.....	405
INTEGRATED FLOOD-RESILIENT INFRASTRUCTURE PLANNING FOR COASTAL CITIES.....	406
CROSS-CULTURAL PERSPECTIVES IN MODERN URBAN ARCHITECTURE	407
INNOVATIVE FINANCIAL MODELS FOR AFFORDABLE HOUSING IN EMERGING ECONOMIES.....	408
ARCHITECTURAL STRATEGIES FOR CLIMATE-ADAPTIVE PUBLIC SPACES.....	409
RISK ASSESSMENT AND SAFETY MANAGEMENT IN INDUSTRIAL URBAN ZONES	410
ADVANCES IN LIGHTING SIMULATION AND VISUAL COMFORT ANALYSIS IN CONTEMPORARY ARCHITECTURE	411
ELITE SUSTAINABLE URBAN DEVELOPMENT STRATEGIES: INTEGRATING GREEN SPACES AND SMART INFRASTRUCTURE	412
REVITALIZING HISTORIC CITY CENTERS THROUGH CONTEMPORARY LANDSCAPE DESIGN AND COMMUNITY ENGAGEMENT	413
ADVANCED MATERIALS AND TECHNOLOGIES IN MODERN ARCHITECTURE FOR ENERGY EFFICIENCY	414
BIODIVERSITY-FOCUSED URBAN PARK DESIGN: PROMOTING ECOLOGICAL CORRIDORS AND HABITAT RESTORATION.....	415
SMART MOBILITY AND INTEGRATED TRANSPORTATION PLANNING IN FUTURE CITIES	416
ARCHITECTURAL RESPONSES TO CLIMATE CHANGE: RESILIENT STRUCTURES AND FLOOD MANAGEMENT STRATEGIES.....	417

CULTURAL LANDSCAPES AND URBAN IDENTITY: PRESERVATION, ADAPTATION, AND COMMUNITY PARTICIPATION	418
THE PHILOSOPHICAL IMPLICATIONS OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN HUMAN AGENCY AND MORAL RESPONSIBILITY.....	419
EXPLORING THE INTERSECTIONS OF ENVIRONMENTAL PHILOSOPHY AND ETHICS IN THE CONTEXT OF GLOBAL CLIMATE CHANGE RESPONSE	420
PHENOMENOLOGICAL INQUIRY INTO THE NATURE OF CONSCIOUSNESS AND SUBJECTIVE EXPERIENCE	421
CRITICAL ANALYSIS OF FEMINIST PHILOSOPHY AND ITS CHALLENGES TO TRADITIONAL METAPHYSICAL THEORIES	422
POLITICAL PHILOSOPHY AND THE ETHICS OF GLOBAL JUSTICE IN AN ERA OF INCREASING INEQUALITY	423
MIND-BODY PROBLEM REVISITED: CONTEMPORARY THEORIES IN PHILOSOPHY OF MIND AND COGNITIVE SCIENCE.....	424
RECONSIDERING THE CONCEPT OF HAPPINESS IN CONTEMPORARY ETHICAL THEORIES AND PSYCHOLOGICAL WELL-BEING	425
THE ROLE OF LANGUAGE IN SHAPING REALITY: A STUDY IN CONTEMPORARY PHILOSOPHICAL LINGUISTICS	426
INNOVATIVE STRATEGIES FOR SUSTAINABLE BUSINESS GROWTH IN EMERGING AFRICAN MARKETS. 427	
THE IMPACT OF DIGITAL TRANSFORMATION ON SUPPLY CHAIN RESILIENCE IN INDONESIAN MANUFACTURING SECTORS.....	428
EFFECTIVE LEADERSHIP MODELS FOR MANAGING REMOTE WORKFORCES IN TAJIKISTAN’S SERVICE INDUSTRY.....	429
CORPORATE SOCIAL RESPONSIBILITY AND ITS INFLUENCE ON BRAND LOYALTY IN NIGERIAN CONSUMER MARKETS	430
STRATEGIC HUMAN RESOURCE MANAGEMENT PRACTICES TO IMPROVE EMPLOYEE RETENTION IN ALGERIAN SMES.....	431
THE ROLE OF ENTREPRENEURIAL FINANCE IN FOSTERING INNOVATION IN AFRICAN STARTUPS.....	432
ANALYSIS OF CONSUMER BEHAVIOR TRENDS IN DIGITAL MARKETING CAMPAIGNS WITHIN INDONESIAN E-COMMERCE PLATFORMS.....	433
EXPLORING THE CHALLENGES AND OPPORTUNITIES OF WOMEN ENTREPRENEURS IN TAJIKISTAN’S ECONOMY	434
THE IMPACT OF COMMUNITY-BASED INTERVENTIONS ON MENTAL HEALTH OUTCOMES IN URBAN POPULATIONS	435
EXPLORING THE ROLE OF SOCIAL WORKERS IN ADDRESSING DOMESTIC VIOLENCE IN MULTICULTURAL SETTINGS	436
SOCIAL WORK APPROACHES TO SUPPORTING REFUGEE CHILDREN IN EDUCATIONAL ENVIRONMENTS	437

THE EFFECTIVENESS OF ELDERLY CARE PROGRAMS IN PROMOTING SOCIAL INCLUSION AND WELL-BEING.....	438
ADDRESSING SUBSTANCE ABUSE THROUGH HOLISTIC SOCIAL WORK INTERVENTIONS.....	439
THE ROLE OF SOCIAL WORK IN COMBATING YOUTH HOMELESSNESS IN MAJOR CITIES.....	440
INTEGRATING TECHNOLOGY IN SOCIAL WORK PRACTICES FOR REMOTE COMMUNITIES.....	441
SOCIAL WORK STRATEGIES FOR PROMOTING MENTAL HEALTH IN POST-CONFLICT SOCIETIES.....	442
THE INFLUENCE OF CULTURAL COMPETENCY TRAINING ON SOCIAL WORK EFFECTIVENESS.....	443
ECONOMIC IMPACTS OF DIGITAL TRANSFORMATION ON SMALL AND MEDIUM ENTERPRISES IN DEVELOPING ECONOMIES	444
ANALYSIS OF AGRICULTURAL SUBSIDY EFFECTS ON RURAL POVERTY AND FOOD SECURITY IN AFRICAN COUNTRIES	445
MODELING THE EFFECTS OF REMITTANCES ON ECONOMIC GROWTH AND INCOME DISTRIBUTION IN EMERGING MARKETS.....	446
THE ROLE OF MICROFINANCE IN EMPOWERING WOMEN ENTREPRENEURS IN RURAL AFRICA: A CASE STUDY APPROACH.....	447
IMPACT OF INFRASTRUCTURE DEVELOPMENT ON FOREIGN DIRECT INVESTMENT INFLOWS IN CENTRAL ASIAN ECONOMIES	448
EXPLORING THE RELATIONSHIP BETWEEN EDUCATION INVESTMENT AND ECONOMIC PRODUCTIVITY IN AFRICAN URBAN CENTERS.....	449

HÜCRESEL YAŞLANMADA MİTOKONDRİNİN ROLÜ

Şükriye Beyza Koparan^{1*}, Prof.Dr. Sacide Pehlivan^{2*}

^{1*} İstanbul Üniversitesi, Tıp Fakültesi,
Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Tıbbi
Biyoloji Anabilim Dalı,
beykoparan@gmail.com- ORCID ID:
0009-0005-9513-5171

^{2*} İstanbul Üniversitesi, Tıp Fakültesi,
Tıbbi Biyoloji Anabilim Dalı,
sacide.pehlivan@istanbul.edu.tr-
ORCID ID: 0000-0003-1272-5845

ÖZET

Yaşlanma, organizmalarda zamanla meydana gelen, yapısal ve işlevsel kapasite kaybına yol açan karmaşık ve çok yönlü bir biyolojik süreçtir. Genomik instabilite, telomer kısalması, epigenetik değişiklikler, proteostaz bozulması, düzensiz besin algılama, mitokondriyal disfonksiyon ve hücre senesans gibi hücre ve moleküler düzeydeki değişimler, yaşlanmanın belirleyici biyolojik özellikleri arasında yer almaktadır.

Bu süreçte mitokondriler, hücre enerji metabolizmasının merkezinde yer alarak yaşlanmanın hem nedeni hem de sonucu olarak kritik bir rol üstlenmektedir. Mitokondriler, yalnızca adenozin trifosfat (ATP) üretiminde değil, aynı zamanda reaktif oksijen türleri (ROS) üretimi, kalsiyum homeostazı, apoptoz regülasyonu ve hücre redoks dengesinin sağlanması gibi çok sayıda yaşamsal işlevde görev alırlar.

Yaşlanan hücrelerde mitokondriyal biyogenez, dinamikler (füzyon, fisyon, mitofaji) ve enerji üretim yolları (özellikle OXPHOS) bozulmakta; mitokondriyal membran potansiyelinde düşüş ve ROS üretiminde artış gözlenmektedir. ROS'un aşırı üretimi, telomerik DNA hasarı başta olmak üzere genetik yapıya zarar vererek DNA hasar yanıtı (DDR) ve hücre senesans mekanizmalarını tetikler.

Ayrıca yaşlanma sürecinde glikolize artan bağımlılık, NAD⁺/NADH oranlarında dengesizlik ve TCA döngüsündeki metabolit değişimleri mitokondriyal metabolizmanın yaşlanmadaki merkezi rolünü daha da pekiştirmektedir. Mitofajinin azalması sonucunda işlevsel olmayan mitokondrilerin hücre içinde birikmesi ise yaşa bağlı doku disfonksiyonlarına ve inflamatuvar yanıtı katkı sağlamaktadır.

Mitokondri kaynaklı bu değişikliklerin yaşlanmaya özgü bir senesans yanıtı olan MiDAS ile doğrudan ilişkili olduğu gösterilmiştir. Bu bağlamda yaşlanma biyolojisini ve mitokondrilerin yaşlanma üzerindeki belirleyici etkilerini anlamak, yaşlanma karşıtı terapötik hedeflerin geliştirilmesi ve yaşa bağlı hastalıkların önlenmesi açısından büyük önem arz etmektedir.

Anahtar kelimeler: Mitokondri, Hücre yaşlanma, mtDNA, reaktif oksijen türleri (ROS).

THE ROLE OF MITOCHONDRIA IN CELLULAR AGING

Şükriye Beyza Koparan ^{1*}, Prof.Dr. Sacide Pehlivan ^{2*}

^{1*} İstanbul Üniversitesi, Tıp Fakültesi,
Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Tıbbi
Biyoloji Anabilim Dalı,
beykoparan@gmail.com- ORCID ID:
0009-0005-9513-5171

^{2*} İstanbul Üniversitesi, Tıp Fakültesi,
Tıbbi Biyoloji Anabilim Dalı,
sacide.pehlivan@istanbul.edu.tr-
ORCID ID: 0000-0003-1272-5845

ABSTRACT

Aging is a complex and multifactorial biological process that occurs over time in organisms, leading to a gradual loss of structural and functional capacity. Cellular and molecular changes such as genomic instability, telomere shortening, epigenetic alterations, loss of proteostasis, dysregulated nutrient sensing, mitochondrial dysfunction, and cellular senescence are among the hallmarks of aging. In this process, mitochondria play a critical role as both a cause and a consequence of aging, being at the center of cellular energy metabolism.

Mitochondria are not only responsible for adenosine triphosphate (ATP) production but also involved in vital functions such as reactive oxygen species (ROS) generation, calcium homeostasis, regulation of apoptosis, and maintenance of cellular redox balance.

In aging cells, mitochondrial biogenesis, dynamics (fusion, fission, mitophagy), and energy production pathways (especially OXPHOS) become impaired; a decline in mitochondrial membrane potential and an increase in ROS production are observed. Excessive ROS production damages the genetic material, particularly telomeric DNA, triggering the DNA damage response (DDR) and cellular senescence mechanisms.

Moreover, increased reliance on glycolysis, imbalances in NAD⁺/NADH ratios, and alterations in TCA cycle metabolites during aging further emphasize the central role of mitochondrial metabolism in this process. The accumulation of dysfunctional mitochondria due to decreased mitophagy contributes to age-related tissue dysfunction and inflammatory responses.

These mitochondria-related changes have been shown to be directly associated with a senescence response specific to aging, known as MiDAS (Mitochondrial Dysfunction-Associated Senescence). In this context, understanding the biology of aging and the pivotal role of mitochondria in this process is of great importance for developing anti-aging therapeutic targets and preventing age-related diseases.

Keywords: Mitochondria, Cellular senescence, mtDNA, reactive oxygen species (ROS).

1.GİRİŞ

1.1. YAŞLANMA

Yaşlanma, genomik instabilite, telomer aşınması, epigenetik değişiklikler, proteostaz kaybı, düzensiz besin algılama, mitokondriyal disfonksiyon, hücre senesans, kök hücre tükenmesi ve değişmiş hücreler arası iletişim dahil olmak üzere yaşlanmanın belirgin özellikleriyle yönlendirilen kompleks bir süreçtir. Bu ayırt edici özelliklerden hücre senesans, doğrudan yaşlanmanın ve yaşa bağlı hastalıkların temel itici gücü olarak gösterilmiştir [1]

Ayrıca yaşlanma, artan morbidite ve mortalite olasılığıyla ilişkili olarak işlevsellik ve organizmaların yeniden üretilebilirliğinde zamana bağlı kalıcı değişiklik olarak tanımlanmaktadır [2]. Yaşlanmanın bir sebebi olan hücre düzeyinde yaşlanma ilk olarak Hayflick ve Moorhead tarafından tanımlanmıştır ve bunlar insan birincil fibroblastlarının bölünme yeteneğinin sınırlı olduğunu göstermiştir.

Bu durum Hayflick sınırı olarak bilinir ve telomerlerin çoğalma süreci nedeniyle uzunluklarını koruyamamasından kaynaklanır. Sonuç olarak, hücreler çoğalma kapasitelerini kaybeder ve geri döndürülemez hücre döngüsü durması durumuna girer, daha sonra hücre senesans olarak adlandırılır [2]

Hücreler birçok stres faktörünün etkisi sonucu yaşlılık durumuna geçebildiklerinden, farklı tipteki yaşlanmalar kronolojik indükleyicilerine göre adlandırılmıştır:

Çizelge 1. Yaşlanma türleri

Replikatif yaşlanma	Geri döndürülemez proliferasyon durmasına ulaşana kadar kültürde pasajlanan hücreler için
Onkogen kaynaklı yaşlanma (OİS)	Öncelikli olarak RAS olmak üzere bir onkogeni aşırı ifade eden hücreler için
Terapi kaynaklı yaşlanma (TİS)	Yüksek ancak öldürücü olmayan dozlarda ilaç veya kimyasallara maruz kalan hücreler için
Mitokondriyal disfonksiyon kaynaklı yaşlanma (MİDAS)	Derin mitokondriyal bozulmalar geçiren hücreler için
İmmünolojik olarak kaynaklı yaşlanma	Aşırı proinflatuar faktörlere maruz kalan hücreler için

Tüm bu durumlar ortak özelliklere sahiptir ancak aynı zamanda yaşlılık fenotiplerinin büyük bir heterojenite potansiyelini vurgulayan benzersiz özelliklerle de ilişkilidir (şekil 1) [3].

2. MİTOKONDRI

Mitokondriler, kendi dairesel genomları olan, mitokondriyal DNA'ya (mtDNA) sahip çift zarlı organellerdir ve konak genomundan bağımsız olarak çoğalır. Mitokondriler, adenosin trifosfat

(ATP) üretimi ve besin metabolizmasının düzenlenmesi, kalsiyum homeostazı ve programlanmış hücre ölümü dahil olmak üzere çeşitli ve bağlantılı işlevlerde yer alır. Neredeyse tüm ökaryotik hücrelerin sitoplazmasında, homeostazlarını sürdürmek ve hücrenin ihtiyaçlarına göre enerji üretimini uyarlamak için koordineli biyogenez, füzyon, fisyon ve bozunma (mitofaji) döngülerinden geçen oldukça aktif ağlar olarak bulunurlar [4]

Mitokondri, hücrenin enerji üretim merkezidir ve başlıca görevi oksidatif fosforilasyon (OXPHOS) yoluyla ATP üretmektir. Bu süreçte mitokondri tarafından elektron taşıma zinciri (ETC) kompleksleri aracılığıyla elektron transferi gerçekleşir ve bu transfer sırasında oluşan proton gradyanı sayesinde ATP sentaz aracılığıyla enerji üretilir.

Aynı zamanda mitokondriler, hücre metabolizma, hücre döngüsü, inflamasyon gibi birçok yaşamsal sürecin düzenlenmesinde rol oynar. Mitokondriyal disfonksiyon, hücre yaşlanma ve yaşlanan dokularla ilişkili temel biyobelirteçlerden biri olmakla birlikte [5] yaşlanmanın ayırt edici özelliklerinden biridir ve hücre yaşlanmayla yakından ilişkili olduğu ve yaşlanmayla ilişkili fenotiplerde değişikliklere yol açtığı gösterilmiştir [6]. Mitokondriler yaşlanma fenotiplerinin potansiyel itici güçleridir. İşlevsiz mitokondriler yaşla birlikte birikir ve büyük ölçüde post-mitotik hücrelerden oluşan dokularda (örneğin kas hücreleri ve nöronlar) en iyi şekilde belgelenmiştir. Fare modellerinden elde edilen, mitokondrilerin tehlikeye girdiğinde bu dokuların yaşa bağlı dejenerasyon yaşadığına dair kanıtlar mevcuttur [7].

Yaşlı hücrelerde mitokondri başına düşen solunum kapasitesi azalırken, mitokondriyal membran potansiyeli (MMP) de düşer. Yaşlanma sürecinde mitokondriyal kütle genellikle artsa da, bu artış mitokondriyal fonksiyonların iyileştiği anlamına gelmez; aksine, mitofajinin azalması nedeniyle işlevsiz mitokondriler birikir [5].

2.1. YAŞLANMA VE İÇSEL YOLAK

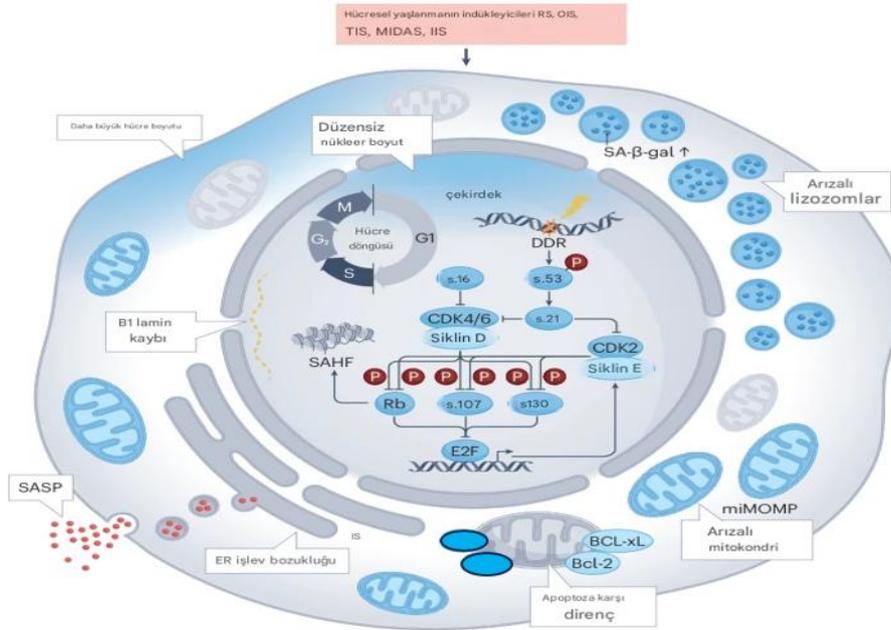
Senesans hücrelerin önemli bir ortak özelliği, öncelikle CDKN1A tarafından kodlanan p21 CIP1 ve p16^{INK4A} (CDKN2A) olmak üzere siklin bağımlı kinaz (CDK) inhibitörlerinin yukarı düzenlenmesidir. Bu proteinler tarafından CDK-siklin komplekslerinin kalıcı inhibisyonu, hipofosforile edilmiş Rb, p107 ve p130 proteinlerine ve sonuç olarak hücre döngüsü ilerlemesi için gerekli olan E2F hedef genlerinin aşağı düzenlenmesine neden olur.

Senesans hücreler, mitoz blokları nedeniyle morfolojik ve yapısal değişiklikler gösterir; bu değişiklikler arasında çok çekirdeklilik, düzensiz nükleer yapı ve lamin B1 kaybı yer alır. Retinoblastom proteini (Rb), özellikle insan hücrelerinde senesansla ilişkili heterokromatin odaklarının oluşumunu destekleyerek proliferasyonun durdurulmasına katkıda bulunur. Çözülemez DNA hasar yanıtı (DDR), p53'ün aktivasyonu ve serin fosforilasyonu aracılığıyla senesansı indükleyen başlıca mekanizmadır.

Senesans hücrelerin önemli bir diğer özelliği, senesansla ilişkili salgısal fenotip (SASP) gelişimidir. SASP, proinflamatuvar ve büyüme faktörlerini içeren bir sekretom olarak tanımlanmıştır ve SASP'nin sadece proteinleri değil, aynı zamanda lipitler, hücre dışı veziküller ve kodlamayan nükleik asitleri de içerdiği bilinmektedir [3].

- Senesans hücrelerin özelliği olan SASP ; senesans hücreler tarafından salgılanan faktörler arasında ;
- interlökinler 6, 7 ve 8 (IL-6, IL-7, IL-8),
- Monosit Kemo-çekici Protein 2 (MCP-2),
- Makrofaj İnflamatuar Protein 3α (MIP-3α),
- Büyüme Düzenlenmiş Onkogen alfa (GROα), Hepatosit Büyüme Faktörü (HGF),
- İnsülin Benzeri Büyüme Faktörü Bağlayıcı Protein (IGFBP) ve diğerleri bulunur.
- SASP'de bulunan belirli sitokinler ve kemokinler, bunların temizlenmesini teşvik etmek için bağışıklık sistemi hücrelerini çekebilir ve aktive edebilir [8]
- SASP, hem otokrin hem de parakrin etkilerle doku mikroçevresini etkileyerek yaşlanma sürecine katkıda bulunur [9]. Aynı zamanda senesans hücreler doğrudan hücre içi transferle bitişik hücreleri de etkileyebilir [8]

SASP'nin başlıca tetikleyicisi DDR olsa da, bazı SASP bileşenleri DDR'den bağımsızdır. SASP bileşimi, hücrel ve çevresel faktörlere bağlı değişebilir ve çok aktiftir. SASP oluşumunda NF-κB, p38 MAPK, mTOR ve cGAS–STING yolları ile epigenetik düzenleyiciler oldukça önemlidir. Senesansın bu moleküler ve hücrel adaptasyonları, hem lokal hem de sistemik düzeyde biyolojik süreçleri etkileyerek yaşlanma ve hastalık süreçlerinde önemli rol oynar [3]



Görsel 1. Hücrel yaşlanmanın özellikleri, 2024

Yaşlanmayla bağlantılı olan protein deasetilazlar, desüksinilazlar, demalonilazlar, deasilazlar ve ADP-riboz transferazlar olan sirtuinlerin (SIRT'ler) senesansı düzenleme yeteneği için yapılan bir çalışmada mitokondriyal SIRT'ler SIRT3'ü ve daha az ölçüde SIRT5'i senesansın baskılayıcıları ve SASP'nin modülatörleri olarak tanımlanmıştır.

Diğer mitokondriyal bozukluklar, mitokondriyal işlev bozukluğuyla ilişkili senesans gibi (MiDAS) benzer bir senesans fenotipine neden olmuştur. Ayrıca MiDAS'ın, azalmış bir NAD⁺/NADH oranından, AMPK aktivasyonundan ve daha sonra tümör baskılayıcı p53'ten kaynaklandığını ve bunun da SASP'nin IL-1 aracılı kolunu sınırladığını gösterilmiştir.

IL-1'e bağlı SASP faktörlerinden yoksun olmasına rağmen, MiDAS SASP yağ hücresi farklılaşmasını baskılamış ve keratinosit farklılaşmasına katkıda bulunmuştur. Bu fenotipler kültürlenmiş insan hücrelerinde ve mitokondriyal işlev bozukluğu yoluyla erken yaşlanmanın bir fare modelinde gerçekleşmiş olup, türler arasında ve canlıda mitokondriyal işlev bozukluğunu ve yaşlanmayı bir alt küme senesans fenotipleri ile birbiriyle bağdaştırmıştır [7]

2.2. YAŞLANMA VE MİTOKONDRI

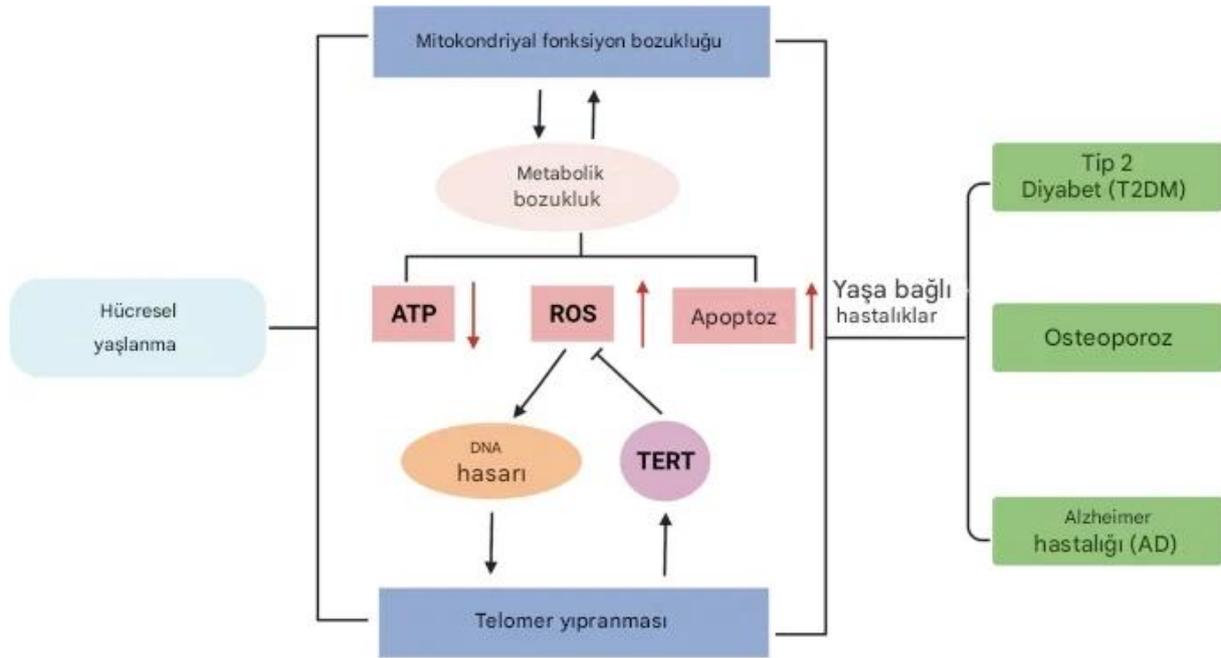
Yaşlı hücrelerde enerji metabolizması değişir; OXPHOS'a bağımlılık azalırken, glikolize olan bağımlılık artar. Ayrıca mitokondri içinde aşırı kalsiyum (Ca²⁺) birikimi de mitokondriyal hasara ve yaşlanmaya katkıda bulunur [10]

Enerji metabolizması hücre yaşlanması üzerinde düzenleyici bir etkiye sahiptir ve hücre enerjisi esas olarak karbonhidratlar, lipitler ve proteinler gibi organik maddelerin oksidatif ayrışmasından gelir. Ara ürünlerden biri olan glikoz, vücutta çoğunlukla mitokondriyal oksidatif fosforilasyon, glikoliz, glukoneogenez ve pentoz fosfat yolları aracılığıyla oksitlenen ve parçalanan çeşitli biyosentez süreçlerine katılır.

Bu nedenle, bu süreçlerde yer alan mekanizmaları ve mitokondriyal metabolizmanın hücre yaşlanmayı ve fenotipik özelliklerini nasıl etkilediğini anlamak, yaşlanma karşıtı ilaçların araştırılması ve geliştirilmesi ve yaşa bağlı hastalıkların tedavisi için kritik öneme sahiptir [6].

Mitokondriyal disfonksiyonla ilgili yapılan bir çok çalışma, mitokondriyal anormalliğin yaşlanmayla ilişkili fenotiplerin gelişimini kolaylaştırdığını ve hücre döngüsü ilerlemesini engellediğini doğrulamıştır. Mitokondriyal reaktif oksijen türlerinin (ROS) ve Sirtuinlerin tükenmesi yaşlanmaya aracılık edebilir ve mitokondriyal işlev bozukluğu sonunda hücre yaşlanmasına, mitokondriyal işlev bozukluğuyla ilişkili yaşlanma tepkisi (MiDAS) olarak bilinen reaksiyona yol açar [3, 6].

Reaktif oksijen türleri (ROS), bu süreçte temel etkili ajanlar olup, antioksidan savunma mekanizmalarının (örneğin SOD3 enzimi veya Mito-Q gibi mitokondri hedefli antioksidanlar) telomer aşınmasını azalttığı ve hücre ömrünü uzattığı tespit edilmiştir. ROS'un kaynağının büyük ölçüde mitokondriyal disfonksiyona dayandığı düşünülmektedir. Mitokondri kaynaklı ROS, telomer kısalmasını hızlandırmakta ve telomerik DNA'ya zarar vermektedir. Bu süreç Alzheimer, kardiyovasküler hastalıklar, multipl skleroz ve bazı mitokondriyal bozukluklarla ilişkili bulunmuştur [11].



Görsel 2. Hücresel yaşlanma,2022

Çeşitli senesans modellerinde oksidatif fosforilasyon (OXPHOS) fonksiyonundaki kusurlar gözlemlenmiştir ve bu durum senesans ile OXPHOS yetersizliği arasındaki nedensel ilişkiyi doğrulamaktadır. Örneğin, demir şelasyonu ile indüklenen senesans, Chang normal karaciğer hücrelerinde p27kip1 aracılı hücre döngüsü durmasının aktivasyonundan önce gelen kompleks II aktivitesinin azalmasını içermektedir.

Benzer şekilde, TGF- β 1'in Mv1Lu vizon akciğer epitel hücrelerinde indüklediği senesans, kompleks IV'ün inhibisyonunu içermiştir ve bu da mitokondriyal ROS oluşumuna ve MMP'nin kalıcı bozulmasına neden olarak senesansı tetiklemektedir [5].

Senesans sürecinde mitokondriler, biyoenerjetik rollerinin ve redoks sinyalizasyonundaki katkılarının yanı sıra işlevsel bozuklukları nedeniyle merkezde yer alır. Yaşlanmanın erken dönemlerinde mitokondriyal oksidatif fosforilasyon (OXPHOS) bozulur, ROS üretimi artar ve bu da DNA hasarına ve DNA hasar yanıtının (DDR) aktivasyonuna yol açar.

Bu durum yaşlanmayı daha da derinleştirir. Ayrıca yaşlanan hücrelerde NAD⁺/NADH oranlarında değişiklikler, TCA döngüsü metabolitlerinde kaymalar ve mitokondriyal dinamiklerde (füzyon, fisyon, mitofaji) bozulmalar gözlenir. Tüm bu değişiklikler, yaşlanmanın metabolik temelini oluşturur ve mitokondrilerin yaşlanmadaki belirleyici rolünü gösterir [11].

2.3. MİTOSTAZ

Mitostaz, mitokondrilerin niceliksel ve niteliksel dengesini koruyan hücrel homeostatik mekanizmaların genel adıdır. Bu mekanizmalar, enerji ihtiyacına göre mitokondri sayısını ve işlevini ayarlayarak hücre sağlığını sürdürür. Mitokondri biyogenezi, taşıma, fisyon, füzyon ve hasarlı mitokondrilerin temizlenmesi gibi süreçler mitostazın temel bileşenleridir.

Mitokondriyal işlevin bozulması; yaşlanma, kas atrofisi ve nörodejeneratif hastalıkların gelişimine katkı sağlayabilir. Oksidatif stres ve hipoksi gibi çevresel koşullar, mitokondriyal temizlenmeyi tetikleyerek bu dengeyi doğrudan etkiler. Ayrıca, bazı yaygın kullanılan ilaçlar (örneğin asetaminofen, antibiyotikler, metamfetamin, NSAID'ler, statinler) mitokondriyal hasara ve mtDNA'ya zarar verebilir.

Mitostazın bozulması, ETC'nin çalışmaması, membran potansiyelinin kaybı ve metabolit taşınımında aksaklık gibi durumlarla sonuçlanabilir. Bu nedenle mitostaz, hücrel bütünlüğün korunması ve patolojik süreçlerin önlenmesi açısından kritik öneme sahiptir [12]

3. SONUÇ VE GELECEK PERSPEKTİFLERİ

Mitokondriyal disfonksiyonun hem ROS üretiminde hem de telomer aşınmasında temel bir rol oynadığı açıktır. Bununla birlikte mitokondriler ile hücrel yaşlanma arasında karşılıklı ve karmaşık geri bildirim döngüleriyle tanımlanan çift yönlü bir ilişki olduğunu görülmektedir. Mitokondrinin bu süreçteki rolü, yalnızca oksidatif stresle sınırlı olmayıp çok daha geniş kapsamlıdır. Bu nedenle, mitokondriyal homeostazdaki bozulmalar hem yaşlanmanın nedeni hem de sonucu olabilir

Bu bulgular, yaşlanma biyolojisi ve yaşa bağlı hastalıkların moleküler mekanizmalarının daha iyi anlaşılması açısından büyük önem taşımaktadır. Gelecekteki çalışmalar, mitokondriyal hedefli antioksidan stratejilerin yaşlanmanın önlenmesinde potansiyel bir tedavi olabileceğini düşündürmektedir.

KAYNAKÇA

1. Zhang, L., Pitcher, L.E., Yousefzadeh, M.J., Niedernhofer, L.J., Robbins, P.D. and Zhu, Y., Cellular senescence: a key therapeutic target in aging and diseases. *The Journal of Clinical Investigation*, 2022.
2. Csekés, E. and L. Račková, *Skin Aging, Cellular Senescence and Natural Polyphenols*. Int J Mol Sci, 2021.
3. Wang, B., Han, J., Elisseff, J.H. and Demaria, M., The senescence-associated secretory phenotype and its physiological and pathological implications. *Nature Reviews Molecular Cell Biology*, 2024
4. Camacho-Encina, M., Booth, L.K., Redgrave, R.E., Folaranmi, O., Spyridopoulos, I. and Richardson, G.D., Cellular senescence, mitochondrial dysfunction, and their link to cardiovascular disease. *Cells*, 2024.
5. Miwa, S., Kashyap, S., Chini, E. and von Zglinicki, T., Mitochondrial dysfunction in cell senescence and aging. *The Journal of clinical investigation*, 2022

6. Srinivas, N., S. Rachakonda, and R. Kumar, *Telomeres and Telomere Length: A General Overview*. Cancers (Basel), 2020.
7. Wiley, C.D., Velarde, M.C., Lecot, P., Liu, S.U., Sarnoski, E.A., Freund, A., Shirakawa, K., Lim, H.W., Davis, S.S., Ramanathan, A. and Gerencser, A.A., Mitochondrial dysfunction induces senescence with a distinct secretory phenotype. *Cell metabolism*, 2016
8. Triana-Martínez, F., Pedraza-Vázquez, G., Maciel-Barón, L.A. and Königsberg, M., Reflections on the role of senescence during development and aging. *Archives of biochemistry and biophysics*, 2016
9. Gaspar, T.B., et al., *Telomere Maintenance Mechanisms in Cancer*. Genes, 2018. **9**(5): p. 241.
10. Gao, X., Yu, X., Zhang, C., Wang, Y., Sun, Y., Sun, H., Zhang, H., Shi, Y. and He, X., Telomeres and mitochondrial metabolism: implications for cellular senescence and age-related diseases. *Stem Cell Reviews and Reports*, 2022
11. Vasileiou, P. V. S., Evangelou, K., Vlasis, K., Fildisis, G., Panayiotidis, M. I., Chronopoulos, E., Passias, P. G., Kouloukoussa, M., Gorgoulis, V. G., & Havaki, S. *Homeostasis and Cellular Senescence*. Cells, 2019.
12. Panda, M., M. Markaki, and N. Tavernarakis, *Mitostasis in age-associated neurodegeneration*. Biochimica et Biophysica Acta (BBA) - Molecular Basis of Disease, 2025.

KANSERDE APOPTOZDA İNTRİNSİK YOLAK VE HEDEFE YÖNELİK TEDAVİLERDEKİ ÖNEMİ

TUĞÇE KARADAĞ^{1*}, Prof. Dr. SACİDE PEHLİVAN^{2*}

^{1*} İstanbul Üniversitesi, Tıp Fakültesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Tıbbi Biyoloji Anabilim Dalı, tugceroglu22@gmail.com- ORCID ID: 0009-0004-3472-4506

^{2*} İstanbul Üniversitesi, Tıp Fakültesi, Tıbbi Biyoloji Anabilim Dalı, sacide.pehlivan@istanbul.edu.tr- ORCID ID: 0000-0003-1272-5845

ÖZET

Programlanmış hücre ölümü olarak apoptosis, tüm canlı organizmalarda temel bir fizyolojik süreç olmakla birlikte; doku homeostazını korumada, organizma gelişimini düzenlemede ve hasarlı hücreleri ortadan kaldırmada önemli bir rol oynayan evrimsel olarak korunan bir hücre ölüm yoludur. Apoptosis içsel ve dışsal yollar olmak üzere hücrede iki farklı mekanizma üzerinden aktive edilebilir. İçsel yolağı aktive eden hücre içi sinyaller arasında; DNA hasarı, endoplazmik retikulum stresi, kalsiyum dengesizliği, reaktif oksijen türleri (ROS) birikimi, büyüme faktörü yoksunluğu ve sitokin yoksunluğu bulunur. Apoptozis içsel yolağı mitokondri yolağı olarak da adlandırılır ve insanlarda 27 üyeden oluşan Bcl-2 protein ailesi, mitokondriyal yolağın temel düzenleyicisi olarak görev yapar. İçsel apoptotik yoldaki bozulmaların kanser hücrelerinin apoptozdan kaçmasını sağladığı iyi bilinmektedir. Kanser hücreleri apoptozdan kaçmak için farklı mekanizmalardan yararlanırlar: anti-apoptotik Bcl-2 ailesi proteinlerini (Bcl-2, Bcl-xL ve Mcl-1 gibi) aşırı ifade ederler; pro-apoptotik BH3-sadece proteinlerini veya BAX/BAK'ı inaktive eden mutasyonlar edinirler ve özellikle XIAP ve Survivin olmak üzere apoptoz inhibitörü proteinlerini (IAP'ler) aşırı üretirler. Bu değişiklikler apoptozun baskılanmasına katkıda bulunarak kanser hücrelerinin hayatta kalmasını ve tedaviye karşı direnç geliştirmesini teşvik eder. Bu nedenle, içsel apoptoz yolunu hedeflemek, kanser tedavisinde önemli bir stratejidir. Bu derlemenin amacı, kanserin önlenmesi için apoptozun içsel yolunu hedef alarak geliştirilen terapötik ajanlara ilişkin bir perspektif sunmaktır.

Anahtar kelimeler: Apoptoz içsel yolağı, kanser, tedavi.

INTRINSIC PATHWAY IN APOPTOSIS IN CANCER AND ITS IMPORTANCE IN TARGETED THERAPIES

TUĞÇE KARADAĞ^{1*}, Prof. Dr. SACİDE PEHLİVAN^{2*}

1* Istanbul University, Faculty of Medicine, Institute of Health Sciences, Department of Medical Biology, tugceroglu22@gmail.com- ORCID ID: 0009-0004-3472-4506,

2* Istanbul University, Faculty of Medicine, Department of Medical Biology, sacide.pehlivan@istanbul.edu.tr- ORCID ID: 0000-0003-1272-5845

ABSTRACT

Apoptosis, as programmed cell death, is a fundamental physiological process in all living organisms; It is an evolutionarily conserved cell death pathway that plays an important role in maintaining tissue homeostasis, regulating organism development and eliminating damaged cells. Apoptosis can be activated through two different mechanisms in the cell, namely intrinsic and extrinsic pathways. Intracellular signals that activate the intrinsic pathway include DNA damage, endoplasmic reticulum stress, calcium imbalance, reactive oxygen species (ROS) accumulation, growth factor deprivation and cytokine deprivation. The intrinsic apoptosis pathway is also known as the mitochondrial pathway and the Bcl-2 protein family, consisting of 27 members in humans, serves as the primary regulator of mitochondrial function. It is well known that disruptions in the intrinsic apoptotic pathway enable cancer cells to escape apoptosis. Cancer cells utilize different mechanisms to evade apoptosis: they overexpress anti-apoptotic Bcl-2 family proteins (such as Bcl-2, Bcl-xL, and Mcl-1); they acquire mutations that inactivate pro-apoptotic BH3-only proteins or BAX/BAK; and they overproduce apoptosis inhibitor proteins (IAPs), particularly XIAP and Survivin. These alterations contribute to the suppression of apoptosis, thus promoting cancer cell survival and resistance to therapy. Therefore, targeting the intrinsic apoptosis pathway is an important strategy in cancer treatment. The aim of this review is to provide a perspective on therapeutic agents targeting the intrinsic apoptosis pathway for cancer prevention.

Keywords: Apoptosis intrinsic pathway, cancer, treatment.

GİRİŞ

Apoptoz, hücre ölümünün en erken tanımlanan ve en kapsamlı şekilde incelenen şeklidir; hücrelerin düzenli ve düzenlenmiş bir eliminasyona uğradığı genetik olarak programlanmış hücresel sürece atıfta bulunur. Hücre ölümünün hem fizyolojik hem de patolojik işlevleri vardır; çok hücreli organizmalarda, hücreler gelişim, doku homeostazisi ve konak savunması sırasında sürekli olarak üretilir; bu nedenle, hücre ölüm yolları sağlıklı bir dengeyi korumak, yaşlı ve hasarlı hücreleri uzaklaştırmak için kritik öneme sahiptir (3). Hücrenin ömrü, hücre tipine bağlı olarak birkaç günden uzun yıllara kadar değişebilir. Bu nedenle, her gün milyarlarca hücre ölür ve fagositler tarafından hızla uzaklaştırılır. Bu ölü hücre uzaklaştırma/temizleme mekanizması, normal koşullar altında sorunsuz bir şekilde çalışır ve

fagositik süreçlerin etkinliğini gösterir. Ancak, enfeksiyon, kronik inflamasyon ve doku hasarı gibi durumlarda çok sayıda hücre aniden öldüğünde ve biriktiğinde bu sistem çökebilir (1). Kanser hücrelerinin çeşitli mekanizmalar aracılığıyla mitokondriyal apoptotik yolu hedef alarak apoptozdan kaçınabildiği gözlemlenmiştir. Bu mekanizmalardan biri, mitokondriyal dış zar geçirgenliğini (MOMP) inhibe eden ve böylece hücre ölüm sinyalinin ilerlemesini engelleyen anti-apoptotik BCL-2 ailesi proteinlerinin yukarı düzenlenmesini içerir (7). Garzon ve ark. (2009) ile Beroukhim ve ark. (2010) tarafından yapılan çalışmalar, anti-apoptotik BCL-2 proteinlerinin aşırı ekspresyonunun çeşitli kanser tiplerinde ortak bir özellik olduğunu göstermiştir (7). Biyomedikal alanda apoptozun en yaygın kullanılan işlevlerinden biri, küçük moleküllü ilaçlar gibi dışarıdan uygulanan apoptoz indükleyici uyarılara yanıt olarak kanser hücrelerinin ortadan kaldırılmasıdır. Apoptozun terapötik potansiyeline artan ilgi, araştırmacıların anormal hücrelerin kontrollü bir şekilde ortadan kaldırılmasına odaklanan umut verici terapötik stratejiler geliştirmelerini sağlamıştır. Apoptotik yollardan yararlanan bir dizi ilaç ve tedavinin çeşitli hastalıklara karşı etkili olduğu gösterilmiştir (2).

1. Programlı Hücre Ölümü: Apoptoz Nedir?

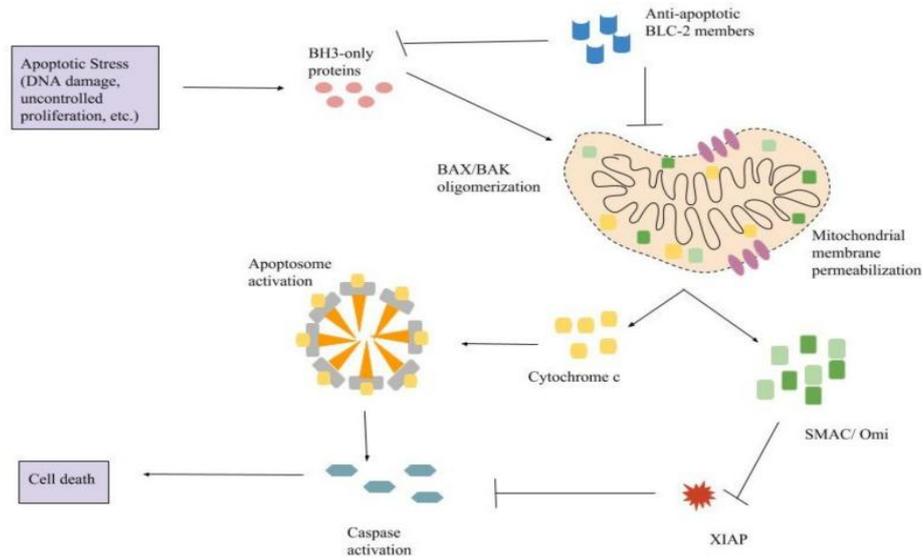
Kerr, Wyllie ve Currie 1972 yılında yayımlanan çalışmalarında, apoptozu; membran kabarcıklaşması (blebbing), hücre hacminde azalma, nükleer parçalanma, kromatin yoğunlaşması, hücre yüzeyinde fosfatidilserin (PtdSer) açığa çıkması ve apoptotik cisimlerin oluşumu gibi karakteristik morfolojik değişikliklere dayanarak tanımlamışlardır (3). Apoptoz, hayvanlar aleminde korunmuş programlı hücre ölümü mekanizmasıdır; son otuz yılı aşkın süredir yapılan araştırmaların konusu olmuştur ve bu dönemin çoğunda tek programlanmış hücre ölümü türü olduğuna inanılmıştır. Apoptoz, çeşitli içsel ve dışsal uyarılar tarafından tetiklenebilen bir süreçtir. Ayrıca, embriyonik gelişim ve yaşlanma sırasında hücre popülasyonlarını düzenlemek için kritik bir homeostatik mekanizma olarak işlev görür (4). Apoptozis, birbiriyle ilişkili iki sinyal yolu tarafından düzenlenir: dışsal veya ölüm reseptörü yolu ve içsel veya mitokondriyal yol; bunlar, kaspazlar olarak adlandırılan bir sistein proteazları kaskadı tarafından hücre içinde aracılık edilen yürütme yolunda birleşirler (6). Apoptozisin içsel yolunun temel bir özelliği, BCL-2 (B-cell lymphoma 2 -B hücreli lenfoma 2-) ailesinin proapoptotik ve antiapoptotik proteinleri, başlatıcı kaspazlar (kaspaz-8, -9 ve -10) ve efektör kaspazlar (kaspaz-3, -6 ve -7) arasındaki denge tarafından düzenlenen mitokondrilerden sitokrom c'nin salınmasıdır. Apoptozis, nükleer membranın kaspaz-6 tarafından parçalanması, birçok hücre içi proteinin (örneğin, PARP ve lamin) kesilmesi, membran kabarcıklaşması ve genomik DNA'nın nükleozomal yapıya parçalanmasıyla karakterizedir (1).

1.2 Apoptozis İçsel Yolu (Mitokondri Yolu)

Apoptosis içsel yolu mitokondri yolu olarak da bilinir, DNA hasarı, oksidatif stres ve endoplazmik retikulum (ER) stresi olmak üzere hücre hasara neden olan çeşitli uyarılar tarafından aktive edilir (11). Mitokondri aracılı apoptozis, Bcl-2 protein ailesi tarafından düzenlenen artan ROS üretimi ve kaspaz aktivasyonunu içerir. Bcl-2 ailesi, anti-apoptotik proteinler (Bcl-2, Bcl-xL ve Mcl-1), pro-apoptotik proteinler (Bax ve Bad) ve BH3-Only proteinler (bid, bim, bad vs.) olmak üzere üç temel sınıftan oluşur (14). Anti-apoptotik protein

Bcl-2'nin aşırı ekspresyonu, mitokondriyal dış zarın geçirgenliğini engeller ve apoptozu baskılar. (Gillings vd., 2009, Tait ve Green, 2010) İçsel apoptozis yolu üç temel faza ayrılabilir: (1) BCL-2 ailesi proteinleri arasındaki etkileşimlerin dengesi, (b) BAX ve BAK aracılığıyla gerçekleşen mitokondriyal dış membran geçirgenliği (MOMP) ve (c) Apoptotik kaspazların ardışık aktivasyonu (10).

BH3-only proteinleri, ya anti-apoptotik BCL-2 ailesi üyelerine (BCL-2, BCL-XL, MCL-1) bağlanarak onların BAX ve BAK üzerindeki baskılayıcı etkisini ortadan kaldırır ya da doğrudan BAX ve BAK ile etkileşerek bu proteinlerin mitokondri dış zarında oligomerleşmesini tetikler (12). Pro-apoptotik proteinler BAX ve/veya BAK'ın aktivasyonu, mitokondriyal dış zarın (MOMP) geçirgenliğini artırarak sitokrom c (Cyt-c), Smac/DIABLO ve Omi/HtrA2 gibi pro-apoptotik faktörlerin sitoplazmaya salınmasına yol açar. Bu olay, apoptotik süreçte geri dönüşü olmayan bir noktayı temsil eder. Bu moleküller serbest bırakıldığında, apoptozis proteinleri inhibitörlerinin (IAP'ler) işlevini inhibe eder ve böylece kaspaz aktivasyonu üzerindeki baskılayıcı etkilerini hafifletir. Cyt-c, sitoplazmada monomerik Apaf-1'e bağlanarak ATP varlığında apoptozom olarak bilinen çok proteinli bir kompleksin birleşmesini başlatır. Bu birleşme, heptamerik bir apoptozom yapısının oluşumuyla sonuçlanır. Prokaspaz-9 bu heptamerik yapıya Apaf-1'in CARD domaini üzerinden bağlanır ve pro-kaspaz-9 aktif kaspaz-9'a dönüştürülür. Aktif kaspaz-9 daha sonra pro-kaspaz-3 ve pro-kaspaz-7 gibi infazcı kaspazları keserek ve aktive ederek apoptozun son aşamasını başlatır. Bu kaspazlar, ek infazcı kaspazları aktive ederek pozitif geri bildirim döngüsü aracılığıyla apoptotik sinyali daha da yükseltir (12). Apoptozisin diğer ayırt edici özellikleri arasında, kaspaz aktivi DNase tarafından DNA'nın yaklaşık 200 bp'lik segmentlere parçalanması yer alır (13).



Şekil 1. İçsel apoptozis yolu. BH3 proteinleri apoptotik strese yanıt olarak yukarı düzenlenir. BAX'ı ve BAK'ı aktive ederler, bunlar oligomerize olur ve mitokondriyal membran geçirgenleşmesiyle sonuçlanır. Sitokrom c, SMAC (kaspazın ikinci mitokondri kaynaklı aktivatörü) ve Omi salınır ve apoptozom prokaspaz-9, dATP, sitokrom c ve APAF-1'den oluşur. Daha sonra kaspazlar aktive olur ve hücre proteinleri kesmeye başlar ve apoptozisle sonuçlanır. Oklar aktivasyonu ve T çubukları inhibisyonu temsil eder (20).

İçsel apoptozda hücre ölümünü garantileyen ek adımlar bulunur. Bunlardan, Omi proteini, kaspaz fonksiyonunun endojen bir inhibitörü olan X'e bağlı apoptoz inhibitörü proteinini (XIAP) inhibe ederken, SMAC, apoptoz sırasında apoptoz proteinlerinin inhibitörlerini (IAP'ler) inhibe etmek için salınır ve apoptozun apoptozom oluşumundan sonra devam etmesini sağlar (20).

2. İçsel Yolağın Hastalık Mekanizmalarındaki Rolü

Apoptotik hücrelerin hızlı ve etkili bir şekilde temizlenmesi, bağışıklık toleransının indüklenmesi ve inflamatuvar yanıtların önlenmesi için çok önemlidir. Fizyolojik koşullar altında, normal dokularda serbest apoptotik hücreler nadiren görülürken, ölmekte olan hücrelerin yetersiz fagositik uzaklaştırılması veya artan apoptoz oranı, proinflamatuvar sitokinlerin salınımını tetikleyen sekonder nekroza yol açabilir. Ölmekte olan hücrelerden salınan otoantijenler, T hücrelerini aktive edebilir ve B hücresi ekspresyonunu destekleyebilir, bu da otoantikörlerin üretimi ve otoimmüitenin gelişmesiyle sonuçlanır. Apoptotik hücrelerin bozulmuş temizlenmesi, sistemik lupus eritematozus (SLE), bağ dokusu bozuklukları ve romatoid artrit (RA) dahil olmak üzere çeşitli otoimmün hastalıkların patogenezinde rol oynar (2).

Apoptozisin düzensizliği, gelişimsel bozukluklar, nörodejeneratif durumlar ve kanser dahil olmak üzere çok çeşitli insan hastalıklarıyla ilişkilidir (6). Alzheimer hastalığı, Huntington hastalığı ve Parkinson hastalığı gibi nörodejeneratif hastalıkların hepsi aşırı nöronal apoptozis ile karakterizedir. Örneğin, Alzheimer hastalığında, lezyon bölgelerinde β -amiloid birikimi anormal nöronal apoptozu indükleyerek hastalık patolojisine katkıda bulunur. HIV enfeksiyonları, CD4⁺ T hücrelerinin hızlandırılmış apoptozuna yol açar ve sonuçta AIDS'in başlamasına neden olur. Benzer şekilde, miyokard enfarktüsü, kardiyomiyositlerin akut apoptozunun bir sonucu olarak ortaya çıkar (2).

3. Kanser Nedir?

Kanser hücrelerinin ayırt edici özellikleri arasında sürekli çoğalma sinyali, büyüme baskılayıcılarından kaçınma, hücre ölümüne direnç, sınırsız replikasyon potansiyeli, anjiyogenez, genomik instabilite, edinilmiş fenotipik esneklik ve bağışıklık kaçınması yer alır (22). Bu özellikler kanser hücrelerinin çoğalmaya devam etmesini, çevredeki dokuları istila etmesini ve uzak organlarda metastatik lezyonlar oluşturmak üzere yayılmasını sağlar (9). Bu süreçler sırasında, hücre içi sinyal yollarındaki değişiklikler kanser hücrelerinin antikanser ajanlara ve antitümör bağışıklığına duyarlılığını veya direncini etkiler, böylece tedaviyi karmaşılaştırır ve terapötik etkinliği azaltır (9).

4. Kanserde Mitokondriyal Apoptoz Yolağının Bozulması

Kanser hücreleri çeşitli mekanizmalar kullanarak apoptozu karşı koyar. İçsel yollardaki kusurlar şunları içerir: (a) kaspaz fonksiyonunu inhibe eden kaspaz gen mutasyonlarının edinilmesi; (b) antiapoptotik BCL-2 ailesi proteinlerinin aşırı ekspresyonu; (c) IAP'lerin aşırı ekspresyonu; (d) apoptotik efektörler BAX ve BAK'ın kaybı ve inaktivasyonu; (e) sitokrom c'nin yetersiz salınımı ve apoptozom oluşumunu ortadan kaldıran ve kaspaz aktivasyonunun inhibisyonuna neden olan sitokrom c'nin lizin kalıntılarının (özellikle K72) mutasyonudur (5).

Tümör hücreleri, kanser tedavisine karşı direnç gelişimi sırasında da dahil olmak üzere hem içsel hem de dışsal apoptotik yolların birden fazla inhibitörünü aşırı ifade edebilir. Anti-apoptotik BCL-2 ailesi proteinlerinin yukarı regülasyonu ve pro-apoptotik proteinlerin aşağı regülasyonu, kanser hücrelerinin kemoterapi ve radyoterapiye direncine önemli ölçüde katkıda bulunur. Örneğin, BCL-2 gen ekspresyonu tüm kanserlerin yarısından fazlasında yüksektir ve XIAP (apoptoz proteininin X'e bağlı inhibitörü) çok sayıda tümör tipinde aşırı ifade edilir (5).

5. Mitokondriyal Apoptoz Yolağını Hedefleyen Kanser Tedavileri

Kanser hücreleri çeşitli mekanizmalar aracılığıyla apoptoza direnç geliştirir. İçsel apoptotik yollardaki başlıca kusurlar şunlardır: (a) kaspaz fonksiyonunu inhibe eden kaspaz genlerinde mutasyonlar; (b) anti-apoptotik BCL-2 ailesi proteinlerinin aşırı ekspresyonu ; (c) apoptoz inhibitörü proteinlerinin (IAP'ler) aşırı ekspresyonu ; (d) apoptotik efektörler BAX ve BAK'ın kaybı veya inaktivasyonu; (e) sitokrom c'nin yetersiz salınımı ve özellikle lizin 72 (K72) olmak üzere sitokrom c'nin lizin kalıntılarında mutasyonlar, apoptozom oluşumunu ortadan kaldırır ve kaspaz aktivasyonunun inhibisyonuna yol açar; ve (f) dışsal apoptotik yolun sinyalizasyonundaki kusurlardır (5). Kanser tedavisi sıklıkla ilaç direncinin önemli zorluğuyla karşı karşıyadır ve bu da tedavi başarısızlığına ve hastalar için kötü prognoza yol açar (Zhang ve ark., 2023; Cui ve ark., 2022). Daha da çarpıcı olanı, ilaç direncinin kanserle ilişkili ölümlerin yaklaşık %90'ından sorumlu olmasıdır ve bu da ele alınması gereken acil ve kritik bir sorun haline getirir (Pluchino vd., 2012). İlaç direnci genellikle kanser hücrelerinin apoptozdan kaçma, olumsuz koşullar altında hayatta kalma ve hedefli tedaviler ve son teknoloji immünoterapiler dahil olmak üzere sitotoksik kemoterapötik ajanların ve ileri tedavilerin varlığına rağmen çoğalmaya devam etme yeteneğinden kaynaklanır (Narayanan vd., 2020; Su, 2022; Perez-Ruiz vd., 2020). Apoptoz hedefli ilaçların son zamanlardaki gelişimi, BCL-2, MCL-1 ve IAP inhibitörleri dahil olmak üzere içsel yola odaklanmıştır (5).

5.1 IAP (Apoptoz İnhibitör Proteinleri) İnhibitörleri

IAP'ler (Apoptoz İnhibitör Proteinleri), apoptozu olumsuz yönde düzenleyen endojen kontrol noktaları olarak görev yapan bir grup E3 ubiquitin ligazıdır (10). Bugüne kadar; NAIP, BIRC2, BIRC3, XIAP, BIRC5, BIRC6 BIRC7 ve BIRC8 olmak üzere sekiz farklı insan IAP proteini tanımlanmıştır. Tüm IAP proteinlerinin tanımlayıcı özelliği, protein-protein etkileşimlerini düzenleyen ve sinyalleme için gerekli olan bir ila üç adet yüksek oranda korunmuş BIR (Baculovirus IAP Tekrarı) bölgesinin varlığıdır (16). Genel olarak, bu proteinler kaspaz aktivitesini inhibe ederek apoptozis sürecini baskırlar (Cetraro vd., 2022). IAP'ler tümörlerde sıklıkla aşırı ifade edilir ve bu durum kötü prognoz, tümör agresifliğinin artması ve çeşitli tedavilere karşı direncin artması ile ilişkilidir (Liang vd., 2020). IAP'ler, kaspaz inhibisyonu, hücre sağkalım yollarının aktivasyonu, SMAC'ın baskılanması ve diğer süreçler dahil olmak üzere çeşitli mekanizmalar yoluyla kanser tedavilerine karşı direncin gelişmesine katkıda bulunabilir (15). IAP'leri hedef alan terapötik stratejiler, bunların anti-apoptotik aktivitelerini antagonize etmeye, kaspaz fonksiyonunu geri kazandırmaya ve kanser hücrelerini tedaviye duyarlı hale getirmeye odaklanır (16).

XIAP, proapoptotik kaspazların enzimatik aktivitesini güçlü bir şekilde inhibe eden tek üye gibi görünmektedir (Kashkar, 2010). XIAP, apoptozis ve kanserde IAP ailesinin en kapsamlı çalışılmış üyesidir ve işlevini hem doğrudan hem de dolaylı mekanizmalar aracılığıyla gerçekleştirir. XIAP doğrudan kaspazlar-3, -7 ve -9'a bağlanabilir ve onları inhibe edebilir, böylece apoptotik olayın başlamasını ve/veya kaskadını inhibe edebilir (Chai ve ark., 2001; Riedl ve ark., 2001; Shiozaki ve ark., 2003). XIAP, prostat, akciğer, pankreas, meme, yumurtalık, kolon, nöroblastoma ve akut miyeloid lösemi (AML) dahil olmak üzere birden fazla kanser türünde çeşitli kemoterapi ilaçlarına karşı direncin gelişmesinde önemli bir rol oynar. Taxol, Docetaxel, Doxorubicin, Cisplatin, Gemcitabine, Carboplatin, Vincristine ve tirozin kinaz inhibitörleri (Lapatinib, Imatinib) gibi ilaçlar tarafından indüklenen apoptozdan kanser hücrelerini koruyarak, XIAP tedavi başarısızlığına ve hastalığın ilerlemesine katkıda bulunur (16). İlaç adayı YM155, hücre sağkalımını teşvik eden ve apoptozu inhibe eden transkripsiyon faktörü survivini hedef almak üzere özel olarak tasarlanmış küçük molekülü bir inhibitördür (15). YM155, survivin ekspresyonunu baskılayarak çalışır ve böylece kemoterapötiklere karşı duyarlılığı artırabilir. Klinik ve klinik öncesi çalışmalarda, YM155 çeşitli kemoterapötik ajanlarla birleştirilerek farklı kanserlerde tedavi etkinliğinin artırılması amaçlanmıştır. Özellikle agresif bir pediatrik kanser olan kötü huylu rabdoid tümörde, YM155 Sisplatin ile kombine edilerek tümör büyümesini azaltmada ümit verici sonuçlar göstermiştir (Coyle ve ark., 2022). Başka bir IAP inhibitörü olan LCL161, çeşitli kanserler için kombinasyon terapilerinde kullanılır; nöroblastoma için Vinkristin (Langemann ve ark., 2017; Frommann ve ark., 2018), ALL için Auranofin (Hass ve ark., 2016) ve miyelom için Panobinostat (Zhou ve ark., 2021) ile kombine edilir. Ayrıca, meme kanseri için Navitoclax (Lee vd., 2020), medulloblastoma için Vinkristin/sisplatin (Chen vd., 2016) ve AML için 5-Azasitidin (Gerges vd., 2016) ile birlikte kullanılmış olup, çeşitli kanser tiplerinde tedavi sonuçlarını iyileştirmede geniş uygulama alanı olduğunu göstermektedir. LCL161, kombinasyon halinde kanserler için klinik çalışmalarda kapsamlı bir şekilde test edilmiştir; ancak henüz onaylanmamıştır (15).

İlaç Adı	Hedef IAP'ler	Kullanıldığı Kanser Türleri	Klinik Durum	Özellikler / Sonuçlar
LCL161	XIAP, cIAP1, cIAP2	Hematolojik kanserler, kolon, akciğer, meme, baş-boyun, yemek borusu	Klinik çalışmalarda (Faz I-II)	Güvenli doz bulundu, bazı hastalarda hastalık stabil kaldı, radyoterapiyle sinerji gösterdi
Birinapant	cIAP1, cIAP2, XIAP	Katı tümörler, özellikle irinotekan ile kullanıldığında etkili	Klinik çalışmalarda (Faz I-II), geliştirme geçici olarak durduruldu	Hem içsel hem dışsal apoptozu tetikliyor, TNF α ile çalışan ilaçlarla birlikte etkili
ASTX660	cIAP1, cIAP2, XIAP (yeni jenerasyon)	Çeşitli kanser türleri (erken fazda test ediliyor)	Erken faz klinik çalışmalarda	Yeni nesil IAP inhibitörü, halen değerlendirme aşamasında
YM155, LY2181308	Survivin	Farklı tümör türleri (özellikle survivin yüksekse)	Klinik etkinlik yetersiz	DNA hasar onarımı ve topoisomerez aktivitesine müdahale ediyor, beklentiyi karşılamadı
SurVaxM, DPX-Survivac	Survivin Aşıları	Klinik çalışmalar devam ediyor	Klinik çalışmalar (immünoterapi ile kombinasyon test ediliyor)	İmmün kontrol noktası inhibitörleriyle birlikte gelecek vaat ediyor

Tablo 1. Bazı apoptozis protein inhibitörlerinin (IAP'ler) devam eden klinik deneyleri (21).

5.2 Mcl-1 İnhibitörleri

Miyeloid hücre lösemi-1 (Mcl-1), apoptozu düzenleyen bcl-2anti-apoptotik protein ailesine ait bir farklılaşma proteini (19). Mcl-1, üçlü negatif meme kanseri (TNBC) tümörlerinin %56'sında yaygın olarak çoğalır ve aşırı ekspresyonu yüksek tümör derecesi ve zayıf klinik prognozla ilişkilidir (Balko JM.,2014 & Ding Q., 2007). Dahası, Mcl-1 aşırı ekspresyonunun, mikrotübül hedefli ajanlar paklitaksel ve vinkristin ile Bcl-2 hedefli bileşik navitoklaks dahil olmak üzere birden fazla erken ve ileri evre meme kanseri tedavisine karşı dirence katkıda bulunan bir faktör olduğu öne sürülmüştür (Wertz IE et., 2011). Bu nedenle, hedefli inhibitörler tarafından Mcl-1'in inhibisyonu, potansiyel olarak apoptotik sinyallemeği geri yükleyerek ve Mcl-1'e bağlı TNBC tümörlerini kemoterapiye yeniden duyarlı hale getirerek TNBC tedavilerini iyileştirmek için entegre bir yaklaşımı temsil eder (21).

Şu anda klinik öncesi çalışmalarda geliştirilmekte olan Mcl-1 inhibitörleri hem in vitro hem de in vivo meme kanseri de dahil olmak üzere kanser tedavisi için büyük umut vadediyor. Bunun nedeni, Mcl-1 etkileşimlerini bozan ve net ve spesifik hücrel aktiviteyle apoptozu tetikleyen doğrudan, güçlü ve seçici Mcl-1 inhibitörlerinin artık mevcut olmasıdır (Levenson JD et al., 2015). Son olarak klinik öncesi çalışmalarda Mcl-1'i etkili bir şekilde baskıladığı gösterilen birkaç Mcl-1 inhibitörü (AMG-176, AZD599) ve CDK9 inhibitörü şu anda hematolojik malignitelerde test edilmektedir (Tablo 1) ve sonuçları beklenmektedir (21).

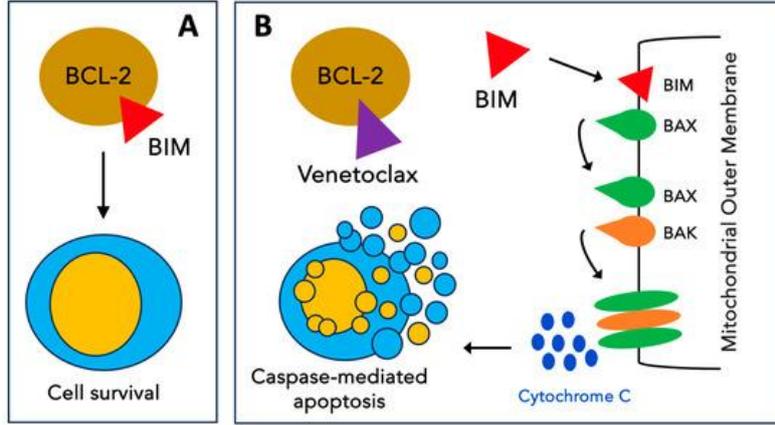
Ajan	NCT Klinik Deneme Numarası	Klinik Araştırmanın Aşaması	Uygun Hastalık Sahası (ları)
AMG 176	NCT02675452	I	Multipl miyelom ve akut miyeloid lösemi
AZD5991	NCT03218683	I/II	Akut miyeloid lösemi
CDK9 İnhibitörü (AZD4573)	NCT03263637	I	Hematolojik maligniteler

Tablo 1: Mcl-1 inhibitörlerinin devam eden klinik çalışmaları (21).

5.3 Bcl-2 İnhibitörleri

B-hücreli lenfoma-2 (BCL-2) protein ailesi, apoptozun birden fazla düzenleyici proteinini içeren korunmuş bir ailedir. Her bir Bcl-2 üyesi, mitokondriyal dış zar geçirgenliğinin (MOMP) hassas düzenlenmesi yoluyla içsel apoptotik yolda belirli bir rol oynar. Tüm Bcl-2 ailesi proteinleri, mitokondriyal dış zar üzerinde aralarındaki doğrudan fiziksel etkileşimlerden sorumlu olan BH3 alanını (yani Bcl-2 homoloji 3 domaini) paylaşır (18). Bcl-2 inhibitörleri, BH3 taklitçileri olarak da bilinir; doğrudan içsel apoptoz yolunu değiştirmek için hedefli bir yaklaşım olarak geliştirilen ajanların öncüleri arasındadır. BH3 taklitçileri, antiapoptotik BCL-2 proteinleri içindeki hidrofobik ceplere yalnızca BH3 proteinlerinin bağlanmasını taklit eden küçük moleküllerdir (5).

Venetoclax (VEN), önceden ABT-199 olarak bilinirdi, yüksek seçicilikle Bcl-2'yi hedef alan bir BH3 mimetoididir (18). 2016 yılında venetoklaks (ABT-199), 17p delesyonuna sahip kronik lenfositik lösemi (KLL) hastalarının tedavisi için ABD FDA tarafından onaylanan BCL-2'yi hedef alan ilk ajandı. Venetoklaks, BCL-2'ye bağlanarak BIM'in salınmasına yol açar; bu doğrudan BAX ve BAK'ı aktive ederek mitokondri dışı membranda MOMP oluşumuna neden olarak apoptozu indükler (17).



Şekil 2. Venetoklaksın etki mekanizması. (A) Antiapoptotik protein BCL-2, BIM gibi yalnızca proapoptotik BH3 proteinlerini tecrit ederek apoptozu engeller. (B) Venetoklaks seçici olarak BCL-2'ye bağlanarak, mitokondriyal dışı zarında BAX ve BAK oligomerizasyonunu tetikleyen yalnızca BH3 aktivatörlerini serbest bırakır. Bu gözeneklerin oluşumu, sitoplazmaya sitokrom C'nin salınmasıyla sonuçlanır ve apoptozu yol açan olayları tetikler (18).

Benzer şekilde, obatoclast mesilat (GX15-070), çok sayıda kanserde test edilmiş başka bir Bcl-2 inhibitörüdür. Ne yazık ki, ataksi ve sitopeni gibi nörolojik semptomlar da dahil olmak üzere obatoclast'ın toksisite profili, daha fazla klinik geliştirmenin durdurulmasına yol açmıştır (Goy A et al., 2014). Bu ajan sınıfındaki bir diğer inhibitör Navitoclast'dır. Hem Bcl-2'yi hem de Bcl-xL'yi inhibe ederek, Bim gibi pro-apoptotik düzenleyicilerin salınımını engelleyen Bcl-xL'nin telafi edici yukarı düzenlenmesini baskılar (Lagares D et al., 2017). Bim, Bcl-2 inhibisyonu ile yerinden edilebilir ancak bu ailedeki diğer proteinlere bağlanabilir. Bu nedenle, diğer Bcl-2 aile üyelerinin inhibisyonu, Bim aracılı apoptozis indüksiyonunu sinerjik olarak destekleyebilir. Navitoclast tek başına bir ajan olarak önemli bir klinik aktivite göstermemiş olsa da venetoclax ile kombinasyonu potansiyel bir sinerji göstermiştir (Vogler M et al., 2011).

İlaç	Hedef Proteinler	Durumu	Açıklama
Venetoclax	BCL-2	FDA onaylı (KLL, AML)	KLL ve AML'de etkin, bazı meme kanseri kombinasyonlarında test edildi.
Obatoclast	BCL-2 (genel)	Klinik geliştirme durduruldu	Nörolojik toksisite ve sitopeni nedeniyle başarısız oldu.
Navitoclast	BCL-2 + BCL-xL	Klinik çalışmalarda	Tek başına sınırlı, Venetoclax ile sinerji gösteriyor.

Tablo 3. apoptozu düzenleyen Bcl-2 protein ailesini hedef alan küçük moleküllü inhibitörlerin klinikte kullanımı (21).

6. Genel Perspektif ve Sonuç

BCL-2 ailesi apoptozisin içsel yolağının düzenlenmesinde oldukça önemlidir. Bu nedenle kansere karşı korumada hayati bir rol oynar. Bu sürecin daha iyi anlaşılması, bu yolağı engellemek için kullanılacak ilaçların geliştirilmesi açısından elzemdir. Özetle, içsel apoptotik yol ile kanser arasındaki karmaşık ilişkiyi anlamak, daha etkili ve hedefli kanser tedavileri geliştirmek için çok önemlidir. Bu yolu düzenleyebilen yeni ilaçların keşfi ve bunların mevcut tedavilerle kombinasyonunun, kanser hastaları için gelecekteki tedavi stratejilerini şekillendirmede önemli bir rol oynamaktadır. Dirençli tümör hücrelerinde apoptozu hedefleme ve aktive etme yeteneği gelecekteki klinik uygulamalarda gelişmeye devam edecektir. Bununla birlikte, bu hedeflenen apoptozis inhibitörlerinin kliniğe ilerlemesi için, etki mekanizmasının daha iyi anlaşılması, artırılmış etkinliğin artırılması, seçicilik, hücre geçirgenliği ve hücrelerde yolak modülasyonuna dair kanıtlar dahil olmak üzere birkaç engelin aşılması gerekmektedir.

KAYNAKÇA

1. Bertheloot, D., Latz, E., & Franklin, B. S. (2021). Necroptosis, pyroptosis and apoptosis: an intricate game of cell death. *Cellular & molecular immunology*, 18(5), 1106-1121.
2. Xu, X., Lai, Y., & Hua, Z. C. (2019). Apoptosis and apoptotic body: disease message and therapeutic target potentials. *Bioscience reports*, 39(1), BSR20180992.
3. Ketelut-Carneiro, N., & Fitzgerald, K. A. (2022). Apoptosis, pyroptosis, and necroptosis—Oh my! The many ways a cell can die. *Journal of molecular biology*, 434(4), 167378.
4. Kashyap, D., Garg, V. K., & Goel, N. (2021). Intrinsic and extrinsic pathways of apoptosis: Role in cancer development and prognosis. *Advances in protein chemistry and structural biology*, 125, 73-120.
5. Tian, X., Srinivasan, P. R., Tajiknia, V., Uruchurtu, A. F. S. S., Seyhan, A. A., Carneiro, B. A., ... & El-Deiry, W. S. (2024). Targeting apoptotic pathways for cancer therapy. *The Journal of clinical investigation*, 134(14).
6. Ooi, H. K., & Ma, L. (2013). Modeling heterogeneous responsiveness of intrinsic apoptosis pathway. *BMC systems biology*, 7, 1-18.
7. Lopez, J., & Tait, S. W. G. (2015). Mitochondrial apoptosis: killing cancer using the enemy within. *British journal of cancer*, 112(6), 957-962.
8. Hanahan, D., & Weinberg, R. A. (2011). Hallmarks of cancer: the next generation. *cell*, 144(5), 646-674.
9. Kim, R., Kin, T., & Beck, W. T. (2024). Impact of complex apoptotic signaling pathways on cancer cell sensitivity to therapy. *Cancers*, 16(5), 984.
10. Li, K., van Delft, M. F., & Dewson, G. (2021). Too much death can kill you: inhibiting intrinsic apoptosis to treat disease. *The EMBO journal*, 40(14), e107341.

11. Beurel, E., & Jope, R. S. (2006). The paradoxical pro-and anti-apoptotic actions of GSK3 in the intrinsic and extrinsic apoptosis signaling pathways. *Progress in neurobiology*, 79(4), 173-189.
12. Cavalcante, G. C., Schaan, A. P., Cabral, G. F., Santana-da-Silva, M. N., Pinto, P., Vidal, A. F., & Ribeiro-dos-Santos, Â. (2019). A cell's fate: an overview of the molecular biology and genetics of apoptosis. *International journal of molecular sciences*, 20(17), 4133.
13. Elumalai, P., Gunadharini, D. N., Senthilkumar, K., Banudevi, S., Arunkumar, R., Benson, C. S., ... & Arunakaran, J. (2012). Induction of apoptosis in human breast cancer cells by nimbolide through extrinsic and intrinsic pathway. *Toxicology letters*, 215(2), 131-142.
14. Warren, C. F. A., Wong-Brown, M. W., & Bowden, N. A. (2019). *BCL-2 family isoforms in apoptosis and cancer*. *Cell Death Dis.* 10, 177.
15. Ye, Q., Zhuang, X. Z., Li, J., & Zhou, X. (2025). Targeting the inhibitors of apoptosis proteins (IAPs) to combat drug resistance in cancers. *Frontiers in Pharmacology*, 16, 1562167.
16. Hrdinka, M., & Yabal, M. (2019). Inhibitor of apoptosis proteins in human health and disease. *Genes & Immunity*, 20(8), 641-650.
17. Roberts AW, et al. Targeting BCL2 with venetoclax in relapsed chronic lymphocytic leukemia. *N Engl J Med.* 2016;374(4):311–322. doi: 10.1056/NEJMoa1513257.
18. Rahmé, R., & Braun, T. (2024). Venetoclax Combined with Intensive Chemotherapy: A New Hope for Refractory and/or Relapsed Acute Myeloid Leukemia?. *Journal of Clinical Medicine*, 13(2), 549.
19. Sharma, V., & Kumar, A. (2025). MCL-1 as a potent target for cancer: Recent advancements, structural insights and SAR studies. *Bioorganic Chemistry*, 108211.
20. Pfeffer, C. M., & Singh, A. T. (2018). Apoptosis: a target for anticancer therapy. *International journal of molecular sciences*, 19(2), 448.
21. Singh, P., & Lim, B. (2022). Targeting apoptosis in cancer. *Current oncology reports*, 24(3), 273-284.
22. Hanahan, D., & Weinberg, R. A. (2011). Hallmarks of cancer: the next generation. *cell*, 144(5), 646-674

PRO SOSYAL DAVRANIŞLARDA EPİGENETİK FAKTÖRLERİN ROLÜ

ÇAĞDAN BİRCAN¹, Prof.Dr. MUSTAFA ÖZÇETİN^{1,2}, Prof.Dr. SACİDE PEHLİVAN^{1,3}.

^{1*} İstanbul Üniversitesi, Tıp Fakültesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü , Gelişimsel Davranış Bozuklukları ve Bütünleşik Yaklaşım Ana Bilim Dalı, cagdanb@ogr.iu.edu.tr - ORCID ID: 0009-0006-1969-7751

^{1,2*} .İstanbul Üniversitesi, Tıp Fakültesi, Aile Sağlığı Ana Bilim Dalı , mustafa.ozcetin@istanbul.edu.tr - ORCID ID: 0000-0003-0697-4271

^{1,3*} İstanbul Üniversitesi, Tıp Fakültesi, Tıbbi Biyoloji Anabilim Dalı, sacide.pehlivan@istanbul.edu.tr - ORCID ID: 0000-0003-1272-5845

ÖZET

Empati, ahlaki yükümlülük ya da sosyal normlara uyum gibi çeşitli güdüler aracılığıyla başkalarının iyiliğini ya da refahını artırmayı amaçlayan gönüllü davranışlar olarak tanımlanan prososyal davranışlar; yardım etme, paylaşma, rahatlatıcı olma, bağış yapma, ve iş birliği gibi çeşitli biçimlerde ortaya çıkabilir. Prososyal davranışlar bireysel iyi oluşu , empati ve ahlaki gelişimi desteklemenin yanında toplumsal uyuma, iş birliğine ve özellikle kriz zamanları olmak üzere toplumsal dayanıklılığa katkıda bulunur. Prososyal davranışların gelişimine; bireyin biyolojik ve genetik altyapısı, bilişsel ve duygusal gelişim süreci, erken dönem yaşantıları, sosyokültürel etmenler ve epigenetik mekanizmalar gibi faktörler etki etmektedir. Gen ekspresyonunun değişmesine neden olan çevresel veya gelişimsel etmenlerle tetiklenen modifikasyonların incelenmesi olarak ifade edilen epigenetik; beslenme, stres, toksinler, ilaçlar ve sosyal deneyimler gibi çevresel etkenlerin aracılığıyla gen ifadesini modüle etmektedir. Başlıca DNA metilasyonu, histon modifikasyonları ve non-kodlayıcı RNA aracılığı ile çalışan epigenetik mekanizma prososyal davranışların gelişimi ile ilişkilidir. Bu çalışma prososyal davranışa etki eden çeşitli epigenetik faktörleri incelemektedir.

Anahtar kelimeler: Prososyallik, Prososyal Davranış, Epigenetik, Prososyal Davranış ve Epigenetik

The Role of Epigenetic Factors in Prosocial Behavior

ABSTRACT

Prosocial behaviors, defined as voluntary behaviors aimed at increasing the well-being or welfare of others through various motivations such as empathy, moral obligation or compliance with social norms, can occur in various forms such as helping, sharing, comforting, donating and cooperation. Prosocial behaviors support individual well-being, empathy and moral development as well as contributing to social harmony, cooperation and social resilience, especially in times of crisis. Factors such as the individual's biological and genetic infrastructure, cognitive and emotional development process, early experiences, sociocultural

factors and epigenetic mechanisms affect the development of prosocial behaviors. Epigenetics, which is defined as the study of modifications triggered by environmental or developmental factors that cause changes in gene expression, modulates gene expression through environmental factors such as nutrition, stress, toxins, drugs and social experiences. Epigenetic mechanisms, which mainly work through DNA methylation, histone modifications and non-coding RNA, are associated with the development of prosocial behaviors. This review examines various epigenetic factors affecting prosocial behavior.

Keywords: Prosociality, Prosocial Behavior, Epigenetics, Prosocial Behavior and Epigenetics

1.GİRİŞ

Prososyal davranışlar; sinirsel, hormonal ve genetik sistemler tarafından empati, ahlaki muhakeme ve sosyal biliş gibi psikolojik mekanizmalarla etkileşerek biyolojik olarak kökleştirilir ve şekillendirilirler. (Knafo, Plomin, 2006) Sosyetal davranışların epigenetiğini anlamak; çevresel faktörlerin gen ekspresyonu üzerindeki olası etkilerini bilmek; toplumsal iyi oluşa katkıda bulunan prososyal davranışlara ve yaygınlaşmasına olanak tanımaktadır. Aşağıda prososyal davranışın epigenetiği üzerine literatürde yapılmış bazı çalışmalara kısaca değinilecek ve temel bulgulara yer verilecektir.

2. PROSOSYAL DAVRANIŞLARDA EPİGENETİK FAKTÖRLERİN ROLÜ

Prososyal davranış, bireylerin başkalarına zarar vermeksizin yardım etmeye yönelik olarak sergiledikleri, sosyal açıdan olumlu olarak değerlendirilen davranışlardır. (Staub,1978) Sosyetal davranış, başkalarının iyiliğini ya da refahını artırmayı amaçlayan gönüllü davranışlardır; bu davranışlar yardım etme, paylaşma, rahatlatma ve iş birliği gibi çeşitli biçimlerde ortaya çıkabilir. (Eisenber&Mussen,1989)Sosyetal davranış, bir başkasına yardım etmeye yönelik herhangi bir davranışı ifade eder. Bu tür davranışların altında empati, ahlaki yükümlülük ya da sosyal normlara uyum gibi çeşitli güdüler yatabilir. (Batson&Powell,2003)

Prososyal davranışlar bireysel iyi oluşu , empati ve ahlaki gelişimi desteklemesinin yanında toplumsal uyum ve iş birliğini ve özellikle kriz zamanları olmak üzere toplumsal dayanıklılığı güçlendirir. Bireylerin ve toplumların iyilik hali birbirlerinden etkilenir ve birbirlerini etkiler bu nedenle toplum yanlısı davranışlar olarak da ifade edilebilen prososyal davranışlar ve altta yatan süreçleri anlamak önemlidir. Bu çalışmada prososyal davranışlara etki eden epigenetik mekanizmaları ele alan bazı alan yazın çalışmaları incelenecektir.

Epigenetik DNA dizisinde değişiklik olmaksızın mitotik ve/veya mayotik olarak kalıtılabilen gen fonksiyonundaki değişikliklerin incelenmesidir. (Riggs,A. ve ark.,1996) Epigenetik; gen ekspresyonunun kalıcı olarak değişmesine neden olan çevresel veya gelişimsel etmenlerle tetiklenen kalıtsal modifikasyonları inceler. Epigenetik başlıca DNA metilasyonu, histon modifikasyonlarıve Non-kodlayıcı RNA mekanizmalarıyla çalışmaktadır. Çevresel faktörler ve yaşam tarzı gibi etmenlerin gen ekspresyonu üzerindeki etkilerini anlamada kritik öneme sahip olan bu mekanizmalar ; **DNA metilasyonu:** DNA'nın belirli bölgelerine metil gruplarının eklenmesi ile gen ekspresyonunu baskılanması ; **Histon modifikasyonları:** Histon

proteinlerine eklenen kimyasal grupların kromatin yapısını değiştirerek gen ekspresyonunu etkilemesi ve **Non-kodlayıcı RNA'lar**: Gen ekspresyonunu düzenleyen ve protein kodlamayan RNA molekülleri olarak ifade edilmektedir.

Prososyal davranışlar ile epigenetik arasındaki ilişkiyi ele alan literatür gelişmekte olan disiplinler arası bir araştırma alanı olmakla birlikte bu ilişkinin temelleri özellikle erken yaşam deneyimlerinin (örneğin; bakım, sosyal destek) bireyin epigenetik mekanizmaları ve sosyal davranışları üzerindeki etkilerine odaklanan çalışmalarda atılmıştır.

Erken dönem çalışmalardan biri Roth ve arkadaşlarının (2009) sıçanlarda erken yaşam olumsuz deneyimlerin (yetersiz bakım, ihmal gibi) beyin türevli nörotrofik faktör (BDNF) geninin metilasyon durumunu ve davranışsal sonuçlarını araştırdıkları çalışmadır. Çalışmada erken yaşamda ihmale veya yetersiz annelik bakımına maruz kalan yavru sıçanların kendi yavrularına karşı önemli ölçüde kötü muamele edici davranış sergiledikleri ve sıklıkla düşük duruşlu emzirme pozisyonları sergiledikleri bulgulanmış ve atipik anne davranışının gözlemlenen anormal BDNF DNA metilasyonu ve gen ifadesi kalıplarıyla ilişkili olduğunu ortaya koyulmuştur. Knafo ve arkadaşlarının (2011) prososyal davranışların gelişiminde gen-çevre etkileşimini ele aldığı çalışmaya göre çocukların prososyal davranışları hem genetik faktörlerden (özellikle DRD4 geni) hem de ebeveynlik tarzı gibi çevresel etkilerden belirgin şekilde etkilenmektedir. Çalışmada DRD4 7-repeat aleline sahip çocukların ebeveynlik kalitesine karşı daha yüksek duyarlılık gösterdiği bulgulanmıştır. DRD4 7-repeat aleline sahip çocuklar destekleyici ebeveynlikte en yüksek, olumsuz ebeveynlikte ise en düşük prososyal davranış sergilemişlerdir. Önceki ikiz çalışmaları bulgularının derlenerek deneysel ikiz verilerinin yeniden analizlenmesi ile gözden geçirilen aynı çalışmaya göre (Knafo-Noam ve ark. 2018) çocukların prososyal davranış eğilimleri, kalıtsal faktörler ile ortak ve bireye özgü çevresel deneyimlerin etkileşimiyle şekillenmektedir. Çalışmada prososyal davranışların gelişiminde genetik etkinin güçlü olduğu ancak çevresel farklılıkların da prososyal davranışın gelişiminde belirleyici rol oynadığı ortaya konulmuştur.

Meek (2013) gen-çevre etkileşimi bağlamında prososyal davranışın gelişimini ele alan eden öncü çalışmalardandır. Çalışmada aile ortamının prososyal gelişim üzerindeki rolü güçlü şekilde ortaya konulmuştur. Çocuklarda prososyal davranış gelişiminin genetik yatkınlık ve ebeveynlik kalitesi arasındaki etkileşimden güçlü şekilde etkilendiği; destekleyici ve sıcak ebeveynlik tutumunda genetik risk taşıyan çocuklarda bile prososyal davranışların gelişebildiği ancak olumsuz ebeveynlik tutumunda prososyallığın baskılandığı bulgulanmıştır. Serotonin taşıyıcı genindeki 5-HTTLPR polimorfizminin prososyal davranış üzerindeki etkisi ile sosyal kaygı düzeylerinin prososyal davranış üzerindeki olası aracılığını test eden bir çalışmada (Stoltenberg.,S. et. Al , 2013) 5-HTTLPR'de s alleli taşıyan bireylerin sosyal kaygıya yatkınlıkları nedeniyle daha az prososyal davranışlarda bulunabildiği bulgulanmıştır. Bu bulgu, serotonin sistemi ile sosyal davranış arasındaki bağlantıda sosyal kaygı gibi psikolojik araçların önemini ortaya koymaktadır. İnsanlarda OXTR varyantlarının sosyal sinyal gönderme ve sosyal sinyal alma süreçlerini etkileyerek prososyal davranışın iki yönünü (ifade ve algı) birlikte şekillendirdiğini deneysel olarak gösteren ilk çalışmalardan olan Kogan ve arkadaşları (2011)'da OXTR rs53576 GG genotipine sahip bireylerin prososyal

eğilimlerini daha etkili ifade ettiği ve diğerlerinin prososyal davranışlarını belirgin sosyal ipuçlarından daha doğru şekilde algılayabildiği bulgulanmıştır. Çalışma oksitosin sisteminin sosyal sinyallerin gönderilmesi ve algılanmasındaki rolünü ortaya koyması yönünden önemlidir. Walter ve arkadaşları (2012) OXTR genindeki rs2268498 polimorfizminin, bireylerin kazara zarar verme durumlarını değerlendirmelerinde etkili olduğunu bulmuştur buna göre C aleli taşıyan bireyler kazara zarar verme durumlarını daha az affedici olarak değerlendirmişlerdir. Bu bulgu, moral değerlendirmelerin prososyal davranışlarla ilişkili olabileceğini göstermektedir. Empatinin altta yatan mekanizmaları ve bu mekanizmaların diğer türdeşlere karşı prososyalliği motive etmedeki etkisini inceleyen bir çalışmada (Decety ve ark., 2015) prososyal davranışlarda merkezi rol oynayan nöropeptid olarak vurgulanan oksitosinin insan ve diğer memelilerde empatiyi ve sosyal bağlanmayı desteklediği ve bakım verme, grup içi bağları güçlendirme, türün hayatta kalma şansını artırma gibi prososyal davranışların evrimsel avantajlar sağladığı ifade edilmiştir. Prososyalliğin nesiller arası aktarımla ve aktarımın nörometabolik kalıtımla desteklediği hipotezinin öne sürüldüğü bir çalışmada (Okada, ve ark., 2020) çocukların ve ebeveynlerin prososyallik verileri ile GABA_A/Glx oranları arasındaki ilişkiler analiz edilmiştir. Çalışmada ayrıca prososyallik eğiliminde sosyoekonomik statü ve sözlü ebeveyn sevgisi etkileri de incelenmiştir. Çalışmaya göre nörometabolik iletim etkisinden bağımsız olarak sözlü ebeveyn sevgisinin çocukların prososyalliği üzerinde önemli bir pozitif etkisi gözlemlenirken sosyoekonomik statü için böyle bir durum bulgulanmamıştır ancak sosyoekonomik statünün ebeveyn prososyalliği ile önemli ölçüde ilişkili olduğu bulgulanmıştır. Oksitosinin (OXT) insan prososyal davranışlarının nörobiyolojik temellerindeki rolünü kapsamlı şekilde gözden geçiren bir derleme çalışmasında (Marsh.,N. ve ark., 2021) OXT'nin prososyal etkilerinin bağlama duyarlı olduğu; sosyal gruba aidiyet hissi veya karşı tarafın “iç grup” olarak algılandığı durumlarda OXT'nin pozitif etkilerinin güçlü olduğu ancak aynı durumun dış gruplara karşı bazen rekabetçi veya ayrımcı davranışları da artırabildiği ifade edilmiştir. Öte yandan yenidoğan döneminde (kordon kanı DNA'sında) ölçülen DNA metilasyon desenlerinin, çocukluk çağı düşük prososyal davranış düzeyleriyle ilişkisini ele alan büyük ölçekli bir epigenom meta-analiz çalışmasına (Luo, M. ve ark.,2021) göre doğumda ölçülen DNAm desenleri ile çocukluk boyunca düşük prososyal davranış arasında kanıt bulunamamıştır. Çalışmada, prenatal (anne stresi, androjen maruziyeti) ve erken yaşam stresörlerinin (ebeveynlik, aile işlevselliği, sosyal izolasyon) bu metilasyon desenlerini şekillendirebileceği ve bunun da ilerleyen dönemde prososyal davranış gelişimini etkileyebileceği vurgulanmıştır. Erken ya

Erken yaşam deneyimi ile çocuğun nörobiyolojik ve sosyomoral sonuçları arasındaki bağlantılar için evrimleşmiş yuva çerçevesini kullanan alandaki ilk inceleme çalışması (Tarshaa, Narvaez ,2023) evrimleşmiş yuva bileşenlerini prososyo ahlak için kritik bir nörobiyolojik yapı taşı olan oksitosinerjik işleyiş ve genel prososyallik etkileri üzerinden ele almıştır. Evrimleşmiş yuva; 30 milyon yıldan daha eski özelliklerden oluşur ve bir çocuğun olgunlaştıkça temel ihtiyaçlarını karşılamak üzere düzenlenir. Küçük çocuklar için evrimleşmiş yuva; yatıştırıcı perinatal deneyimler, emzirme, pozitif dokunuş, duyarlı bakım, çoklu bakımverenler, kendi kendine yönlendirilen oyun, sosyal gömülülük ve doğaya dalma gibi deneyimleri içerir. İncelemede evrimleşmiş yuva sağlamanın, çocuklar ve yetişkinlerde artan

endojen oksitosinerjik işleyiş ve olumlu sosyo-ahlaki sonuçlarla ilişkilendirildiği çalışmalara değinilerek evrimleşmiş yuva bileşenlerinin ebeveynlerde ve çocuklarda oksitosinerjik işlevi etkilediği ve prososyalliğin temellerini oluşturmaya yardımcı olduğu öne sürülmektedir. Ayrıca ekzojen oksitosin, evrimleşmiş yuva sağlama davranışlarıyla ilişkilendirilmiştir ancak perinatal deneyimlerle ilgili sonuçlar karışıktır. Perinatal dönemde anneye verilen ekzojen oksitosinin bağlanma ve emzirme süresini azaltarak potansiyel olumsuz etkilere sahip olabileceği belirtilmiştir. 3-18 yaş aralığındaki altı doğum kohortunun 19-49 yaş aralığında takip edildiği Genç Finliler Çalışması verilerinin kullanıldığı ve şefkat gibi olumlu sosyal özelliklerin biyolojik yaşlanma süreci üzerinde olası yavaşlatıcı etkisini araştıran prospektif bir çalışmaya (Dobewall, H., ve ark.,2023) göre başkalarına karşı yüksek şefkat duymak bir bireyin biyolojik yaşının kronolojik yaşından düşük olması üzerinde etkilidir ancak bulgular başka sosyal özelliklerle ilişkili olabilir. 2004-2017 yılları arasında üç zaman noktasında çalışmaya alınan 1.213 ergeni içeren benzer bir çalışmada (Espinoza ve ark . ,2024) yüksek ahlaki kimlik, empati ve gönüllülük gibi üç erdem boyutunun ergenlik döneminde epigenetik yaşlanmayı öngörüp öngörmediği ve bu ilişkiye özsaygı ve psikolojik refahın aracı rolü incelenmiştir. Çalışmaya göre daha yüksek ahlaki kimlik ile empati erken ergenlik döneminde daha yüksek öz saygı ve psikolojik refahla ; erken ergenlik döneminde daha yüksek empati ise geç ergenlikte GrimAge saatinde daha yavaş epigenetik yaşlanmayla ilişkilidir. Çalışmada ayrıca orta ergenlik döneminde daha yüksek öz saygının geç ergenlikte daha yavaş epigenetik yaşlanmayı öngördüğü ancak erken ergenlik dönemindeki üç erdemden hiçbirinin zamanla öz saygı, psikolojik refah veya epigenetik yaşlanmayı öngörmediği bulgulanmıştır. Sıçanlarda,olumsuz çocukluk deneyimlerinden(ACE) rahim içi yakın partner şiddeti (IPV) ve anne ihmaline maruz kalma sonucu ortaya çıkan stresi taklit eden modellerin yol açtığı sosyal eksiklikler, ağrı duyumu ve epigenetik değişikliklerin anneye uygulanan oksitosin ile ilişkisini araştıran başka bir çalışmanın sonuçlarına göre (Harris ve ark.,2025) kontrol grubundaki dişi annelerden doğan erkek yavrular, plantar kesi ameliyatından sonra sosyal davranışta azalma ve antisosyal davranışta artış göstermiştir. Bu yavruların anneleri oksitosin tedavisi aldığıında yavrularda ağrı kaynaklı oyun davranışındaki bozulma tersine dönmüş bu durum tıpkı erken yaştaki zorlukların beyni ilerleyen yaşlarda ağırlı uyaranlara daha duyarlı hale getirebildiği gibi artan anne bakımı gibi olumlu deneyimlerin koruyucu olabileceğini ve dayanıklılığını artırabileceğini göstermiştir. Çalışmada beklentilerin aksine perinatal travmaya maruz kalan yavrular, kontrol grubundaki dişi annelerden doğan yavrulara göre sosyal davranışta artış göstermiş ve oyuna önemli ölçüde daha sık başlamıştır. Bu beklenmedik durum zorluk grubundaki yavruların olumlu anne bakımı ile yalama ve tımarlama gibi prososyal davranışları daha az deneyimlemiş olmayı telafi etmek amacıyla ergenlerin ikili sosyal/oyun karşılaşmalarının temelini oluşturan homeostatik dengeyi yeniden sağlamak için daha fazla oyun oynamayla ilişkili olabileceği belirtilmiştir. Çalışmada erken dönemde olumsuzluklara maruz kalan hayvanlarda kaçınmacı oyun tepkilerinde artış görülmüş ve bu durum doğum öncesi stresin yavrularda artan korku tepkisi ve kaçınmacı davranışlarla bağlantılı olduğunu gösteren önceki araştırmalarla tutarlı bulunmuştur. Ayrıca anneye oksitosin uygulanmasının prososyal oyun başlatma veya oyun sürdürme davranışları üzerinde etkisinin olmadığı ancak antisosyal kaçınmacı oyun davranışlarına olan eğilimi azalttığı bulgulanmıştır. Bu çalışma anneye uygulanan oksitosinin olumlu etkilerinin anneden yavruya kalıcı bir şekilde aktarılabilceğini gösteren ilk çalışmalardan biri olması açısından

önemlidir. Bir kısıtlayıcı içinde sıkışıp kalmış, sıkıntılı bir türdeşini serbest bırakabildikleri bir sıçan yardım etme davranışı testinde, çoğu sıçan motive olur ve sıkışmış sıçanı (açanlar) sürekli olarak serbest bırakır ancak yaklaşık %30'u kısıtlayıcıyı açmaz (açmayanlar) bu popülasyonlar arasındaki farkı belirlemek için açıcı ve açıcı olmayan ile erkek ve dişi sıçanlarda davranışsal ve sinirsel belirteçlerin karşılaştırıldığı bir çalışmada (Hazani ve ark.,2025) açıcı sıçanların kapı açılmadan önce ve sonra, açıcı olmayan sıçanlara kıyasla önemli ölçüde daha fazla sosyal ilişkisel davranış gösterdiği bulgulanmıştır. Çalışmada açıcı sıçanların nucleus accumbens'inde (NAc) oksitosin reseptörü mRNA seviyeleri daha yüksektir ancak aynı bulguya ön insulada rastlanmamıştır. Çalışmada açıcıların NAc'sinde çeşitli transkripsiyon kontrol yolları önemli ölçüde up regüle edilirken kemogenetik olarak paraventriküler oksitosin nöronlarını inhibe etmenin yardım etme davranışını önemli ölçüde bozmadığı ancak sosyallik ölçütlerini azalttığı bulgulanmıştır ve bu durum yardım etmenin yalnızca oksitosin sinyallemesine dayanmadığını göstermiştir. Çalışmada ayrıca erkek sıçanlarda uyarana ilk yanıt veren gen (IEG) c-Fos'a dayalı beyin genelindeki sinirsel aktivitenin analizi ile açıcı sıçanların prososyal beyin bölgeleri açıcı olmayanlara kıyasla daha aktif olarak bulgulanmış olup ilgili alanlar insanlarda empatiyle ilişkili bölgeleri (insula, somatosensoriyel, singulat ve frontal korteksler) ve NAc gibi motivasyon ve ödül bölgeleri içermektedir. Tüm bulgular ışığında bu çalışma prososyal davranışın ilişkisel davranış ve prososyal sinir ağındaki aktivite tarafından tahmin edilebileceğini göstererek; prososyal davranışın altında yatan nedensel mekanizmaların araştırılması için hedefler ortaya koymuştur.

Sosyal bilişin algısal ve çıkarımsal düzeyini sırasıyla ToM-PST ve K-RMET görevleriyle ölçen başka bir çalışmada (Hye Yoon Park ve ark., 2025) sosyal biliş cinsiyete göre farklı genlerdeki metilasyonla ilişkili olarak bulgulanmıştır. Bu durum, karmaşık sosyal bilişsel yeteneklerin algısal ve çıkarımsal düzeyleri arasında biyolojik farklılıklar olduğunu göstermektedir. Yaşamın erken dönemlerindeki olumsuzluklardan akut ve kronik stres faktörlerine kadar çok çeşitli çevresel faktör BDNF geninin metilasyonunu etkilemektedir. Çalışmada erkeklerde artan BDNF metilasyonunun K-RMET performansında düşüşle ilişkili olduğu gözlemi bu tür çevresel etkilerin özellikle erkeklerde algısal düzeyde sosyal bilgi işlemeyi etkileyebileceği ancak aynı ilişkinin kadınlarda bulunmaması kadınların benzersiz epigenetik düzenleyici süreçleriyle ilişkili olabileceği belirtilmiştir. Çalışmanın bulguları doğum öncesi çevresel toksik maddelere maruz kalmanın erkeklerde daha yüksek BDNF metilasyonu ile bağlantılı olduğu ancak kadınlarda bu bağlantının bulunmadığı BDNF metilasyonunun cinsiyete bağlı etkilerini gösteren önceki araştırmalarla uyumludur aynı zamanda BDNF metilasyonu ile sosyal biliş - sosyal algı arasında da cinsiyete dayalı benzer bir ilişki olduğunu ortaya koymuştur. Bir çalışmada (Seeman, T., ve ark., 2020) gönüllü bir müdahale programına katılmanın, çocukların sınıflarında gönüllü olarak çalışan yaşlı yetişkinlerde CtrA gen ifadesinin azalması ve öz bildirime dayalı iyi oluş düzeylerinde artmayla ilişkilendirilmiştir. Nakamura ve arkadaşlarının (2025) ABD'de 50 yaş üstü yaklaşık 9.962 katılımcıyı kapsayan Health and Retirement verileri ile yaşlılarda gönüllülük ile azalan mortalite arasındaki ilişkiyi açıklayabilecek mekanizmaları inceledikleri çalışmada gönüllülüğün ölüm oranındaki düşüşle açıkça ilişkili olduğu bulgulanmıştır. Ayrıca çalışmada olası araçlarda incelenmiş hem fiziksel hem de diğer sosyal faktörlerin gönüllülük ve ölüm

oranındaki düşüşe aracılık ettiği gösterilmiştir. Buna göre gönüllülük gibi prososyal aktiviteler, sosyal bağlar, başkalarına yardım etme ve toplulukla etkileşim; yaşlı bireylerde stres, izolasyon ve yalnızlık gibi olumsuz deneyimler ile kronik stres ve inflamasyonu azaltır. (CRP gibi inflamasyon belirteçleri). Çalışmada prososyal bir çevreye sahip olmanın psikolojik iyi oluş, umut ve amaç sahip olmak gibi olumlu duyguları artırabileceği ; biyolojik stres, sistemik inflamasyon, oksidatif stres gibi olumsuz süreçleri ise azaltabileceği ve bu durum epigenetik yaşlanmayı yavaşlatabileceği belirtilmiştir. Ebeveyn prososyalliğinin çocuklara nasıl ve hangi mekanizmalarla aktarıldığını açıklamaya yönelik kuramsal bir modelin öne sürüldüğü bir çalışmada (Qianwen, L.,Zhenhong,W.,2025) ebeveynin prososyal özelliklerinin çocuk üzerindeki etkisinin genetik ve çevresel modelleme yoluyla ebeveynçocuk etkileşimleri, aile işleyişi gibi sosyal çevre faktörleriyle şekillendiği belirtilmektedir. Epigenetik mekanizmaların genç çevre etkileşimini biyolojik düzeye taşıyabileceği ; stres, bakım kalitesi, sevgiye ilişkin vb davranışların epigenetik işaretler aracılığıyla gen ekspresyonunu etkileyebileceği belirtilmektedir. Yine aynı çalışmada çocuğun çevreye olan duyarlılığı aracı olarak ele alındığında prenatal ya da erken çocukluk dönemindeki stres, bakım kalitesi gibi çevresel etkilerin çocuğun stres hormonları, inflamasyon yanıtları, sinirsel plastisite gibi biyolojik düzenleyici sistemlerinde epigenetik değişikliklere yol açabileceği, bu değişikliklerin de prososyal davranışların gelişimini etkileyebileceği öne sürülmüştür.

3. SONUÇ

Son yıllarda sosyal davranışların biyolojik temellerini anlamaya yönelik artan ilgi, prososyal davranışları da epigenetik düzeyde inceleyen yeni bir araştırma alanını beraberinde getirmiştir. Hem insan hem de hayvan modelleri üzerinde yapılan araştırmalar, erken yaşam deneyimlerinin –özellikle ebeveynlik kalitesi, sosyal bakım, travma ve çevresel stresörlerin– epigenetik düzenlemeler yoluyla empati, yardım etme davranışı ve bağ kurma kapasitesi gibi prososyal eğilimleri şekillendirebileceğini göstermektedir.

Epigenetik mekanizmalar; genetik yatkınlık ile çevresel etkileşim arasında aracı bir rol oynamakta ve bu yolla bireyin sosyal davranışlarına etki edebilmektedir. Özellikle oksitosin reseptör geni (OXTR), serotonin taşıyıcı geni (SLC6A4) ve BDNF gibi genlerdeki epigenetik değişiklikler, sosyal duyarlılık ve kişilerarası etkileşim kalitesiyle ilişkilidir. Ayrıca, prenatal dönemden başlayarak yaşamın erken dönemlerinde oluşan epigenetik izlerin prososyal davranışlar üzerinde uzun vadeli etkiler oluşturabileceği ve bu etkilerin bazı durumlarda nesiller arası aktarılabilmesine dair bulgular önemlidir. Bu bulgular, yalnızca bireysel düzeyde değil aynı zamanda toplumsal bağlamda da önemli çıkarımlar sunmaktadır. Bireylerde prososyal davranışların desteklenmesine yönelik çevresel faktörlerin düzenlenmesi örneğin; sosyal destek, eğitim, güvenli bağlanma ilişkilerinin geliştirilmesi; epigenetik mekanizmaların etkileşmesinde belirleyici olabilmektedir. Sonuç olarak epigenetik mekanizmalar prososyal davranışların gelişiminde insan davranışının biyolojik ve sosyal kökenlerini birleştiren önemli bir çalışma alanıdır. Bu alan hem bireysel düzeyde sosyal becerilerin desteklenmesi hem de toplumsal düzeyde dayanışma, empati ve iş birliği gibi değerlerin güçlendirilmesi açısından derinlemesine anlaşılması gereken bir alandır.

KAYNAKÇA

- 1- Staub, E. Positive social behavior and morality: Social and personal influences ,1978
- 2- Eisenberg, N., Mussen, P. H. *The roots of prosocial behavior in children*, 1989
- 3- Batson, C. D., Powell, A. A, Altruism and prosocial behavior. In T. Millon & M. J. ,2003
- 4- Lerner (Eds.), *Handbook of psychology: Personality and social* ,2003
- 5- Lasting Epigenetic Influence Of Early-Life Adversity On The Bdnf Gene ,2009
- 6- Knafo A., et. Al ,Heritability of children’s prosocial behavior and differential susceptibility to parenting by variation in the dopamine receptor D4 gene , 2011
- 7- Meek,E.,S., *Gene-Environment Interplay and Prosocial Behavior An Analysis of Parent-Child Relationships*, 2013
- 8- Scott F. Stoltenberg et al, *Afraid to Help: Social Anxiety Partially Mediates the Association between 5-HTTLPR Triallelic Genotype and Prosocial Behavior* , 2013
- 9- Aleksandr Kogana et al , *Thin-slicing study of the oxytocin receptor (OXTR) gene and the evaluation and expression of the prosocial disposition* , 2011
- 10- Nora T. Walter et al , *Ignorance is no excuse: Moral judgments are influenced by a genetic variation on the oxytocin receptor gene* , 2012
- 11- Jean Decety et al, *Empathy as a driver of prosocial behaviour: highly conserved neurobehavioural mechanisms across species*, 2015
- 12- Ariel Knafo-Noam, Dana Vertsberger and Salomon Israel, *Genetic and environmental contributions to children’s prosocial behavior: brief review and new evidence from a reanalysis of experimental twin data* , 2018
- 13- Okada, N., et.al, *Neurometabolic underpinning of the intergenerational transmission of prosociality* ,2020
- 14- Nina Marsh, Abigail A. Marsh², Mary R. Lee, and René Hurlemann, *Oxytocin and the Neurobiology of Prosocial Behavior* , 2021
- 15- Mannan Luo et. al, *Neonatal DNA methylation and childhood low prosocial behavior: An epigenome-wide association meta-analysis*, 2021.
- 16- Tarsha, S.,M., et., al, *The evolved nest, oxytocin functioning, and prosocial development* , 2023
- 17- Dobewall, H., *The relationship of trait-like compassion with epigenetic aging: The population-based prospective Young Finns Study* , 2023
- 18- Espinoza , N., C., et.al, *Is virtue its own reward? Moral identity, empathy, and volunteering during adolescence as predictors of subsequent epigenetic aging* , 2024
- 19- Harris, S., et. al., *Maternal oxytocin administration mitigates nociceptive, social, and epigenetic impairments in adolescent offspring exposed to perinatal trauma* , 2025
- 20- Hazani, R., et. al., *Neural and Behavioral Correlates of Individual Variability in Rat Helping Behavior: A Role for Social Affiliation and Oxytocin Receptors*, 2025
- 21- Park, Y.,H., et. al., *Epigenetic modulation of social cognition: exploring the impact of methylation in brain-derived neurotrophic factor and oxytocin receptor genes across sex*, 2025

- 22- Seeman, T., et. al., Intergenerational mentoring, eudaimonic well-being and gene regulation in older adults: A pilot study, 2020
- 23- Nakamura, J. S. et. Al, How is volunteering associated with reduced mortality? A mediator-wide approach., 2025.
- 24- Qianwen, L., Zhenhong, W., The Construction And Significance Of The Theoretical Model Of Intergenerational Transmission Of Prosocial Behavior , 2025
- 25- Park, Y., H., et., al, Epigenetic modulation of social cognition: exploring the impact of methylation in brain-derived neurotrophic factor and oxytocin receptor genes across sex , 2025

OTİZM SPEKTRUM BOZUKLUĞUNDA EPİGENETİĞİN ÖNEMİ

Doktora Öğrencisi ZUAL EMİNİ¹, Prof.Dr.MUSTAFA ÖZÇETİN², Prof.Dr. SACİDE PEHLİVAN³

¹*İstanbul Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Disiplinlerarası Gelişimsel Davranış Bozuklukları ve Bütünleşik Yaklaşım Anabilim Dalı, zual.emini@ogr.iu.edu.tr - ORCID ID:0009-0003-8734-7938

²*İstanbul Üniversitesi, Çocuk Sağlığı Enstitüsü, Aile Sağlığı Anabilim Dalı, mustafa.ozcetin@istanbul.edu.tr – ORCID ID: 0000-0003-0697-4271

³*İstanbul Üniversitesi, Tıp Fakültesi, Tıbbi Biyoloji Anabilim Dalı, sacide.pehlivan@istanbul.edu.tr – ORCID ID: 0000-0003-1272-5845

ÖZET

Otizm Spektrum Bozukluğu çok çeşitli semptomlara karakterize olan karmaşık bir nörogelişimsel bozukluktur. Nörogelişimsel bir hastalık olan otizm spektrum bozukluğunun nedenlerini anlamak son derece önemlidir. Otizmin tedavisi ve yaşam boyu desteği de hastanın yaşam kalitesini iyileştirmek için önemlidir. Otizm bozukluğunun gelişiminde genetik faktörler, epigenetik modifikasyonlar ve çevresel faktörler gibi birden fazla faktör rol oynar. Çevresel-genetik faktörler epigenomu bozabilir, otizmin gelişimi etkileyebilir ve otistik fenotiplerin heterojen karmaşıklığının altında yatan neden olabilir. Epigenetik değişiklikler, DNA metilasyonu ve mikro RNA değişiklikleri OSB'ile potansiyel biyobelirteç olarak ilişkilendirilmiştir. Araştırmamızda OSB'un epigenetik mekanizmalarla ilişkisini, çevresel ve epigenetik faktörler gibi otizme yol açan çeşitli etmenlerin gözden geçirilmesi amaçlanmıştır.

Anahtar kelimeler: Otizm Spektrum Bozukluğu, Genetik, Epigenetik

THE IMPORTANCE OF EPIGENETICS IN AUTISM SPECTRUM DISORDER

**PhD. Candidate ZUAL EMİNİ¹, Prof.Dr.MUSTAFA ÖZÇETİN²,
Prof.Dr.SACİDE PEHLİVAN³**

^{1*} Istanbul University, Institute of Health Science, Department of Interdisciplinary
Developmental Behavioral Disorders and Integrated Approach ,
zual.emini@ogr.iu.edu.tr - ORCID ID:0009-0003-8734-7938

^{2*}Istanbul University, Institute of Child Health, Department of Family Health,
mustafa.ozcetin@istanbul.edu.tr – ORCID ID: 0000-0003-0697-4271

^{3*}Istanbul University, Faculty of Medicine, Department of Medical Biology,
sacide.pehlivan@istanbul.edu.tr – ORCID ID: 0000-0003-1272-5845

ABSTRACT

Autism Spectrum Disorder (ASD) is a complex neurodevelopmental disorder characterized by a broad range symptoms. It is extremely important to understand the causes of autism spectrum disorder which is a neurodevelopmental disease. Treatment and lifelong support of autism are also important to improve the patient's life quality. Autism is a complex disorder and multiple factors such as genetic factors, epigenetic modifications, and environmental factors are involved in the development of the autism disorder. Both genetic and environmental factors can disturb the epigenome, influencing autism spectrum disorders development and underlying the heterogenic complexity of autistic phenotypes. Epigenetic changes, DNA methylation and micro RNA alterations, have been associated with ASD and proposed as potential biomarkers. We describe ASD and its relation with the epigenetic mechanisms, several different factors leading to ASD such as environmental and epigenetic factors.

Keyword: Autism Spectrum Disorder, Genetic, Epigenetic

1.GİRİŞ

Otizm spektrum bozukluğu (OSB) dünyada ve Türkiye’de artan yaygınlık oranlarıyla dikkat çeken ve her toplumda görülen özel bir gruptur. Zihinsel yetersizlikten sonra çocuklarda en sık rastlanannöro-gelişimsel yetersizliktir. Buna ek olarak; akademik ve uygulamaya dönük çalışmaların diğer engel gruplarına göre daha geç tarihsel döneme rastladığı bir gruptur. OSB olarak tanımlanan klinik tablo ilk olarak 1943 yılında Leo Kanner tarafından 11 olgu sunumu ile gündeme gelmiştir. Kanner tanımladığı 11 olguda insanlarla ilişki kurma güçlüğü, ekolali, zamirlerin tersten söylenmesi, tekrarlayıcı ve amaçsız davranışlar ve değişime direnç belirtilerinden bahsetmiş ve bu durumu “infantil otizm” olarak adlandırmıştır.

Otizm spektrum bozukluğu, genel olarak belirtileri yaşamın ilk yıllarında ortaya çıkan ve yaşam boyu devam eden; etkileşim ve iletişim alanında belirgin gecikme, sapma ve kısıtlayıcı ilgi alanları ile kendini gösteren karmaşık gelişimsel bir bozukluk olarak tanımlanır. Günümüzde ise OSB’nin her 68 çocuktan birini etkilediği; erkek çocuklarında görülme sıklığının kız çocuklarından 4 kat daha fazla olduğu ancak genelde kız çocuklarında daha ağır seyrettiği belirtilmiştir. Otizmin nedeni, kesin olarak bilinmemekle birlikte biyolojik, genetik ve çevresel faktörlerin neden olduğu düşünülmektedir.(1)

2.1.Otizm Spektrum Bozukluğun Etiyolojisi

Nörobiyolojik Faktorler: Nörogörüntüleme çalışmalarında OSB’de beyin gelişimdeki anormalliklerin erken yaşlarda başladığı, üç yaş öncesinde özellikle frontal lob, temporal lob ve amigdala olmak üzere beyinde aşırı büyüme olduğu sonra bu büyümenin durduğu bildirilmiştir.

OSB’li bireylerde amigdala, temporal lob, frontal lob ve serebellum en çok farklılığın bildirildiği beyin bölgeleridir. OSB’de EEG anormallikleri %50 oranında olduğu bildirilmiştir. fMRG çalışmalarında duyguları anlama görevi sırasında amigdalanın aktive olmadığı, yüz okuma görevi sırasında sağ fusiform girusta aktivite azalması olduğu bildirilmiştir. Nörokimyasal çalışmalarda gabaerjik ve serotoninerjik sistemin OSB ile ilişkili olduğu, hipoglutamaterjik bir bozukluk olduğunu düşündüren veriler elde edilmiştir.(2-13)

Genetik Faktörler: OSB ile ilişkili genetik değişiklikler mikroskobik ve submikroskopik kromozomal anomalilerden, Kopya Sayısı Değişikliklerine (CNV) tek gen mutasyonlarına varana kadar farklı biçimlerde ortaya çıkabilir. OSB için yatkınlık oluşturması olası genlerin bir kısmında nadir, tekrarlayıcı de novo ekzonik CNV’ler tespit edilmiştir. Bunlar: PTCHD1, NLGN1, SHANK1 ve SHANK3 genleridir. Epigenetik değişiklikler ve kromozomal ya da segmental homozigotite ile sonuçlanan uniparental dizominin de otizmin patogenezinde rol oynayabileceği gösterilmiştir.OSB’deki spesifik genetik risk faktörlerine ilişkin çalışmalarda Frajil X, çeşitli copy number variant kromozom 16p11.2 delesyon ve duplikasyon ve maternal 15q11-q13 kopyaları gibi, ile OSB arasında anlamlı ilişkilerin bulunduğu belirtilmiştir.(3)

Çizelge 1. Otizm spektrum bozukluğuyla ilişkili genlerin özeti

Genler:	Nedenler:
<i>PTCHD1</i>	Zihinsel Gelişim
<i>HOX</i>	Beyin Gelişimi için önemlidir
<i>CHD8</i>	Beyin anormalliklerine neden olur
<i>FOXP2</i>	Dil ve Konuşma Yetersizlikleri
<i>SHAF3</i>	Nörotransmitter reseptörleri ve sinir hücreleri ile iletişimi
<i>OKTR</i>	Yüz hafızasında etkisi

Çevresel Faktörler: çevresel etmenler arasında şunlar sıralanabilmektedir: beslenme yetersizliği ,çeşitli ilaç ve toksik ya da zehirleyici maddelere (kurşun, poliklorobifenil) maruz kalma, düşük doğum ağırlığı, sarılık ve doğum sonrası enfeksiyonlar gibi durumlar sıralanmaktadır. Gebeliğin ilk periyodunda valproik asit, talidomid kullanımı, viral enfeksiyonlar, beslenme yetersizlikleri, aşırı kusma; ikinci ve üçüncü trimesterlerdeki bakteriyel enfeksiyonlar, hastane yatışları, D vitamini eksiklikleri, annenin stres altında olması gibi dış etkenler, anne karnındaki bebeğin beyin gelişimini olumsuz etkileyebileceğini düşünülmektedir.(4)

2.2.Epigenetiğin Tanımı ve Rolü

Epigenetik, DNA dizisindeki değişimlerle açıklanamayan, mitoz ve/veya mayoz bölünme ile kalıtılabilen, gen fonksiyonundaki değişiklikler olarak tanımlanmaktadır. Epigenetik, dış etkenlerin veya 'belirteçleri' nasıl değiştirdiğini ve böylece genetik aktiviteyi nasıl etkilediğini inceler. Epigenetiğin öncelikli rolü,embriyonal dönemde döllenmiş yumurtadan organizma oluşumunu yönetmek ve regüle etmeye yardımcı olmaktadır. Epigenetiğin diğer rolü, genler ve çevre arasındaki etkileşime bakmamızı sağlayan yolu sunar, genellikle kromatin yapısını gen ifadesini etkilemek için değiştirildiği yolları ifade eder. OSB'nin genetik ve çevre ile ilişkili karmaşık etkileşimler sonucu ortaya çıkan epigenetik değişimler klinik görünümde multifaktoriyel bir bozukluk olduğu belirlenmiştir. OSB'nin etiyopatolojisi tam anlaşılmadığından epigenetik değişiklikler, gen ekspresyonu açısından çevresel faktörlerin rolünü açıklayabilir.(5-6)

2.3.Epigenetik Faktörler

Epigenetik değişikliklerin dört farklı modifikasyonları vardır: Histon Modifikasyonu, DNA Metilasyonu, RNA interferansı ve RNA modifikasyonlarıdır.Gen ifadesi ve transkripsiyon düzeyinde önemli roller oynarlar.

Histon modifikasyonları:genomun farklı transkripsiyonel potansiyellere sahip alanlara bölünmesine yardımcı olabilir. Histon kuyruğu asetilasyonu, nükleozomun çözünmesini, geni serbest bırakmasını ve DNA'nın bileşimini değiştirmesini sağlar.Histon asetilom ile ilişkili bir çalışmada otizmlilerden alınan örnek analiz edildi ve genler ve iyon kanalları arasında bir bağlantı vardı, epilepsi ve nöronal uyarılarla ilişkilidi.

DNA Metilasyonu:doğrudan DNA ifadesi ve transkripsiyon seviyesiyle ilgilidir. DNA metilasyonu,sitozinin beşinci karbonuna metil izlerinin eklenmesi ile genlerin ifade durumunu etkiler. DNA metilasyonu, OSB'nin dahil olmak üzere nörolojik bozuklukların

patofizyolojisinde rol oynamaktadır. Prolin açısından zengin transmembran protein 1 (PRRT1) geni otistik beyinlerde temporal korteks ve serebellumda daha düşük metilasyon sergilemiştir. Otistik hastalarının beyinlerindeki frontal kortekste epigenetik proteinler Tet metilsitozin dioksijenazlar (TET) -1, -2, -3'ü kodlayan mRNA'ların arttığını, DNA metil transferaz 1'in (DNMT1) azaldığını, metil CpG bağlayıcı protein-2 (MECP2) ise değişmediğini göstermiştir. Hem MECP2 hem de DNMT1 proteininin RELN ve GAD1 bağlanması artmıştır ve bu iki genin işlevi azalmasında kaynaklanmaktadır.(7-12)

Kodlamayan RNA: Epigenetik mekanizmalar içinde protein yapmayan ve proteine çevrilemeyen RNA transkriptleri olan bağlanmayan RNA'lar(ncRNA) odak noktası olmuştur. Proteinlerin yerel çevirisi, nöronal aktiviteye bağlı bir şekilde sinaptik alanda, spesifik mRNA'ları çeviri süreci aracılığıyla indüklenir. Bağışıklık sistemi bozukluğu ile ilişkili proteinlerin büyük olasılıkla otizme yol açtığını göstermektedir.(Örneğin: IL1RAPL1, IL-1 β aktivitesini düzenler ve dendritik morfolojide rol oynar ve genetik olarak OSB'ye neden olur.(8)

sncRNAlar,MikroRNA (miRNA): sncRNAlardan 20-24 nükleotit uzunluğundaki miRNAlar gen üzerinde mRNA translasyonunu sessizleştirerek etki gösterir. miRNAlar OSB tanı bireylerin tükürük sıvısında, periferik lenfoblast kültüründe, OSB patogenezinde hedef moleküller olabileceği açıklanmıştır.(9)

Y-RNA: Y-RNA'lar yaklaşık 110 nükleotid uzunluğunda sncRNA'lardandır, DNA replikasyonu üzerinde epigenetik mekanizmalar ile etki gösterir. Yapılan bir çalışmada şiddetli belirtileri olan OSB hastalarında belirgin olarak düzeyi farklılık gösteren Y-RNA'ların olduğu gösterilmiştir, sadece OSB'de değil diğer OSB belirtileri gösteren diğer nörogelişimsel bozukluklarda Y-RNA'ların farklılık gösterebileceği düşünülmektedir.

tsRNA(Taşıyıcı Kökenli küçük RNA): tsRNA'da transkripte edilen ve DNA'da ters transkripsiyon ile genomda yeni lokasyona yerleşen elementler kontrolü,immün yanıt ve hücre ölümünün regülasyonunu sağlamaktır. Maternal immün aktivasyon ile gerçekleştirilmiş hayvan modellemesinde OSB ilişkili fenotip gösteren farelerde tsRNA'lar ile birlikte nörogelişimsel değişimlere neden olabilecekleri gösterilmiştir.(10)

Çizelge 2. Otizm spektrum bozukluğunun epigenetik değişimleri:

Epigenetik Faktörler:	Nedenler:
RNA metilasyonu	mRNA dönüşümü ile protein sentezi arasında geçişin düzensizliği,metilasyondaki değişiklikler metilasyon kapasitesinin azalmasına yol açar
IncRNA'lar	Farklı şekilde ifade edilen Inc RNA'lar nöronal bağlantı ve sinaptik işlevlerin başarılılığında rol oynar
miRNA'lar	Sinaptik mekanizmalarda,sinaptik plastisite ve hafızada, nöronal işlevlerde yer alan genleri kontrol eder
HDAC1'in inhibisyonu	HDAC1 valproik asit inhibisyonu ve GSK3B lityum Wnt transkripsiyon inhibisyonunu artırır ve makroşefaliye neden olur

Histon H3 fosforilasyonu	Androjen reseptör uyarılması için H3K4 demetilasyonun engellenmesine neden olur
Epigenetik proteinler	DNA metiltransferaz ekspresyonunun azalması

2.4.Otizm Spektrum Bozukluğunda Epigenetik Tedavi Yaklaşımları

Davranış terapisi, otizm semptomları için tek onaylı tedavi olarak durmaktadır. Davranışsal düzeyde çeşitli psikososyal ve çevresel terapiler anormal davranışları iyileştirmiştir. Bu terapi genellikle birkaç yıla yoğun bir seansları içerir ve maliyet, süre, motivasyon eksikliği nedeniyle sınırlı hale gelir.

Farmakolojik düzeyde, psikiyatride kullanılan bazı ilaçlar psikososyal müdahaleleri geliştirebilir, ek olarak etkili ve spesifik epi-ilaçların geliştirilmesi epigenomik değişiklikleri düzeltebilir. (Sulforafan, Oksitosin, Lityum, Bumetanid, Lokovorin, Arbaklofen, Risperidon, D-vit)

Genetik düzeyde, gen düzeltme terapisi belirli zaman aralıklarında uygulanabilir. Prensipte olarak gen terapisi daha kalıcı etkilere sahip olabilir ve geç evrede fenotipik eksikleri önleyebilir. (Hayvan modellerinde, gen düzeltmeleri CRISPR aracılı genle, transgen ekspresyonu, virus aracılı genle ve oligonukleotidlerle gibi farklı yöntemlerle geçici veya kalıcı bir şekilde elde edilebilir).

Epigenom düzeyinde, CRISPR-dCas9 teknolojisi ile ilişkili spesifik epigenetik değişiklikleri tersine çevirme potansiyeline sahiptir. (11) Kümelenebilir düzen, polindromik tekrarlar ve cas-proteini bağışıklık sisteminin viral enfeksiyona karşı koruma sağlayan bir parça olarak keşfedildi. CRISPR ve nanopartiküller kullanılarak farelerde otizm spektrum bozukluğuna neden olan gen başarıyla düzeltildi. CRISPR ile gen düzenleme etkili olabileceğini vurgulanmıştır, ancak gen düzenleme teknolojisi oldukça tehlikeli ve yan etkileri olabilecek bir yöntemdir, bu yüzden etik olarak tartışılacak bir konudur.

3.SONUÇ

Epigenetik mekanizmalar, otizm spektrum bozukluğunun gelişiminde önemli katkılar sağlayanlar olarak daha fazla tanınmaktadır, DNA metilasyonundaki değişiklikler, ve histon modifikasyonu gibi epigenetik değişiklikler, genomik DNA dizisini değiştirmeden gen ifadesini etkileyebilir. Bu modifikasyonlar gen ifadesini düzenlemede OSB'da önemli ölçüde rol oynar.

Sonuç olarak, otizm yaşamın ilk 3 yılında ortaya çıkan ve kişinin sosyal, entelektüel ve dil becerisi açısından toplumla ilişkisini tamamen yok eden bir bozukluktur. Otizmin epigenetik predispozisyonu olduğu yaygın olarak kabul görmektedir.

KAYNAKÇA

1. Birliği, A.P., Mental bozuklukların tanısal ve sayımsal el kitabı, 5. Baskı (DSM 5). 2013, Çev. Ed., Ertuğrul Koroğlu. Ankara: Hekimler Yayın Birliği
2. Jack, A. and K.A. Pelphrey, Annual Research Review: Understudied populations within the autism spectrum–current trends and future directions in neuroimaging research. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, 2017
3. Özücer K. İ., Otizm Spektrum Bozukluğu Hastalarında Hedef Gen TMLHE Ekspresyon Profilin İncelenmesi. İstanbul. Uzmanlık Tezi. İstanbul Üniversitesi 2019
4. Özbaran, B. Do Environmental Factors Have Influence on Autism Spectrum Disorder? *The Journal of Pediatric Research* 2014;1(4):170-3
5. Baykara B., Otizm Spektrum Bozukluğunun Etiyolojisinde Genetik ve Epigenetik Etkenlerin Rolü.: Türkiye Klinikleri J Çocuk Psikiyatrisi-Özel Konular. 2015;1(2):11-6
6. Kowalnik W. B., Nowakowska A. B., Genetics and epigenetics of autism spectrum disorder-current evidence in the field.: *Journal Appl Genetics*. 2019;60(1):37-47
7. Eshraghi A., Liu G., Kay S., Eshraghi R., Mittal J., Moshiree B., Mittal R., Epigenetics and Autism Spectrum Disorder: İs There a Correlation.: *Front Cell Neurosci*. 2018;12:78
8. Binici C. N., Şahbudak B., Otizm Spektrum Bozukluklarında Epigenetik Değişikler: Kısa Kodlamayan RNA'lara Genel Bakış. *Türk Çocuk Ergen Ruh Sağlığı Dergisi*.: 2023.;30(2):117-122
9. Sarachana T, Zhou R, Chen G, Manji HK, Hu VW. Investigation of post-transcriptional gene regulatory networks associated with autism spectrum disorders by microRNA expression profiling of lymphoblastoid cell lines. *Genome Med*. 2010;2:23.
10. Kumar P, Kuscü C, Dutta A. Biogenesis and Function of Transfer RNA-Related Fragments (tRFs). *Trends Biochem Sci*. 2016;41:679- 689
11. Herrera M, Paraiso-Luna J, Bustos-Martinez I, Barco A., Targeting epigenetic dysregulation in autism disorders. *Trends in Molecular Medicine*. 2024;30(11),1028-1046
12. Oztenekecioglu B, Mavis M, Osum M, Kalkan R., Genetic and Epigenetic Alterations in Autism Spectrum Disorder. *Global Medical Genetics*. 2021;15;8(4):144-148
13. Masini E, Loi E, Vega-Benedetti A, Carta M, Doneddu G, Fadda R, Zavattari P, An Overview of the Main Genetic, Epigenetic and Environmental Factors Involved in Autism Spectrum Disorder Focusing on Synaptic Activity, 2020, *Internacional Journal of Molecular Science*.;21(21)8290

HASTALIKTA VE SAĞLIKTA METABOLOEPIGENETİK

EMİNE ZEHRA KARACA¹, Prof. Dr. SACİDE PEHLİVAN².

¹İstinye Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Moleküler Biyoloji ve Genetik, e-zehra-k@outlook.com- ORCID ID: 0009-0007-2018-0271

²İstanbul Üniversitesi, Tıp Fakültesi, Tıbbi Biyoloji Anabilim Dalı, sacide.pehlivan@istanbul.edu.tr- ORCID ID: 0000-0003-1272-5845

ÖZET

Tüm hücrelerimizde aynı DNA vardır. Ancak DNA'daki bilginin kullanımı (ekspresyonu) hücre tipine ve koşullara göre değişebilir ve bu duruma “genler üstü genetik” ya da “epigenetik” adı verilir. Farklı hücrelerde ve farklı zamanlarda ekspresyonun değişmesinde; DNA'ya özellikle Sitozin (C)'e metil grubunun eklenmesi, histon modifikasyonları, kromatin modifikasyonları ve kodlamayan RNA'ların farklı fonksiyonları görev alır. Epigenetik ekspresyonda meydana gelen değişimler hücre içi ve hücre dışı faktörlere bağlıdır. Bu dış faktörlerden biri de metabolizma ve vücuda giren besinlerdir. Metabolizma, organizmaların hayatta kalmak için geçirdiği kimyasal reaksiyonlara verilen genel isimdir. Anabolizma (yapım) ve katabolizma (yıkım) olarak ikiye ayrılır. Metabolizma sonucu ortaya çıkan birçok ürün metilasyonu, gen susturmayı, histon modifikasyonlarını tetikler. Bu iki kavramın birleşmesiyle “metaboloepigenetik” terimi oluşur ve metabolizmanın epigenetik ekspresyona etkisini ifade eder. Metaboloepigenetik; canlıların büyümesinde, hücre farklılaşmasında ve organizmanın hayati faaliyetlerinin düzenlenmesi gibi birçok alanda önemlidir. Epigenetiği Etkileyen Metabolitler; S-adenosil metionin (Histon modifikasyonu için bir metil grubu donörüdür ve varlığı gen susturma veya aktivasyonunu tetikler), Flavin Adenin Dinükleotid (Histon metilasyonunun geri alınmasında rol oynar), Asetil Koenzim A (Histon asetilasyonunda görev alır, bu sebeple kromatinin açılarak gen ekspresyonunun artmasında rol oynar), NAD⁺ (Histonları deasetile ederek gen ekspresyonunu baskılar), α -Ketoglutarat (DNA ve histon demetilasyonlarında kofaktör olarak kullanılır)'i örnek verebiliriz. Yetersiz olmaları durumunda epigenetik baskılama ortaya çıkar ve yetersiz besin ortamı durumu embriyonik aşamada gerçekleşirse hayati olabilecek veya ömür boyu sürebilecek hastalıklara sebep olur. Tam tersi olarak da bir etkenin fazla olması veya birikmesi durumunda ise hücreler fazlalığı atamadıklarından dolayı inflamasyon gerçekleşir, kanser riski artar, organizmanın işlemlerinde aksama ve de bu sebeple dejenerasyon görülür. Metaboloepigenetik hastalıklara metabolit takviyesi, mineral takviyesi ve belirli özellikleri inhibe edecek takviyeler verilerek iyileşmeye yardım edilebilir veya hayat tarzı düzeltmeleriyle hem tedavi hem de erken önlem almak mümkündür. Bu sunumda yeni bir alan olan “METABOLOEPIGENETİK” konusunun sağlıkta ve hastalıkta önemi güncel literatür ile derlenmiş olup paylaşılacaktır.

Anahtar Kelimeler: Epigenetik, Metabolizma, Histon Modifikasyonu, Kodlamayan RNA, Metabolit, DNA

Metaboloepigenetics in Health and Disease

EMİNE ZEHRA KARACA¹, Prof. Dr. SACİDE PEHLİVAN².

¹Istinye University, Faculty of Engineering and Natural Sciences, Department of Molecular Biology and Genetics, e-zehra-k@outlook.com- ORCID ID: 0009-0007-2018-0271

²Istanbul University, Faculty of Medicine, Department of Medical Biology, sacide.pehlivan@istanbul.edu.tr- ORCID ID: 0000-0003-1272-58452

ABSTRACT

All the cells in our body contain the same DNA. However, the use of the information in the DNA (expression) can change depending the cell's type and circumstances and this phenomenon is called "genetics above genome" or "epigenetics". The different functions that play a role in the change of expression in different cells and at different times are: A methyl group addition to the DNA and especially to the Cytosine (C), histone modifications, chromatin modifications and noncoding RNAs. The changes in epigenetic expressions are dependent on intracellular and extracellular factors. One of these extracellular factors are metabolism and food intake. Metabolism is the sum of all the necessary chemical reactions organisms undergo to survive. It divides into two as anabolism (construction) and catabolism (breakdown). A lot of metabolic products trigger methylation, gene silencing and histone modifications. These two concepts come together to create the term "metaboloepigenetics" and it defines the effect of metabolism on epigenetic expressions. Metaboloepigenetics is important for living beings in many aspects such as growth, cell differentiation and regulation of vital activities. Examples of metabolites that affect Epigenetics can be given as: S-adenosyl methionine (A methyl group donor for histone modifications. Its presence affects gene silencing or activation), Flavin Adenine Dinucleotide (Important for histone methylation to be taken back), Acetyl Coenzyme A (Takes part in histone acetylation, for that reason it's important for chromatin opening and gene expression increasing), NAD⁺ (Suppresses gene expression by deacetylating histones), α -Ketoglutarate (Used as a cofactor for DNA and histone demethylation). Epigenetic suppression occurs if there isn't a sufficient amount of these metabolites in the environment and if this poor nutrition environment happens in the fetal period, it can cause fatal or lifelong diseases. On the opposite end, the excess buildup of certain materials cause inflammation as cells can't get rid of it, the risk of cancer increases, degeneration occurs. It's possible to help patients with metaboloepigenetic diseases with metabolite or mineral supplements, supplements that ill inhibit certain factors or both treatment and early prevention are possible with lifestyle changes. In this presentation, the new field of "METABOLOEPIGENETICS" in health and disease and its importance will be compiled from relevant literature and shared.

Key Words: Epigenetics, Metabolism, Histone Modification, Non-Coding RNA, Metabolite, DNA

1. GİRİŞ

Son yıllarda ortaya çıkan ve metabolizma ve epigenetik kavramlarını birleştiren metaboloepigenetik terimi, hastalıkların anlaşılmasında ve tedavisinde bize yeni bir bakış açısı sunmaktadır. Organizmaların biyokimyasal fonksiyonları ve enerji dönüşüm süreçlerini inceleyen metabolizma alanı ile DNA'nın yapısı değişmeden genetik ifadesinin değişmesiyle ilgili olan epigenetik alanının birleşmesiyle oluşmuştur. Metaboloepigenetik, bu iki alanın etkileşimi ve metabolik ürünlerin epigenetik ekspresyon üzerindeki etkiyi araştırmaktadır.

Yapılan güncel çalışmalarda beslenme alışkanlıklarının ve hayat tarzı değişimlerinin epigenetik ekspresyonu etkilediği açıkça ortaya konmuştur. Bu etkilerin birçoğunun hastalıkları tetiklediği görülmektedir. Obezite, nörodejenerasyon, kardiyovasküler hastalıklar ve daha birçok hastalık metabolik değişikliklerin ve epigenetik modifikasyonların birleşimi ile ilişkili olarak incelenmeye başlanmıştır.

Bu derlemenin amacı metabolizmanın ve epigenetik değişikliklerin birbirini nasıl etkilediğini, hastalıkların ve sağlık durumlarının metaboloepigenetik perspektiften nasıl ele alındığını, aralarındaki etkileşimlerin tedavi stratejileri üzerindeki potansiyel etkilerini tartışmaktır.

2. EPIGENETİK VE MEKANİZMALARI

DNA dizisinde değişim olmadan genetik ifadesinin nasıl değiştiğini inceleyen bilim dalıdır [13]. Çevresel faktörler DNA metilasyonu, histon modifikasyonu, kromatin modifikasyonu ve kodlamayan RNA'ları(ncRNA) etkileyerek organizmadaki gen etkinliğini değiştirir. Bu epigenetik değişimler hücreden hücreye aktarılabileceği gibi, nesiller boyu da aktarılabirler. [13]

DNA Metilasyonu

DNA'lardaki CpG dinükleotitlerine DNA metiltransferaz enzimi (DNMT) aracılığıyla bir metil grubunun eklenmesiyle gerçekleşir. Gen ifadesini düzenler. Somatik hücre bölünmelerinde bu gen ifadeleri yavru hücrelere taşınabilir. Gen baskılanmasında rol oynayan proteinleri harekete geçirerek veya transkripsiyon faktörlerinin DNA'ya bağlanmasını engeller. Gelişim sırasında, metilasyon ve demetilasyon kullanılarak hücre ve doku farklılaşması görülür. Metilasyon dengesinin bozulması sonucunda kanser dahil birçok hastalık görülebilmektedir. [8]

Histon Modifikasyonu

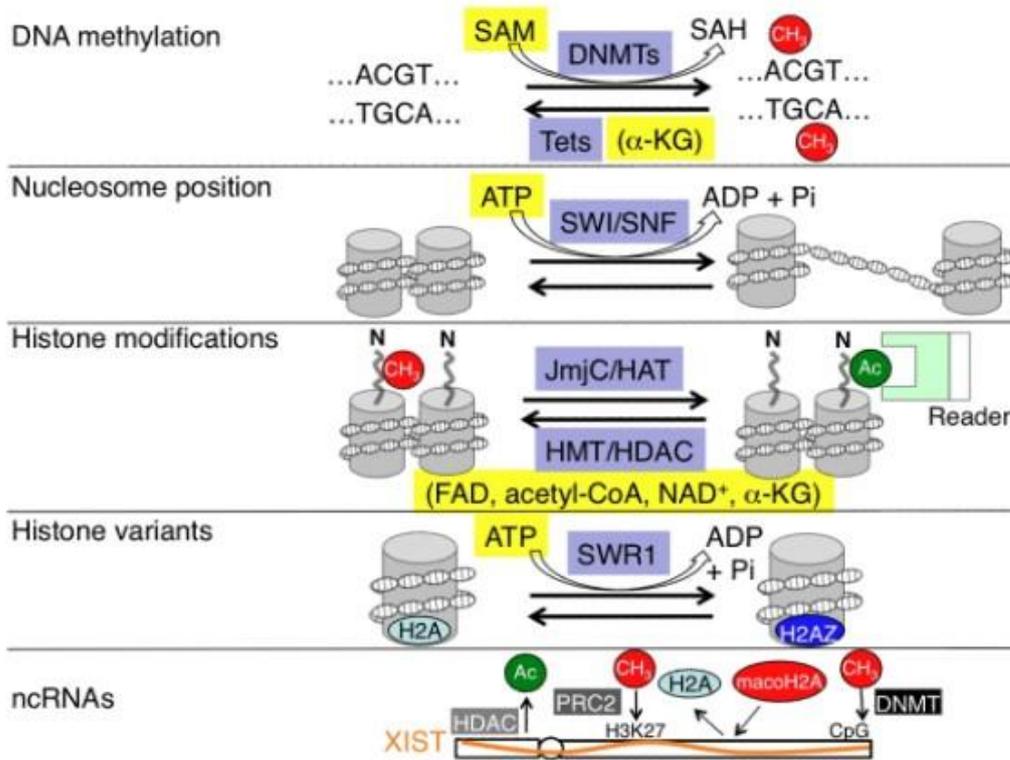
DNA'nın içinde bulunduğu kromozom yapısının önemli bir parçası olan temel proteinlerdir. DNA'yı sıkıca sararak nükleozom adı verilen yapıları oluştururlar. Bir nükleozom, yaklaşık 146 baz çiftlik bir DNA zincirinin, histon proteinlerinin etrafına sarılmasıyla oluşur. Bu histon proteinlerinin asetilasyonu, metilasyon, fosforilasyon ve ubikitinilasyonu sonucu epigenetik değişiklikler meydana gelir. Bu değişiklikler sonucu hücre içi transkripsiyon aktivasyonu kromozom paketlenme ve DNA hasarlarının onarımı gibi farklı süreçler etkilenir. [11] [13]

Kromatin Modifikasyonu

Histon modifikasyonları sonucu ortaya çıkan modifikasyonlardır. Genlerin açılması veya kapanmasını etkiler. DNA hücre içerisinde paketlenmiş haldedir ve gevşek (eukromatin) veya sıkı (heterokromatin) şeklinde bulunabilir. DNA eukromatin halindeyken protein sentezi daha fazladır, dolayısıyla da gen ekspresyonu daha fazladır. Ancak DNA heterokromatin hale geçtiğinde gen ekspresyonu azalır, buna gen susturulması veya sessizliği denir. H3K9 ve H3K27 metilasyonu genellikle gen sessizliğini işaret ederken, H3K4 metilasyonu ise genellikle gen ifadesi aktivasyonunu simgeler. [13]

ncRNA'lar

Protein kodlamayan ancak hücre içinde önemli biyolojik işlevlere sahip olan RNA molekülleridir. Kodlama yapmayan DNA'lar insan genomunun yaklaşık %98.5'ini oluşturur [15]. Bir zamanlar bunlara "çöp DNA" denilse de, günümüzde bu DNA'ların transkripsiyonu sonucu oluşan bu protein kodlamayan RNA'ların (ncRNA) hücre düzenlemesinde ve memeli hücrelerinin gen regülasyonunda görev aldığı bilinmektedir. ncRNA'lar, DNMT'leri belirli DNA bölgelerine yönlendirerek doğrudan metilasyon desenlerini etkilemekte, dişilerde X kromozomunun inaktivasyonunda, kromatin düzenleyici komplekslerin doğru bölgelere taşınmalarında, farklı proteinleri bir araya getirerek düzenleyici kompleksler oluşturmada, gen susturmasında görev alırlar, kromatin yapısını açabilir veya kapatabilirler. [7] [13] [15]



Görsel 1. Epigenetik Mekanizmalar [3]

3. METABOLİZMA

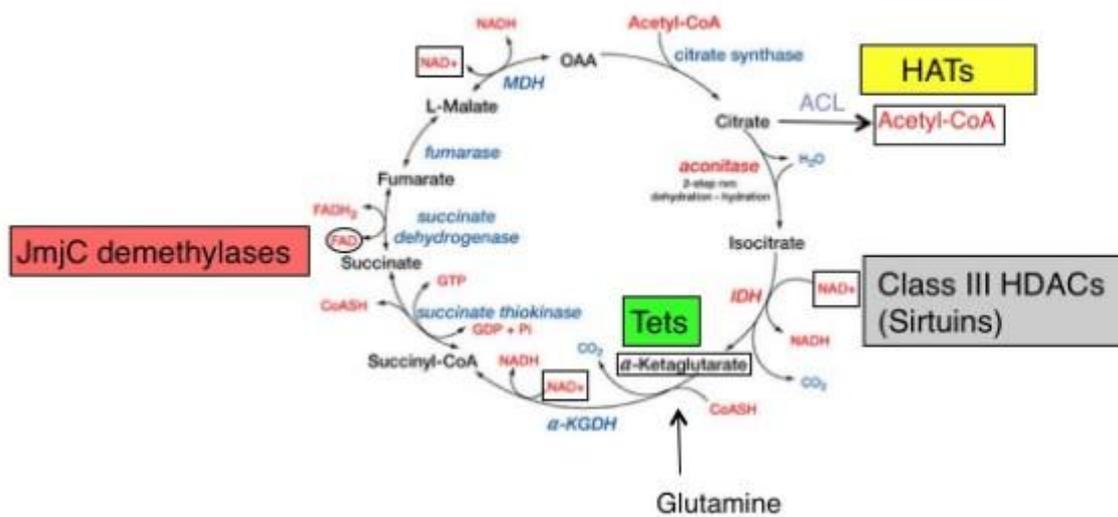
Vücutta gerçekleşen kimyasal reaksiyonların toplamına metabolizma denir. Anabolizma (yapım) ve katabolizma (yıkım) olmak üzere ikiye ayrılır. Bu reaksiyonlar sonucu organizmaya hayatını devam ettirmesi için gerekli enerji sağlanır ve organik materyaller sentezlenir. Hareket, büyüme, gelişme ve üreme için besin tüketerek enerji üretimi şarttır. Bütün organizmalarda metabolik kimyasal reaksiyonlar aynıdır. Kimyasal reaksiyonlar için gerekli enerji ATP molekülleri üzerinden karşılanır. Organizmalar kompleks moleküllerin sindirimi yoluyla veya oksidasyonla ATP üretebilirler. Metabolizmanın ara ürünlerine metabolit adı verilir. [12]

Glikoliz

Glikoliz, glukozun pirüvata dönüştüğü ve ATP üretildiği bir dizi kimyasal reaksiyonun toplamıdır. Bu süreç, hücre sitoplazmasında gerçekleşir ve oksijen gerektirmez. Glikolizde glukozun iki molekül pirüvata dönüştürülmesiyle birlikte, 2 molekül ATP ve 2 molekül NADH elde edilir. Glikoliz, hem aerobik (oksijenli) hem de anaerobik (oksijensiz) koşullarda gerçekleşebilir. [12]

Krebs Döngüsü

Krebs döngüsü, hücrelerdeki enerji üretiminin ana yollarından biridir ve mitokondri matriksinde gerçekleşir. Glikoliz yoluyla elde edilen pirüvat, asetil-CoA'ya dönüşerek Krebs döngüsüne katılır. Bu döngüde, asetil-CoA'nın oksidasyonu ile karbondioksit (CO₂) açığa çıkar ve yüksek enerjili elektron taşıyan moleküller (NADH ve FADH₂) sentezlenir. Bu süreç elektron taşıma zinciri ve oksidatif fosforilasyon ile birleşir. [12]



Görsel 2. Krebs Döngüsünün ürettiği epigenetik mekanizmalarda kofaktör olan enzimler [3]

Oksidatif Fosforilasyon

Glikoz ve yağ asitlerinin oksidasyonu ile elde edilen enerjinin, ATP üretmek için kullanıldığı reaksiyondur. Elektron taşıma zinciri (ETS) aracılığıyla serbest bırakılan elektronlar, mitokondri zarında proton gradyanı oluşturur. Bu proton gradyanı, ATP sentaz enzimi için bir güç kaynağıdır ve bu sayede ATP üretimi gerçekleşir. ETS’de son elektron alıcı oksijen olduğundan dolayı su ortaya çıkar. Bu süreç hücre solunumunun son aşamasıdır ve hücrenin enerji ihtiyacını karşılamak için en verimli yoldur. [12]

Beta Oksidasyonu

Beta oksidasyonu, yağ asitlerinin mitokondri içerisinde asetil-CoA'ya dönüşerek enerji üretmek için kullanılan bir süreçtir. Yağ asitleri, önce aktifleştirilip ardından mitokondriye taşınır. Bu süreçte, her bir yağ asidi iki karbon birimleri halinde parçalanır ve her biri asetil-CoA'ya dönüştürülür. Asetil-CoA, daha sonra Krebs döngüsüne katılarak enerji üretiminde kullanılabilir. Beta oksidasyonu, hücrelerde yüksek miktarda enerji depolayan yağ asitlerinin kullanımını sağlar. [12]

Epigenetiği Etkileyen Metabolitler

S-adenosil metionin (SAM): Histon modifikasyonu için bir metil grubu donörüdür ve varlığı gen susturma veya aktivasyonunu tetikler. [8] [10]

Asetil Koenzim A (Acetyl-CoA): Histon asetilasyonunda görev alır, bu sebeple kromatinin açılarak gen ekspresyonunun artmasında rol oynar. [10] [11]

NAD⁺ (Nikotinamid Adenin Dinükleotid): Histonları deasetile ederek gen ekspresyonunu baskılar. [10]

α -Ketoglutarat (α -KG): DNA ve histon demetilasyonlarında kofaktör olarak kullanılır. Yetersiz olması durumunda epigenetik baskılama ortaya çıkar. [10]

FAD (Flavin Adenin Dinükleotid): Histon metilasyonunun geri alınmasında rol oynar. [10]

4. METABOLOEPIGENETİK

Epigenetik çevresel faktörlere bağlı olduğundan dolayı, beslenme ve metabolik faaliyetler tarafından da etkilenmektedir. Birçok epigenetik enzimin metabolitleri kofaktör olarak kullanılması [10], metabolizmanın epigenetik regülasyonu doğrudan etkilediğini gösterir. Metabolik faaliyetler bu şekilde vücuttaki birçok fiziksel sürecin düzenlenmesinde doğrudan etkilidir. [2]

Anne karnındaki embriyolardaki hücre farklılaşması, epigenetik yollarla kontrol edilir [16]. En başta bütün var olan hücrelerin aynı olmasına ve DNA’larının da aynı olmasına rağmen, embriyo anne karnında var oldukça hücreler farklılaşmaya başlar. Bu farklılaşma en başta hücreler arası sinyalleşme yoluyla yapılır, ardından hücreler kimliklerini stabilize etmek amacıyla metabolitleri kullanırlar. [9]

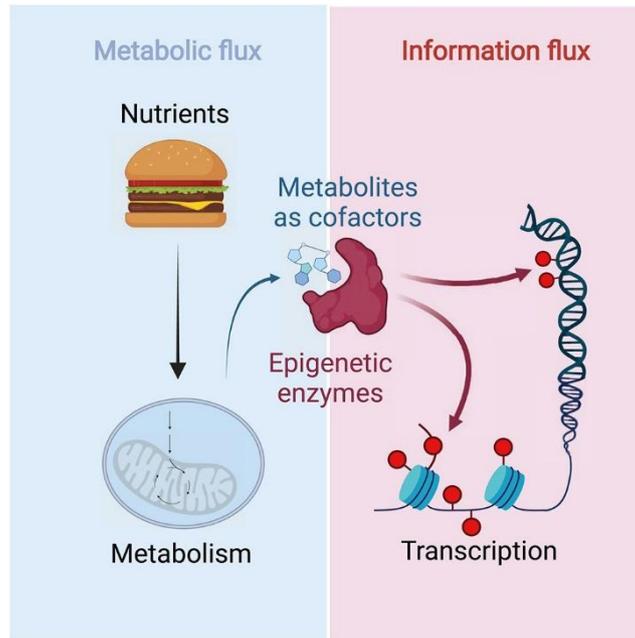
İnsan metabolik aktivitesi ve sirkadyen ritmi, epigenetik olarak belirlenmiş bir faktördür. Belirli zaman aralıklarının dışında, geç veya uyku saatlerinde yiyecek tüketmenin sirkadyen ritmini

bozduğu görülmektedir. Asetil-CoA ve NAD⁺ gibi epigenetiği etkileyen metabolitler vücutta birikerek SIRT1 ve benzeri proteinlerle etkileşime girerek sirkadyen ritmin kaymasına sebep olur. [11]

Bağırsaktaki bakteriler tarafından üretilen kısa zincirli yağ asitleri, epigenetik düzenleyicileri doğrudan etkiler. Bu mekanizma bağırsağın epitel bütünlüğü, immün tolerans ve metabolizma üzerinde rol oynar. Bağırsak sağlığını olumsuz etkileyen beslenme tarzları, bu bakterileri olumsuz etkileyerek ölümlerine sebep olur. Bu sebepten dolayı da insan sağlığı olumsuz etkilenir, obezite veya kolon kanseri gibi sonuçlar doğurabilir.

Kalori kısıtlaması ve egzersiz, vücudun belirli bir açlık süresine girmesine sebep olur. Bu açlık veya oruç durumu, sağlığı tehdit etmeyecek boyutlarda olduğunda, SIRT1 proteininin artmasına ve epigenetik regülasyona sebep olur ve insan sağlığını olumlu yönde etkiler. [11]

Anne karnındaki fetüsün maruz kaldığı olumsuz çevresel faktörlerin fetüsün organlarının gelişimini kalıcı olarak etkilediği ve bu da doğumdan sonra yaşam boyu hastalık riskini arttırdığı bilinmektedir. Bu hipotez özellikle stresli veya yetersiz yemek olduğu ortamda gözlemlenmiş ve 1990'ların başında David Barker tarafından ortaya atılmıştır. Fetüsün gelişen organlarının çevresel koşullara uyum sağlamak için programlandığını ve bu programlamanın, ilerleyen yaşlarda kalp hastalıkları, diyabet ve hipertansiyon gibi kronik hastalıkların ortaya çıkmasına zemin hazırladığını savunur. Yani, kötü beslenme, düşük doğum ağırlığı ve stres gibi faktörler, genetik yatkınlıkla birleşerek daha sonra sağlık sorunlarına yol açabilir. Hollanda'da 2. Dünya Savaşı sırasında yaşanan kıtlık bu bulguları desteklemektedir. Bu dönemde doğan bebeklerde ileriki yaşlarda şizofreni ve kalp hastalığı dahil olmak üzere birçok hastalık çok daha yüksek oranda görülmektedir. [5]

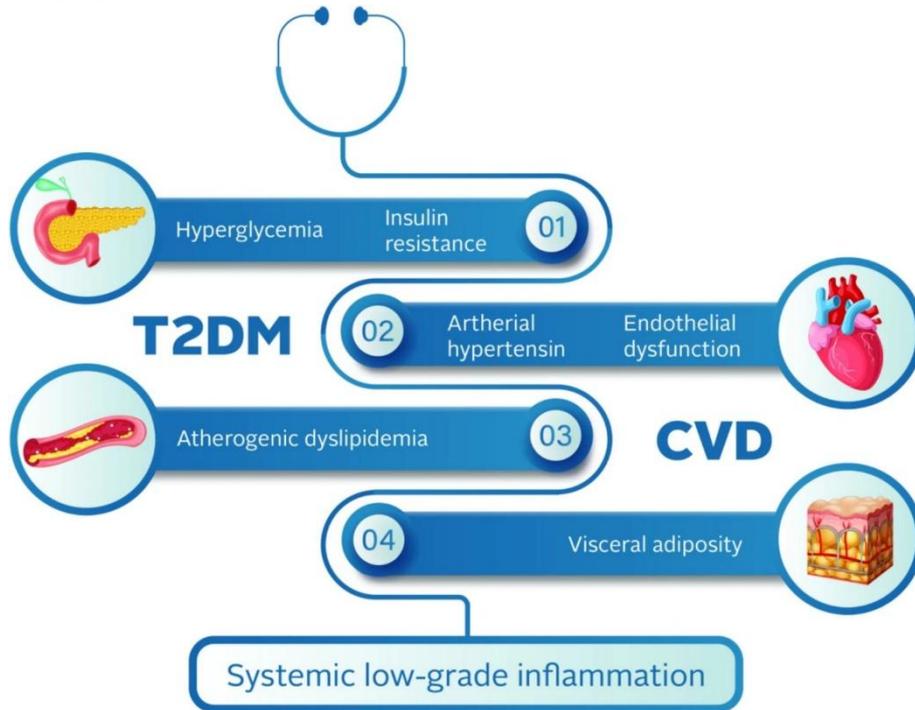


Görsel 3. Tüketilen besinlerin metabolizmaya etkisi [20]

4.1 HASTALIKTA METABOLOEPIGENETİK

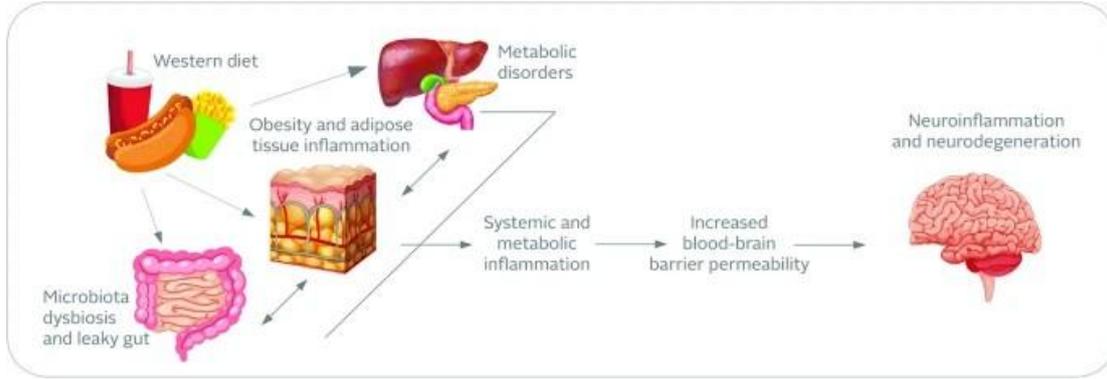
Kanser hücrelerinin metabolizması normal hücrelerden farklıdır. Oksijenli solunum değil, glikoliz yaparak enerji üretirler. Tümörler epigenetik olarak normal hücrelerden farklıdır, ortamda yeterli düzeyde oksijen ve sağlam mitokondri olsa bile bol miktarda glukoz tüketerek bunu laktata çevirirler. Kanser hücrelerinde biriken bazı metabolik ara ürünler, kanserin gelişmesine veya ilerlemesine sebep olabilir. Bunlara onkometabolit denir. Onkometabolitler, kanserin tek sebebinin genetik mutasyon olmadığını ve metabolik aktivitemizin de bunun üzerinde bir etkisi olduğunu gösterir. [14] [18]

Kalp sağlığında metaboloepigenetik ve beslenme büyük rol oynamaktadır. Çok miktarda doymuş yağ tüketimi DNA metilasyonunu olumsuz yönde etkileyerek damar hastalıklarına sebep olur[14]. Kan yağ seviyesinin artması, asetil-CoA birikimine sebep olarak kardiyovasküler hastalıkları tetikler. Kronik inflamasyon (obezite, diyabet vs) NF-kB sinyal yollarının aktifleşmesine sebep olarak kalp sağlığını olumsuz etkiler. KHV hastalıklarında glukoz metabolizmasını hedef alan tedaviler kullanmak, bu hastalarda iyileşme sürecini arttırmaktadır. [19]



Görsel 4. Epigenetiğin kalp sağlığına olumsuz etkileri [19]

Nöronlar yüksek enerji ürettiklerinden dolayı mitokondri ve glukozla bağımlıdır. Mitokondriyal disfonksiyon gerçekleşmesi halinde, NAD⁺ oranları azalarak SIRT proteinlerinin aktivitesinin düşmesine ve epigenetik regülasyonda bozukluğa sebep olur. SIRT proteinleri, beyin plastisitesi ve nöral hayatta kalım ile ilişkilidir. Yetersiz beslenme sonucunda oluşan sistemik enflasyon, kan-beyin bariyeriyle beyne geçerek nörodejenerasyona sebep olabilir. Bu da günümüzdeki Alzheimer'ın en büyük sebebidir. [19]



Görsel 5. Zararlı beslenmenin beyin sağlığına etkisi [19]

4.2 SAĞLIKTA METABOLOEPIGENETİK

Epigenetik değişimlerin en büyük etmeni çevre olduğundan dolayı, bir etmenin fazlalığı epigenetiği değiştirebilmektedir. Bu yüzden metabolit veya metabolik etmen birikimleri epigenetiği yüksek oranda etkilemektedir ve hücrenin eski düzenine dönebilmesi için bu etkenlerin azalması gerekmektedir. Aynı şekilde bir etmeden yeteri kadar bulunmaması, epigenetik mekanizmaların çalışmamasına da yol açabilmektedir. Belirli vitamin ve minerallerin metaboloepigenetik üzerinde etkileri olduğu bilinmektedir. [13]

Folat, B12 vitamini, kolin, metionin gibi maddeler 1-karbon metabolizmasını değiştirerek DNA ve histon modifikasyonlarını etkilerler [9] [13]. Biotin ve nisain gibi bileşenler, histon asetilasyonunu etkilerler. Çay kateşinleri ve genistein DNMT'leri etkilerler. D vitamini, hücre içinde nükleer reseptör transkripsiyon faktörü olan D vitamini reseptörünü doğrudan etkileyerek epigenetiğe katkı sağlar. [1]

Minerallerden selenyum, antioksidan enzimlerde önemli bir kofaktördür. DNA onarımında önemlidir. Eksikliğinde kanser ve otoimmün hastalıklar görülür. Bazı miRNA'ların aktive edilmesinde görevlidir. [1]

Çinko elementi yapım, onarım, katalitik ve düzenleyici reaksiyonlarda zorunludur. Gelişim döneminde eksikliğinde tat hücresi eksikliği, vücudun gelişmemesi, geç ergenlik gibi hastalıklar doğurur. Araştırmalar, çinko eksikliğinde kan hücrelerinin enflamasyonla başa çıkamadığını göstermektedir. [1]

Demir, magnezyum ve alüminyumun enflamasyona karşı tepki üretmede görevli miRNA'ları tetiklediği görülmüştür. [1]

Oksidatif fosforilasyonun daha fazla ATP üretmesine rağmen hızlı bir biçimde enerji üretmek isteyen bağışıklık hücreleri glikoliz kullanırlar. Hastalıklarla karşılaşmış ve eğitilmiş bağışıklık hücreleri ise, eğitilmemişlere oranla daha yüksek oranda oksidatif fosforilasyon yaparlar ve

daha verimli çalışırlar. Bu şekilde bağıışıklık hücrelerinin eğitilip eğitilemeyeceği ve epigenetik regülasyonlarla bu hücrelerin veriminin artırılması araştırılmaktadır[17].

Gerekli metabolit arttırıcı takviyelerin diyabet ve kanser hastaları üzerinde olumlu etki yarattığı görülmektedir. Ayrıca dengeli beslenme ve egzersizin SIRT1 protein regülasyonunda en önemli etken olduğu ve diyabet hastalarında bu tür yaşam tarzı müdahalelerinden olumlu sonuç alındığı görülmüştür. [20]

KAYNAKÇA

- [1] Beckett, E. L., Yates, Z., Veysey, M., Duesing, K., & Lucock, M. (2014). The role of vitamins and minerals in modulating the expression of microRNA. *Nutrition research reviews*, 27(1), 94–106. <https://doi.org/10.1017/S0954422414000043>
- [2] Donohoe, D. R., & Bultman, S. J. (2012). Metaboloepigenetics: interrelationships between energy metabolism and epigenetic control of gene expression. *Journal of cellular physiology*, 227(9), 3169–3177. <https://doi.org/10.1002/jcp.24054>
- [3] Fontes, P. K., Dos Santos, E. C., da Rocha, H. C., de Lima, C. B., & Milazzotto, M. P. (2024). Metabolic stressful environment drives epigenetic modifications in oviduct epithelial cells. *Theriogenology*, 215, 151–157. <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2023.11.025>
- [4] Gicquel, C., El-Osta, A., & Le Bouc, Y. (2008). Epigenetic regulation and fetal programming. *Best practice & research. Clinical endocrinology & metabolism*, 22(1), 1–16. <https://doi.org/10.1016/j.beem.2007.07.009>
- [5] Harvey, A. J., Rathjen, J., & Gardner, D. K. (2016). Metaboloepigenetic Regulation of Pluripotent Stem Cells. *Stem cells international*, 2016, 1816525. <https://doi.org/10.1155/2016/1816525>
- [6] Larriba, E., & del Mazo, J. (2016). Role of Non-Coding RNAs in the Transgenerational Epigenetic Transmission of the Effects of Reprotoxicants. *International journal of molecular sciences*, 17(4), 452. <https://doi.org/10.3390/ijms17040452>
- [7] Lu, C., & Thompson, C. B. (2012). Metabolic regulation of epigenetics. *Cell metabolism*, 16(1), 9–17. <https://doi.org/10.1016/j.cmet.2012.06.001>
- [8] Moore, L. D., Le, T., & Fan, G. (2013). DNA methylation and its basic function. *Neuropsychopharmacology : official publication of the American College of Neuropsychopharmacology*, 38(1), 23–38. <https://doi.org/10.1038/npp.2012.112>
- [9] Nafee, T. M., Farrell, W. E., Carroll, W. D., Fryer, A. A., & Ismail, K. M. (2008). Epigenetic control of fetal gene expression. *BJOG : an international journal of obstetrics and gynaecology*, 115(2), 158–168. <https://doi.org/10.1111/j.1471-0528.2007.01528.x>
- [10] Paro, R., Grossniklaus, U., Santoro, R., Wutz, A. (2021). Epigenetics and Metabolism. In: Introduction to Epigenetics . Learning Materials in Biosciences. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-68670-3_9

- [11] Sassone-Corsi P. (2013). Physiology. When metabolism and epigenetics converge. *Science* (New York, N.Y.), 339(6116), 148–150. <https://doi.org/10.1126/science.1233423>
- [12] Sánchez López de Nava, A., & Raja, A. (2022). Physiology, Metabolism. In *StatPearls*. StatPearls Publishing.
- [13] Choi, S. W., & Friso, S. (2010). Epigenetics: A New Bridge between Nutrition and Health. *Advances in nutrition* (Bethesda, Md.), 1(1), 8–16. <https://doi.org/10.3945/an.110.1004>
- [14] Santos, F., Sum, H., Yan, D. C. L., & Brewer, A. C. (2025). Metaboloepigenetics: Role in the Regulation of Flow-Mediated Endothelial (Dys)Function and Atherosclerosis. *Cells*, 14(5), 378. <https://doi.org/10.3390/cells14050378>
- [15] Wei, J. W., Huang, K., Yang, C., & Kang, C. S. (2017). Non-coding RNAs as regulators in epigenetics (Review). *Oncology reports*, 37(1), 3–9. <https://doi.org/10.3892/or.2016.5236>
- [16] Wu, H., & Sun, Y. E. (2006). Epigenetic regulation of stem cell differentiation. *Pediatric research*, 59(4 Pt 2), 21R–5R. <https://doi.org/10.1203/01.pdr.0000203565.76028.2a>
- [17] Yang, P., Rong, X., Gao, Z., Wang, J., & Liu, Z. (2025). Metabolic and epigenetic regulation of macrophage polarization in atherosclerosis: Molecular mechanisms and targeted therapies. *Pharmacological research*, 212, 107588. <https://doi.org/10.1016/j.phrs.2025.107588>
- [18] Wang, P., Chen, L. L., Xiong, Y., & Ye, D. (2024). Metabolite regulation of epigenetics in cancer. *Cell reports*, 43(10), 114815. <https://doi.org/10.1016/j.celrep.2024.114815>
- [19] Džidić-Krivić, A., Fajkić, A., Farhat, E. K., Lekić, L., Ejubović, A., Vukas, S. K., Ejubović, M., Lepara, O., & Sher, E. K. (2025). Linking Metabolic Syndrome to Neurodegeneration Mechanisms and Potential Treatments. *Molecular neurobiology*, 10.1007/s12035-025-04947-w. Advance online publication. <https://doi.org/10.1007/s12035-025-04947-w>
- [20] Meier J. L. (2013). Metabolic mechanisms of epigenetic regulation. *ACS chemical biology*, 8(12), 2607–2621. <https://doi.org/10.1021/cb400689r>

SOD1 50 BP INS/DEL POLİMORFİZMİNİN GENOTİPLENDİRİLMESİNDE HRM İLE PCR VE AGARUZ JEL ELEKTROFOREZ YÖNTEMLERİNİN KARŞILAŞTIRILMASI

Dr. ÜLGEN SEVER¹, M.Sc.Bio. FATİMA CEREN TUNÇEL² ve Prof.Dr. SACİDE PEHLİVAN³

¹İstanbul Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Moleküler Tıp Anabilim Dalı,
ulgenn_@hotmail.com - ORCID ID: 0000-0002-9754-0446

²İstanbul Üniversitesi, Tıp Fakültesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Tıbbi Biyoloji Anabilim Dalı,
fatimaceren.tuncel@gmail.com - ORCID ID: 0000-0001-6787-2565

³İstanbul Üniversitesi, Tıp Fakültesi, Tıbbi Biyoloji Anabilim Dalı,
sacide.pehlivan@istanbul.edu.tr - ORCID ID: 0000-0003-1272-5845

ÖZET

Süperoksit Dismutaz 1 (Superoxide Dismutase 1= SOD1) geninin promotör bölgesinde yer alan 50 bp uzunluğundaki İnsersiyon/Delesyon (Ins/Del) polimorfizmi, gen ekspresyonunu etkileyen ve oksidatif stres yanıtıyla ilişkili fonksiyonel bir gen varyantıdır. Bu varyantın analizinde PCR ile agaroz jel elektroforezi ve jel görüntüleme sıklıkla tercih edilen yöntemlerdir. Öte yandan SOD1 genindeki 50 bp Ins/Del varyantı, amplikasyon ürünlerinin uzunluklarındaki belirgin farklılıklar nedeniyle High Resolution Melting (HRM) analizi için uygun bir hedef oluşturmaktadır. Bu çalışmada, söz konusu varyantın tespitine yönelik olarak HRM analizi ile PCR, agaroz jel elektroforezi ve jel görüntüleme yöntemlerinin karşılaştırmalı olarak değerlendirilmesi amaçlanmıştır. Çalışmaya 26'sı sigara bağımlısı, 27'si sigara içmeyen olmak üzere toplam 53 birey dahil edilmiştir. Tüm bireylerde SOD1 geni Ins/Del genotiplemesi her iki yöntemle gerçekleştirilmiştir. HRM analizi ile PCR, agaroz jel elektroforezi ve jel görüntüleme yöntemleriyle elde edilen genotipleme sonuçları karşılaştırıldığında; iki yöntemin de tüm DNA örnekleri için tamamen aynı sonuçlar verdiği belirlenmiştir. Ayrıca, yöntemler duyarlılık, analiz süresi ve maliyet gibi parametreler açısından da karşılaştırılmıştır. HRM analizi, yüksek hassasiyet ve hızlı sonuç verme özellikleri açısından avantajlı (Yaklaşık 4 saat) bulunurken; PCR, agaroz jel elektroforezi ve jel görüntüleme yöntemi ise biraz daha düşük maliyet avantajına sahip olmakla birlikte daha fazla insan gücü ve zaman gerektiren bir yöntem (yaklaşık 7 saat) olarak değerlendirilmiştir. Sonuç olarak, her iki yöntemin de güvenilir olduğu, ancak seçim yapılırken laboratuvar altyapısı, bütçe ile örnek sayısı gibi faktörlerin dikkate alınması gerektiği ve laboratuvar HRM analizi yapılacak koşullar varsa HRM analizinin yapılması önerilmiştir.

Anahtar Kelimeler: SOD1, PCR ve Agaroz Jel, HRM, DNA, Ins/Del

COMPARISON OF HRM WITH PCR AND AGAROSE GEL ELECTROPHORESIS METHODS IN GENOTYPING OF SOD1 50 BP INS/DEL POLYMORPHISM

Dr. ÜLGEN SEVER¹, M.Sc.Bio. FATIMA CEREN TUNÇEL² ve Prof.Dr. SACİDE PEHLİVAN³

¹ Istanbul University, Institute of Health Sciences, Department of Molecular Medicine, ulgenn_@hotmail.com - ORCID ID: 0000-0002-9754-0446

² Istanbul University, Faculty of Medicine, Institute of Health Sciences, Department of Medical Biology, fatimaceren.tuncel@gmail.com - ORCID ID: 0000-0001-6787-2565

³ Istanbul University, Faculty of Medicine, Department of Medical Biology, sacide.pehlivan@istanbul.edu.tr - ORCID ID: 0000-0003-1272-5845

ABSTRACT

The 50-bp Insertion/Deletion (Ins/Del) polymorphism located in the promoter region of the Superoxide Dismutase 1 (SOD1) gene is a functional gene variant that affects gene expression and is associated with the oxidative stress response. PCR, agarose gel electrophoresis, and gel imaging are frequently preferred methods for the analysis of this variant. Furthermore, the 50-bp Ins/Del variant in the SOD1 gene is a suitable target for High Resolution Melting (HRM) analysis due to the significant differences in the lengths of the amplification products. This study aimed to comparatively evaluate HRM analysis with PCR, agarose gel electrophoresis, and gel imaging methods for the detection of this variant. A total of 53 individuals were included in the study, 26 of whom were smokers and 27 were non-smokers. SOD1 gene Ins/Del genotyping was performed using both methods in all individuals. When genotyping results obtained by HRM analysis with PCR, agarose gel electrophoresis, and gel imaging were compared, it was determined that both methods yielded identical results for all DNA samples. Furthermore, the methods were compared in terms of sensitivity, analysis time, and cost. HRM analysis was found to be advantageous due to its high sensitivity and rapidity (approximately 4 hours), while PCR, agarose gel electrophoresis, and gel imaging, while slightly lower in cost, were considered more labor-intensive and time-consuming (approximately 7 hours). In conclusion, both methods are reliable, but factors such as laboratory infrastructure, budget, and sample size should be considered when making the selection. It is recommended that HRM analysis be performed only if the laboratory has the necessary conditions for HRM analysis.

KeyWords: SOD1, PCR and Agarose Gel, HRM, DNA, Ins/Del

1. GİRİŞ

Süperoksit dismutazlar (SOD), süperoksit radikallerinin detoksifikasyonunda görev alan enzimatik antioksidanlar olup, oksidatif stresle mücadelede temel bir rol üstlenirler (1). Antioksidan aktivitelerini gerçekleştirebilmeleri için bir metal kofaktöre ihtiyaç duyarlar. Üç ana SOD tipi bulunmaktadır: hücre içinde Cu/Zn içeren SOD1, mitokondride Mn içeren SOD2 ve hücre dışında Cu/Zn içeren SOD3 (2). Sitoplazmada bulunan önemli antioksidan enzimlerden biri olan SOD1, kromozom 21q22’de yer alan SOD1 geni tarafından kodlanır (3). Bu genin düzenleyici bölgelerinde çeşitli polimorfik varyantlar bulunur. Bunlardan biri, promotör bölgede ATG başlangıç kodonunun 1684 baz çifti (bp) öncesinde yer alan 50 bp’lik insersiyon/delesyon (Ins/Del) (rs36232792) polimorfizmidir. Bu bölge; iki SP1, iki C/EBP ve bir AP2 bağlanma bölgesi gibi farklı transkripsiyon faktörlerine bağlanma alanları içerir (4). Dolayısıyla, 50 bp Ins/Del polimorfizmi SOD1 gen ekspresyonunun düzenlenmesinde önemli bir role sahiptir. Özellikle 50 bp delesyon varyantı, promotör aktivitesinin azalması ve SOD1 düzeylerinin düşmesi ile ilişkilendirilmiştir.

Bu polimorfizmin analizinde PCR ve agaroz jel elektroforezi yaygın olarak kullanılan klasik bir yöntemdir. Öte yandan, HRM analizi, amplikonların erime profillerinde gözlenen farklılıklara dayanarak genotip ayırımına olanak tanıyan hızlı ve hassas bir tekniktir. Özellikle Ins/Del tipi polimorfizmler, amplifikasyon ürün uzunluklarındaki belirgin farklar sayesinde HRM analiziyle kolaylıkla tespit edilebilmektedir. SOD1 genindeki 50 bp’lik Ins/Del polimorfizmi de bu açıdan HRM analizine uygun bir hedef oluşturmaktadır. Bu çalışmada, sigara içen ve içmeyen bireylerde SOD1 genindeki 50 bp Ins/Del polimorfizminin tespitine yönelik olarak HRM ile PCR ve agaroz jel elektroforezi olmak üzere iki farklı yöntem kullanılmış; her iki yöntem, duyarlılık, analiz süresi ve maliyet gibi parametreler açısından karşılaştırmalı olarak değerlendirilmiştir.

2. GEREÇ VE YÖNTEM

Çalışmaya, 26’sı sigara bağımlısı ve 27’si sigara içmeyen olmak üzere toplam 53 birey dahil edildi. Periferik kan örneklerinden DNA izolasyonu gerçekleştirildi. Katılımcıların SOD1 geni 50 bp Ins/Del genotiplendirilmeleri hem HRM hem de PCR ve agaroz jel elektroforezi yöntemleri ile gerçekleştirildi.

2.1. PCR ve agaroz jel elektroforezi

Polimeraz Zincir Reaksiyonu (PCR), *Thermus aquaticus* bakterisinden elde edilen Taq polimeraz enzimi ile DNA’nın belirli bölgelerini çoğaltmaya yarayan bir nükleik asit amplifikasyon tekniğidir. 1985’te Kary Mullis ve ekibi tarafından geliştirilmiş, Mullis bu çalışmasıyla Nobel Ödülü kazanmıştır.

PCR, küçük miktardaki DNA örneklerini analiz edebilmek için 3 ana aşamada çalışır:

1. Denatürasyon (≈ 95 °C) – Çift zincirli DNA’nın iplikleri ayrılır.
2. Bağlanma / Hibridizasyon ($\approx 55-72$ °C) – Primerler, hedef DNA bölgelerine bağlanır.

3. Uzama / Amplifikasyon (≈ 72 °C) – Taq polimeraz enzimi yeni DNA zincirlerini sentezler.

Bu döngü tekrarlandıkça DNA miktarı üstel olarak artmakta, böylece hedef gen bölgesi milyonlarca kez kopyalanabilmektedir(5).

PCR analizi, 5-AATTCCTTACCCCTGTTCTA-3 ve 5-GGCAGATTTTCAGTTCATTGT-3 primer çifti kullanılarak, 54°C'lik bağlanma sıcaklığında gerçekleştirildi (6). PCR ürünleri, %2,5'lik agaroz jelde, 80V'da en az 1 saat süreyle elektroforez edildi. Agaroz jel UV ışığı altında görüntülenerek katılımcılara ait genotipler (297 bp Ins varyantı ve 247 bp Del varyantı olmak üzere) belirlendi (6).

2.2. HRM

HRM (High Resolution Melting) metodu, PCR sonrası DNA örneklerinin nükleotid dizilimindeki farklılıkları (mutasyon, polimorfizm, metilasyon durumu vb.) hızlı ve hassas şekilde tespit etmeye yarayan bir tekniktir (7). Temel prensip, PCR sırasında DNA'ya bağlanan çift zincir boyalarının (ör. SYBR Green, LCGreen) kullanılmasıdır. PCR tamamlandıktan sonra örnek yavaşça ısıtılır. Isı arttıkça DNA, erime sıcaklığına (T_m) ulaştığında çift zincir birbirinden ayrılır; bu sırada boya DNA'dan serbestleşir ve floresan sinyali düşer (8). Elde edilen erime eğrileri, DNA dizilimindeki küçük farklılıkları bile ortaya çıkarabilir. Bu nedenle HRM, SNP tespiti, mutasyon analizi, genetik çeşitlilik çalışmaları ve metilasyon durumu belirleme gibi alanlarda yaygın olarak kullanılır (7,8). Avantajları arasında kapalı tüp yöntemi ile çalışılması (kontaminasyon riskinin azalması), hız, düşük maliyet ve ek işlem gerektirmeden sonuç elde edilmesi yer alır (8).

HRM analizi, aynı primer çifti kullanılarak Darvishi ve ark. (2019) tarafından bildirilen protokole uygun şekilde gerçekleştirildi. Analizler Rotor-Gene Q (Qiagen) cihazı ile yürütüldü. Katılımcılara ait genotipler, erime eğrisi analizi ile (erime pikleri; Ins varyantı 84.6 °C ve Del varyantı 82.8 °C olmak üzere) belirlendi (9).

HRM analizinin duyarlılığını değerlendirmek amacıyla, kullanılacak DNA miktarının belirlenmesine yönelik olarak, başlangıç DNA konsantrasyonunun %50, %10 ve %1'ine kadar seyreltilmiş örnekler hazırlandı. Her örnek, aynı protokol izlenerek HRM yöntemiyle analiz edildi.

Çizelge 1. SOD1 geni 50 bp ins/del polimorfizmi reaksiyon karışımları ve koşulları

Yöntem	Reaksiyon Karışımı	Reaksiyon Koşulları
PCR	ddH ₂ O	94°C 5 dakika
	MgCl ₂	94°C 20 saniye
	dNTP	54°C 30 saniye
	F Primer	68°C 40 saniye
	R Primer	68°C 5 dakika
	Taq	
	DNA	
HRM	2X HRM premix (EvaGreen)	95°C 15 dakika
	ddH ₂ O	95°C 40 saniye
	F Primer	59°C 35 saniye
	R Primer	72°C 60 saniye
	DNA	70°C – 96°C (her 2 saniyede 0,1°C artış)

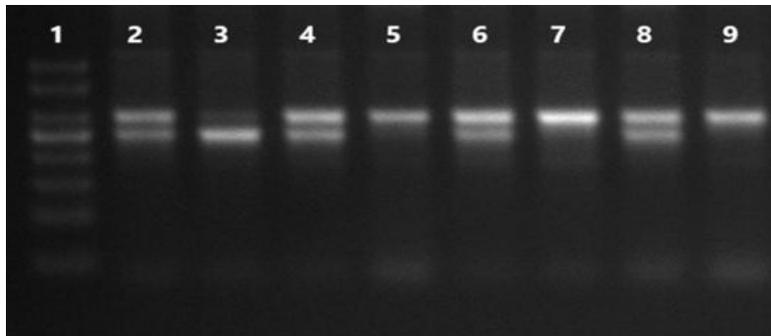
3. BULGULAR

Tüm katılımcılardan elde edilen sonuçlar karşılaştırıldığında, HRM analizi ile PCR ve agaroz jel elektroforezi ile belirlenen SOD1 geni 50 bp Ins/Del genotiplerinin birebir aynı olduğu görülmüştür.

Çizelge 2. SOD1 geni 50 bp ins/del genotip sonuçları

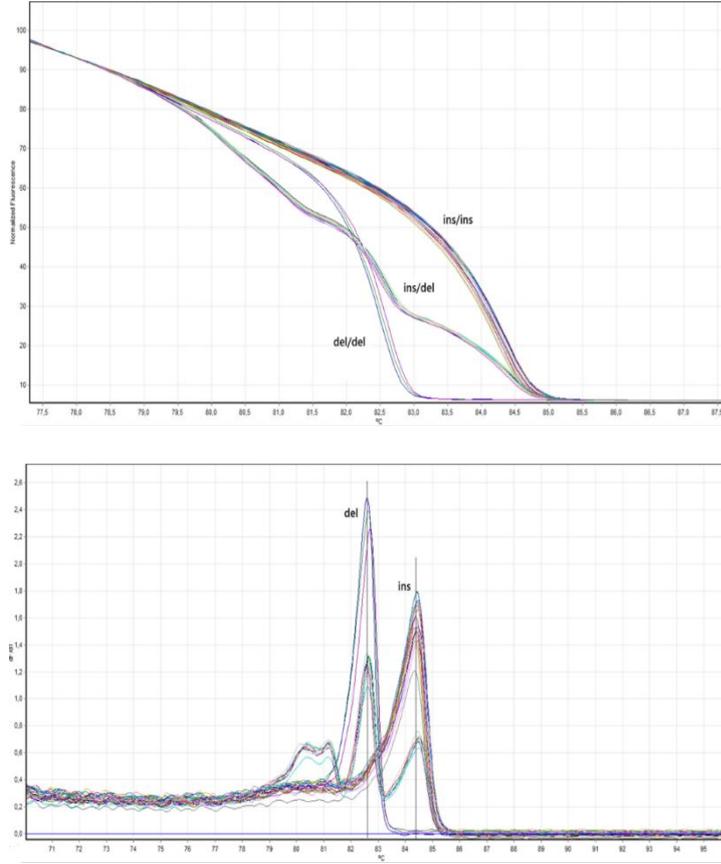
Genotip	Birey Sayısı
Ins/Ins	31 (14 sigara bağımlısı, 17 sigara içmeyen)
Ins/Del	14 (6 sigara bağımlısı, 8 sigara içmeyen)
Del/Del	8 (6 sigara bağımlısı, 2 sigara içmeyen)
Toplam	53 (26 sigara bağımlısı, 27 sigara içmeyen)

Görsel 1. SOD1geni 50 bp Ins/Del PCR ve agaroz jel elektroforezi



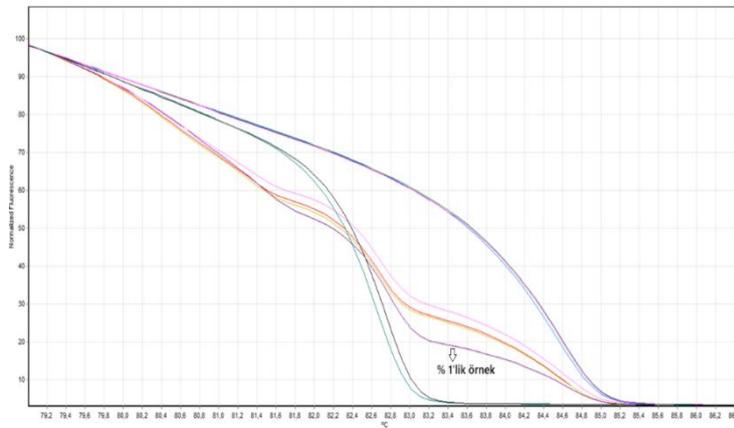
1: Belirteç (50 bç), 5,7,9: İns/Ins (297 bç), 3: Del/Del (247 bç), 2,4,6,8: İns/Del (297, 247 bç).

Görsel 2. SOD geni 50 bp Ins/Del HRM analizi



HRM analizinin duyarlılığını değerlendirmek amacıyla hazırlanan %50, %10 ve %1 oranlarındaki DNA dilüsyonları analiz edildiğinde, %1 oranında DNA içeren örnekte dahi genotip ayrımının yapılabildiği saptandı. Bu bulgu, HRM analiz protokolünün düşük DNA konsantrasyonlarında daki güvenilir şekilde genotiplendirme yapılmasına olanak sağladığını göstermektedir.

Görsel 3. SOD1 geni 50 bp ins/del HRM analizi duyarlılığı



4. YÖNTEMLERİN KARŞILAŞTIRILMASI

HRM analizi ile PCR ve agaroz jel elektroforezi yöntemleri, cihaz ve test başına düşen maliyet açısından farklılıklar gösterir. HRM analizi için gerekli olan HRM uyumlu real-time PCR cihazlarının maliyetleri oldukça yüksektir. Buna karşılık, klasik PCR yöntemi için kullanılan termal döngü cihazı daha düşük maliyetlidir, ancak ek olarak jel elektroforez sistemine (güç kaynağı, elektroforez tankı, jel kalıpları) ve görüntüleme sistemine (UV görüntüleme sistemi) ihtiyaç duyulmaktadır. Yine de toplam ekipman maliyeti HRM cihazlarına kıyasla düşüktür. Test başına düşen reaktif maliyetleri açısından ise klasik PCR ve jel yönteminin daha ekonomik olduğu görülmektedir. Buradan yola çıkarak bütçesi kısıtlı ve kısa vadeli çalışacak olan laboratuvarlar için PCR ve agaroz jel elektroforezi daha uygun görünmektedir. HRM uyumlu real-time PCR cihazına sahip laboratuvarlar açısından bakıldığında ise HRM analizi, hız, hassasiyet, analiz kolaylığı yönünden önemli avantajlara sahiptir.

Çizelge 3. Yaklaşık maliyet karşılaştırılması

Kalem	HRM Analizi	PCR ve Agaroz Jel Elektroforezi
Cihaz Maliyeti	Real-time PCR cihazı: 50.000 – 150.000 USD	PCR cihazı: 5.000 – 15.000 USD Jel elektroforez ekipmanı: 1.000 – 3.000 USD Görüntüleme sistemi: 2.000 – 5.000 USD
Reaktif Maliyeti	HRM Master Mix: ~3-5 USD/test Primerler: ~0.5 USD/test	PCR Master Mix: ~1-2 USD/test Primerler: ~0.5 USD/test Agaroz + Boya: ~0.5 USD/test

Çizelge 4. Avantaj ve dezavantajlar

Kriter	HRM Analizi	PCR ve Agaroz Jel Elektroforezi
Hassasiyet	Yüksek, küçük genetik varyasyonları ayırt edebilir	Daha az hassas, özellikle küçük ins/del gibi varyantlarda ayırım zor olabilir
Zaman	Hızlı sonuç	Daha uzun protokol
Kullanım Kolaylığı	Az manuel işlem	Daha fazla manuel işlem

5. SONUÇ VE DEĞERLENDİRME

Bu çalışmada SOD1 geni 50 bp Ins/Del (rs36232792) varyant analizi için HRM ile PCR ve agaroz jel elektroforez yöntemleri karşılaştırılmalı olarak değerlendirilmiştir. Bulgular, her iki yöntemle elde edilen genotipleme sonuçlarının tam uyumlu olduğunu göstermiştir. HRM, düşük DNA konsantrasyonlarında sonuç verebilen duyarlılığı yüksek, daha hızlı ve daha az iş gücü gerektiren bir yöntemdir. PCR ve agaroz jel elektroforez yöntemi ise maliyet açısından avantajlı olmakla birlikte daha fazla iş gücü ve zaman gerektirir. Sonuç olarak, laboratuvarın

mevcut altyapısı ve çalışmanın kapsamına göre her iki yöntem de geçerli ve güvenilir seçenekler olarak değerlendirilebilir.

KAYNAKÇA

- 1- Chidambaram, S. B., Anand, N., Varma, S. R., Ramamurthy, S., Vichitra, C., Sharma, A., Mahalakshmi, A. M., & Essa, M. M. (2024). Superoxide dismutase and neurological disorders. *IBRO Neuroscience Reports*, 16, 373–394. <https://doi.org/10.1016/j.ibneur.2024.01.004>
- 2- Azadmanesh, J., & Borgstahl, G. (2018). A review of the catalytic mechanism of human manganese superoxide dismutase. *Antioxidants*, 7(2), 25. <https://doi.org/10.3390/antiox7020025>
- 3- Sherman, L., Dafni, N., Lieman-Hurwitz, J., & Groner, Y. (1983). Nucleotide sequence and expression of human chromosome 21-encoded superoxide dismutase mRNA. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 80(18), 5465–5469. <https://doi.org/10.1073/pnas.80.18.5465>
- 4- Broom, W. J., Greenway, M., Sadri-Vakili, G., Russ, C., Auwarter, K. E., Glajch, K. E., Dupre, N., Swingler, R. J., Purcell, S., Hayward, C., & Sapp, P. C. (2008). 50bp deletion in the promoter for superoxide dismutase 1 (SOD1) reduces SOD1 expression in vitro and may correlate with increased age of onset of sporadic amyotrophic lateral sclerosis. *Amyotrophic Lateral Sclerosis*, 9(4), 229–237. <https://doi.org/10.1080/17482960802042042>
- 5- Khehra, N., Padda, I. S., & Swift, C. J. (2023). Polymerase chain reaction (PCR). In *StatPearls*. StatPearls Publishing. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK562170/>
- 6- Soyocak, A., Doganer, F., Duzgun Ergun, D., Budak, M., Turgut Coşan, D., & Ozgen, M. (2023). Evaluation of relationship between SOD1 50-bp deletion gene polymorphism, Cu, Zn level, and viscosity in postmenopausal osteoporosis patients with vertebral fractures. *Biological Trace Element Research*, 201(2), 603–610. <https://doi.org/10.1007/s12011-022-03292-y>
- 7- Wittwer, C. T., Reed, G. H., Gundry, C. N., Vandersteen, J. G., & Pryor, R. J. (2003). High-resolution genotyping by amplicon melting analysis using LCGreen. *Clinical Chemistry*, 49(6), 853–860. <https://doi.org/10.1373/49.6.853>
- 8- Reed, G. H., Kent, J. O., & Wittwer, C. T. (2007). High-resolution DNA melting analysis for simple and efficient molecular diagnostics. *Pharmacogenomics*, 8(6), 597–608. <https://doi.org/10.2217/14622416.8.6.597>
- 9- Darvishi, F. Z., Boroumand, F., & Saadat, M. (2019). Genotyping of a 50 bp insertion/deletion genetic variation at promoter region of the superoxide dismutase 1 (SOD1) using high resolution melting analysis. *Gene Reports*, 15, 100367. <https://doi.org/10.1016/j.genrep.2019.100367>

COMPARATIVE ANALYSIS OF YIELD COMPONENTS OF DIFFERENT COTTON VARIETIES: A CASE STUDY IN AZERBAIJAN

Asst. Prof.Dr. Aynur Oruj HASANOVA¹,
Asst. Prof.Dr. Aytan Ilham ZEYNALOVA², Prof.Dr. Sait ENGİNDENİZ³

¹Azerbaijan State Agricultural University, Faculty of Agronomy, Department of General Agriculture, Genetics and Plant Breeding, aynur.hasanova@adau.edu.az, ORCID ID: 0009-0008-1713-0860

²Azerbaijan State Agricultural University, Faculty of Agronomy, Department of General Agriculture, Genetics and Plant Breeding, aytan.zeynalova@adau.edu.az, ORCID ID: 0000-0001-6672-9142

³Ege University Faculty of Agriculture, Department of Agricultural Economics, sait.engindeniz@ege.edu.tr, ORCID ID: 0000-0002-7371-3330

ABSTRACT

The study of economic value traits of varieties and their application in farms has a very important role in measures to increase the productivity of agricultural plants and improve the quality of the product. Currently, there is an urgent need to compare the quantitative and qualitative indicators of cotton varieties introduced from other countries cultivated in cotton farms of Azerbaijan and find out which ones are preferred and apply them to farms. This study aimed to conduct a comparative analysis of yield and fiber quality of various cotton varieties, including those introduced from other countries, under the soil and climatic conditions of Azerbaijan. The study was carried out between 2022 and 2024 at the experimental field of the Plant Protection and Technical Plants Scientific Research Institute, Samukh district. Six cotton varieties were studied. These were Ganja-110 (local), BA-440 (Türkiye), Selekt (Greece), Akala Beret (Israel), S-6524 (Uzbekistan), and Tashauz-68 (Turkmenistan). Indicators such as yield, fiber output, boll mass, and fiber length were analyzed. The local Ganja-110 variety showed superior results in yield (up to 47 c/ha) (c = centner, 1 c = 100 kg), boll mass (up to 6.4 g), and fiber length (up to 35.2 mm). Among the introduced varieties, BA-440 and Selekt demonstrated the highest fiber yield (up to 41%). The Ganja-110 variety's high adaptability and economically value traits highlight its potential for widespread application in Azerbaijan's cotton production.

Keywords: varietal adaptability, cotton yield, agroecological conditions, comparative variety testing, genetic potential.

1. INTRODUCTION

Cotton has been a valuable plant since ancient times, widely spread as a perennial wild plant in tropical regions of the Earth, and people have used its fiber. Scientific research has determined that the economic importance of cotton was known to humans as early as 1,000–2,000 years BC. Under the influence of external environmental factors over a long period, and later through artificial selection, the nature of cotton was partially changed, resulting in numerous forms that differ significantly from each other by economically valuable traits. Over time, as the world population increased, the demand for cotton fiber also grew, and people began selecting and cultivating favorable forms. It is known that the main product of cotton is its fiber. Cotton fiber

is a primary and irreplaceable raw material for the textile industry. Additionally, today hundreds of different valuable products are obtained from cotton, which are widely used, demonstrating that cotton growing is a major sector of the national economy in agriculture. Therefore, in the leading cotton-producing countries of the world, the development of this sector receives as much attention as grain and fuel production. For these countries, cotton growing is valued not only for its economic potential but also as a strategic position and power (Seyidaliyev, 2019).

Despite the increasing use of synthetic fibers in the textile industry, which is observed as a steady development in all sectors of the national economy, the need for natural cotton fiber does not decrease; on the contrary, the demand for this raw material in the world market is increasing annually. However, to reliably meet the ever-growing demand for cotton fiber, the expansion of cotton cultivation areas is limited due to its biological characteristics (Ivanov and Tuz, 2015). In this regard, Azerbaijan's economic-geographical location and soil-climatic conditions, as one of the world's cotton-producing countries, are suitable for cotton growing, and it is considered one of its natural resources.

Due to limited possibilities to sufficiently expand cotton cultivation areas, the development of this sector in countries producing cotton, including Azerbaijan, which regard cotton as a strategic product on the world market, is possible through progressive cultivation technologies that ensure increased yield per unit area and through the use of high-potential varieties resistant to stresses caused by adverse environmental factors. The creation of new varieties with resistance to unfavorable external conditions and high potential, and the development of new breeding methods based on genetic foundations that guarantee obtaining rich initial material are required.

After studying a wide range of plants, it became clear that most introduced varieties do not fully express their biological potential, and breeding work is necessary to cultivate local varieties adapted to the growing conditions in the area (Kochetov et al., 2012). All varieties are created for certain ecological conditions. In production, these varieties maintain their characteristics only when grown in conditions similar to those in which they were created. Otherwise, the biological and economic traits of the variety do not fully manifest. Therefore, new varieties must have high adaptability. The breeder should know that while varieties can provide high yields per unit area under specific conditions, they may also exhibit some negative traits. Hence, varieties must possess not only high yield potential but also the ability to quickly adapt to various soil and climatic conditions (Cabbarov and Valiyeva, 2006; Dadoboyeva, 2014). For this reason, the creation of varieties with wide ecological plasticity is of greater importance. Only such varieties can be spread to regions with different soil-climatic conditions and ensure high yields. The ecological plasticity of varieties, or their ability to adapt to various soil-climatic conditions, is an inherited trait. Therefore, the breeder should consider this and strengthen this trait in plants by selecting appropriate parental pairs for hybridization and conducting targeted individual selection.

In the context of increasing agricultural production efficiency, improving crop productivity and product quality remains a priority. Enhancing crop varietal composition plays a key role in this process. In cotton production, the introduction and development of high-yielding, stress-resistant varieties adapted to specific agroecological conditions are of critical importance. This study focuses on the comparative evaluation of economically valuable traits of different cotton varieties, both local and introduced, under the soil and climatic conditions of Azerbaijan. Comparative analysis of the yield and fiber quality of various cotton varieties under the soil and climatic conditions of Azerbaijan. The aim of this study were to study the agrobiological characteristics and productivity of cotton varieties of different origins, to evaluate the fiber yield and fiber length of the studied varieties, to identify the variety with the highest adaptability and

economic value, to develop practical recommendations for the use of the most promising varieties in production.

2. MATERIAL AND METHODS

Experiments were conducted on the experimental fields in the Samukh district from 2022 to 2024. (Figure 1). Sowing was carried out manually in a 60×20 cm planting scheme with four replicates. Observations included phenological development, raw cotton sampling, fiber yield, and boll mass evaluation. The research work was carried out in 2022-2024 in the experimental field of Plant Protection and Technical Plants Scientific-Research Institute in Samukh district. Analyzes were performed at the Department of General Agriculture, Genetics and Plant Breeding of Azerbaijan State Agricultural University.



Figure 1. Samukh distircit in Azerbaijan

Local Ganja-110 cotton variety, BA-440 (Türkiye), Selekt (Greece), Akala beret (Israel), S-6524 (Uzbekistan), Tashauz-68 (Turkmenistan) cotton varieties introduced from cotton-growing countries were used as research material. According to the systematics of Mauer (1954), the above-mentioned cotton varieties belong to the *Gossypium* genus, *Eugossypium* subgenus, *G. hirsutum* L. species and have 52 chromosomes in their somatic cells.

During the vegetation period, field inspections were conducted 3-4 times at different development stages of plants. Phenological observation was recorded as the mass ripening date when at least one cone opening per plant reached 50% in the reported rows.

A few days before the first collection, samples were collected for analysis. Samples were taken from mature cones in positions 1-2 of normally developed sympodial branches 2-5. 100 cone samples were collected for each variety, with 25 cones collected from each repetition in the 4-replicate planting scheme. Laboratory analyzes were carried out on the raw cotton of the taken test samples and individual samples.

3. RESULTS AND DISCUSSIONS

Productivity, being a complex trait, depends on many genetic and external environmental factors, as well as on a number of components (the number of cones per bush, the mass of raw cotton obtained from one bush, the number of sympodial branches, etc.) (Jost and Cothren, 2000; Bednarz et al., 2005). Ganja-110 cotton variety differs from the cotton varieties introduced to the country by its early ripening, high rate of raw cotton development, as well as high productivity.

According to the figures of the 2022 research year, the yield of Ganja-110 cotton variety was 43.0 c/ha (c = centner, 1 c =100 kg). The second place in terms of productivity is taken by the S-6524 variety (35.5 c/ha). The productivity of other geographically distant cotton varieties was low: BA-440 variety (30.5 c/ha), Selekt variety (32.2 c/ha), Akala Beret variety (28.0 c/ha) and Tashauz-68 variety (31.0 c/ha). Among the geographically distant cotton varieties, the S-6524 variety has the highest yield of 35.5 c/ha, while the Akala Beret variety is the least productive variety with 28.0 c/ha. Ganja-110 cotton variety exceeded geographically distant cotton varieties by 7.5-15.5 c/ha (Table 1).

Fiber yield of cotton varieties is one of the main economic value traits. In the textile industry, cotton fiber is considered a valuable raw material. Increasing the quality of cotton fiber and fiber yield is one of the important issues for the production of high-quality fabrics. Due to the low fiber yield in a number of promising cotton varieties, they cannot find a place for themselves in production and become extinct. Each cotton variety has a certain fiber yield. However, this sign may increase or decrease due to the influence of these or other factors. The creation of new cotton varieties with high fiber yield has both theoretical and practical significance. The study of fiber yield of local and geographically distant cotton varieties in the soil and climate conditions of Azerbaijan is of interest. Raw cotton samples were collected from families of cotton varieties and fiber yield percentage of the varieties was determined by the index (Reddy and Sarma, 2014; Köken and Ilker, 2020).

Table 1. Productivity indicators of different cotton varieties

Cotton varieties	Yield (c/ha) (*)			Fiber yield (%)			The mass of raw cotton from one box (gr)			Fiber length (mm)		
	2022	2023	2024	2022	2023	2024	2022	2023	2024	2022	2023	2024
Ganja-110	43.0	41.5	47.0	38.5	38.0	38.2	6.3	6.1	6.4	35.0	34.8	35.2
BA-440	30.5	32.0	36.5	40.0	39.0	41.0	5.4	5.2	5.5	32.5	33.0	33.3
Select	32.2	34.5	37.0	39.5	40.0	40.0	5.1	5.3	5.3	33.0	33.5	33.8
Akala Beret	28.0	31.0	34.0	36.0	35.8	36.0	5.5	5.7	5.8	32.0	32.5	32.7
S-6524	35.5	36.0	37.0	36.0	36.0	37.0	6.1	6.0	6.0	34.2	33.8	34.0
Tashauz-68	31.0	33.5	35.0	37.0	36.5	36.0	6.0	6.0	6.1	34.0	34.2	34.5

(*) c= centner, 1 c = 100 kg

By 2022, the fiber yield of cotton varieties was 36.0-40.0%. Selekt and BA-440 cotton varieties had high fiber yield (39.5-40.0%). The fiber yield of local Ganja-110 cotton variety was 38.5%. On the contrary, 36.0% in introduced Akala Beret, S-6524 and Tashauz-68 cotton varieties; Fiber yields were low, being 36.0% and 37.0%. In 2023, the fiber yield of Ganja-110 cotton variety was 38.0%, BA-440 variety 39.0%, Selekt variety 40.0%, Akala Beret variety 35.8%, S-6524 variety 36.0%, and Tashauz-68 variety 36.5%. Based on two years of research, BA-440 and Selekt, which are almost geographically distant cotton varieties, have higher fiber yield. In the 2024 research year, a similar situation was observed as a result of two years in terms of fiber

yield in the varieties tested. depending on the soil and climate conditions, the fiber yield of local and geographically distant cotton varieties varied (Table 1).

The mass of raw cotton obtained from one cocoon is one of the important indicators in increasing productivity. Although the indicator of this sign is variable, it is more stable compared to the yield. BA-440, Selekt and Akala Beret cotton varieties introduced to our country have branching bushes belonging to the III or transition type and are considered late maturing varieties due to the vegetation period. Although their plants are multi-cone, the opening of raw cotton coincides with November in the fields of our republic. Despite the fact that the bushes have many cones, the mass of the cones is smaller compared to local cotton varieties (Gören and Tan, 2024; Zeynalova et al., 2024). So, although the mass of raw cotton obtained from one cone in Ganja-110 cotton variety is 6.3 g, in BA-440 variety, it is 5.4 g, in Selekt variety, it is 5.1 g, and in Akala Beret variety, it has a smaller mass, which is 5.5 g. The mass of raw cotton obtained from one cocoon was 6.1 g in the S-6524 variety imported from Uzbekistan, and 6.0 g in the Tashauz-68 variety from Turkmenistan.

From the research conducted in 2022-2024, it can be concluded that the local Ganja-110 cotton variety was superior to the geographically distant cotton varieties in terms of the mass of raw cotton obtained from one cocoon according to the three-year figures of the studied geographically distant cotton varieties. The reason why the Ganja-110 cotton variety is superior in terms of the mass of raw cotton obtained from one cocoon, as well as other economically valuable characteristics, is that the local cotton variety is more adapted to the country's soil and climate conditions.

Fiber length is one of the economically value indicators characterizing the quality of raw cotton. The textile industry has a great need for the long fiber of cotton and its high technological quality. The length of the cotton fiber can also change due to the influence of various factors (Blanc et al., 2008; Mohamed et al., 2021). The length of the fiber can vary depending on the soil-climatic conditions, cultivation agrotechnics, as well as the variety's own biological characteristics. The length of the fiber depends not only on the characteristics of the variety, but also on the location of the cones in the plant, etc. it varies depending on the elements (Reddy and Sarma, 2014; Zeynalova et al., 2022).

During the study years, the fiber length was studied in the samples taken from the cultivated plants, and the influence of geographically distant cotton varieties on the soil-climate conditions, cultivation agrotechnics, and the fiber length, which is a hereditary characteristic of cotton, was determined.

According to the conducted study, it can be said that the fiber length index of the S-6524 and Tashauz-68 cotton varieties introduced from the Central Asian republics was close to the local Ganja-100 cotton variety. The fact that the mentioned varieties have II branching, compact cola and medium early maturity can be explained by their adaptation to the soil and climate conditions of Azerbaijan, economic valuable traits, as well as the fiber length being close to the Ganja-110 cotton variety. In the third year of the study, the fiber length of the other cotton varieties exceeded the fiber length indicators of the previous experimental years. The fiber length in cotton varieties varied between 32.7-35.2 mm.

Ganja-110 cotton variety had a longer fiber length of 35.2 mm, while Akala Beret variety had a shorter fiber length of 32.7 mm. Among other cotton varieties, it was 33.3 mm in BA-440 variety, 33.8 mm in Selekt variety, 34.0 mm in S-6524 variety, and 34.2 mm in Tashauz-68 cotton variety. S-6524 imported from Uzbekistan and Tashauz-68 imported from Turkmenistan were closer to the Ganja-110 cotton variety according to the economic value of the fiber length.

According to a three-year study, it was determined that the local Ganja-110 cotton variety is superior to other introduced cotton varieties in terms of fiber length and is more adapted to the country's soil and climate conditions. Biometric calculation of fiber length of geographically distant cotton varieties was carried out and the results are shown in Table 2.

Table 2. Fiber yield of cotton varieties (%)

Cotton varieties	2022	2023	2024
Ganja-110	16.5 ±0.70	15.8 ±0.84	17.9 ±0.91
BA-440	12.2 ±0.72	12.5 ±0.67	15.0 ±0.75
Select	12.7 ±0.85	13.8 ±0.76	14.8 ±0.51
Akala Beret	10.1 ±0.81	11.1 ±0.77	12.2 ±0.82
S-6524	12.8 ±0.81	13.0 ±0.95	13.7 ±0.67
Tashauz-68	11.5 ±0.72	12.2 ±0.65	12.6 ±0.69

In all cotton-growing regions of the world, the cotton plant is cultivated for its fiber yield. Cotton fiber is considered the main raw material of the textile industry. Therefore, in addition to the yield of raw cotton, the fiber yield of each cotton variety has also been determined (McCarty et al., 2017; Altun and Karademir, 2024). The increase in fiber yield directly depends on the fiber yield of the variety, that is, as the fiber yield is high, the fiber yield also increases (Aslan et al., 2022).

The local Ganja-110 cotton variety surpassed the studied other cotton varieties in terms of fiber yield. In the research year of 2022, the high yield of fiber up to 38.5% led to the increase of fiber yield by 16.5 c/ha. The fiber yield of other introduced cotton varieties is as follows: 12.2 c/ha in BA-440 variety, 12.7 c/ha in Selekt variety, 12.8 c/ha in Akala Beret variety, 12.8 c/ha in S-6524 variety, and 11.5 c/ha in Tashauz-68 variety. Thus, high fiber yield was observed in Ganja-110 variety, 16.5 c/ha, and low fiber yield was observed in Akala Beret variety, 10.1 c/ha.

In the second year of the study, the fiber yield of local and other cotton varieties varied between 11.1-15.8 c/ha. In the local Ganja-100 cotton variety, the fiber yield was 15.8 c/ha. The yield of imported cotton varieties was as follows: 12.5 c/ha in BA-440 variety, 13.8 c/ha in Selekt variety, 11.1 c/ha in Akala Beret variety, 13.0 c/ha in S-6524 variety, and 12.2 c/ha in Tashauz-68 variety. In the third year of the study, compared to the previous two years, fiber yield was higher and varied between 12.2-17.9 c/ha. Fiber yield is determined depending on the biological characteristics of cotton varieties and fiber yield. Ganja-110 made it possible to better adapt to soil and climate conditions and have a high fiber yield (17.9 c/ha). BA-440 (41.0%) introduced from Türkiye and Selekt varieties imported from Greece (40.0%) had high fiber yields, which led to high fiber yields (15.0 and 14.8 c/ha, respectively).

It should be noted that because the Ganja-110 cotton variety is better adapted to the soil and climate conditions of the country, the agricultural value characteristics of the variety were higher than the characteristics of geographically distant cotton varieties (Table 2).

4. CONCLUSION

The Ganja-110 variety demonstrated the highest yield compared to introduced varieties. It recorded up to 47 c/ha, outperforming other varieties by 7.5–15.5 c/ha. Fiber yield for Ganja-110 reached 38.5–38.2%, and the fiber length was the highest at 35.2 mm. Among the introduced varieties, BA-440 and Selekt showed the highest fiber output. The Ganja-110 variety demonstrated consistent performance under the soil and climate conditions of Azerbaijan, making it a promising candidate for local production. Although some introduced varieties showed high fiber yields, they generally had lower productivity and adaptability compared to the local variety. The BA-440 and Selekt varieties can be cultivated in regions with longer vegetation periods, whereas Ganja-110 is recommended for broad-scale application across Azerbaijan due to its stability and superior characteristics. This study provides essential insights for varietal selection and breeding programs aiming at creating high-yield, stress-tolerant cotton varieties adapted to Azerbaijan's specific agroecological conditions. The local Ganja-110 variety outperformed the introduced cotton varieties in yield, fiber yield, boll mass, and fiber length. BA-440 and Selekt varieties exhibit good fiber potential but require specific agronomic conditions. Ganja-110 is recommended for widespread cultivation in Azerbaijan. Further research on the adaptation of imported varieties to local conditions is needed.

REFERENCES

- Altun, D., Karademir, E., (2024). Determination of Yield and Yield Criteria of Different Cotton Lines and Varieties, *Journal of Adnan Menderes University Agricultural Faculty*, 21(1): 37-44.
- Aslan, R., Aygün, Y.Z., Mert, M., (2022). Yield and Fiber Quality Characteristics of Some Cotton (*Gossypium hirsutum* L.) Cultivars Grown in the Southeastern Anatolian Conditions, *Turkish Journal of Field Crops*, 27(2) 285-292.
- Bednarz, C.W., Shurley, W.D., Anthony, W.S., Nichols, R.L., (2005). Yield, quality, and profitability of cotton produced at varying plant densities. *Agronomy Journal*, 97(1): 235- 240.
- Blanc, E., Quirion, P., Strobl, E., (2008). The Climatic Determinants of Cotton Yields: Evidence from A Plot in West Africa, *Agricultural and Forest Meteorology*, 148(2008):1093-1100.
- Cabbarov, A.R., Valiyeva M.A., (2006). Determination of Plant Density And Optimal Irrigation Regime Ensuring Efficient Use of Solar Radiation. *Azerbaijan Agrarian Science*, 3-4:78-79.
- Dadoboeva, M.L., (2014). On Compensatory Photosynthetic Activity of Cotton Boll Bracts, *Reports of the Academy of Sciences of the Republic of Tatarstan*. 57(6):502-506.
- Gören, H.K., Tan, U., (2024). Optimizing Cotton Production: Impact of Varied Plant Densities on Yield and Fiber Quality, *Turkish Journal of Agriculture - Food Science and Technology*, 12(2): 153-158.
- Ivanov, V.M., Tuz, R.K., (2015). Cotton in the Lower Volga Region-Volgograd: FGBOU VPO Volgograd, GAU FGBNU PNIAZ, pp. 1-132.
- Jost, P.H., Cothren, J.T., (2000). Growth and Yield Comparisons of Cotton Planted in Conventional and Ultra-Narrow Row Spacings, *Crop Science*, 40(2):430-435.
- Kochetov, A.A., Dragavtsev, V.A., Makarova, G.A., (2012). Ecological and Genetic Bases of Accelerated Introduction of Cultivated Plants, *Agricultural Biology*, 1:3-6.

- Köken, I., Ilker, E., (2020). Determination of Yield and Quality Properties of Suitable Cotton Varieties for Aegean Region, *Journal of Adnan Menderes University Agricultural Faculty*, 7(1):15-20.
- Mauer, F.M., (1954). *Cotton: The Origin and Systematics of Cotton*. Tashkent, 384 p.
- McCarty, J.C., Jenkins, J.N., Hayes, R.W., Wubben, M.J., (2017). Effects of Plant Density on Boll Retention and Yield of Cotton in the Mid-South. *American Journal of Plant Sciences*, 8(4): 891.
- Mohamed, A.A., Maze, M., Abdelaziz, M.M., Khalil, A.A., (2021). Assessing the Impacts of Climatic Factors on Cotton Yield and Its Economic Indicators, *Journal of Applied Life Sciences and Environment*, 54(2):166-182.
- Reddy, R.Y., Sarma, A.S.R., (2014). Genetic Variability for Yield Components and Fibre Characters in Cotton (*Gossypium arboreum* L), *Plant Archives*, 14(1): 417- 419.
- Seydaliyev, N.Y., (2019). Current Problems in Cotton Growing and Ways to Solve them, Innovative Development of Cotton Growing in Azerbaijan: Achievements, Prospects, Proceedings of Scientific-Practical Conference Dedicated to the 100th Anniversary of ADAU, Azerbaijan, pp. 7-10.
- Zeynalova, A.I., Alakbarov, F.S., Isayeva, D.A., Engindeniz, S., (2024). Comparative Performance Analysis of Some Cotton Varieties: A Case Study for Azerbaijan, *Sarhad Journal of Agriculture*, 40(4): 1118-1127.
- Zeynalova, A.I., Hasanova, A.O., Isayeva, D.A., Musayeva, S.E., Aslanova, D.H., (2022). Main Directions of Cotton Breeding, *Journal of Pharmaceutical Negative Results*, 13(Special Issue 5): 899-903.

CIRCULAR ECONOMY APPLICATIONS IN AGRICULTURE: AN EVALUATION FROM TÜRKİYE'S PERSPECTIVE

Ph.D. Cand. Ayşegül TANİN¹, Prof.Dr. Sait ENGİNDENİZ²

¹Ege University Faculty of Agriculture Department of Agricultural Economics.

taninaysegul@gmail.com, ORCID ID: 0000-0001-7884-8456

²Ege University Faculty of Agriculture Department of Agricultural Economics.

sait.engindeniz@ege.edu.tr, ORCID ID: 0000-0002-7371-3330

ABSTRACT

With the industrial revolution, which began in the mid-18th century, productivity in countries increased and the welfare of societies rose significantly. However, these developments led to the intensive consumption of fossil fuels (coal, oil, natural gas) and the rapid depletion of natural resources. While increasing energy demand has increased interest in renewable and nuclear energy sources, excessive industrial production has brought about numerous ecological problems, such as environmental degradation, water and soil pollution, increased greenhouse gas emissions, and loss of biodiversity. These negative effects have direct impacts not only on ecosystem balance but also on human health and quality of life. In this process, not only production but also consumption activities have led to significant waste generation. Increasing populations and consumption habits further increase the pressure on natural resources and call into question the current production-consumption structure. The agricultural sector, with its high dependence on natural resources, is critical for food security. It also holds a strategic position in terms of rural development, employment, and ecosystem services. Therefore, agriculture stands out as a fundamental area for achieving sustainable development goals. However, current agricultural systems are built on a linear economy model defined by the extraction, use, and subsequent loss of resources as they become waste. This model leads to resource depletion and increased environmental damage. The circular economy model, developed as a solution to these problems, has gained significant importance in recent years. The circular economy is a sustainable approach that aims to recycle waste, optimize resource and energy use, extend product life, and reduce environmental impacts. Furthermore, reducing economic costs by increasing system efficiency is another significant advantage. The aim of this study is to examine circular economy practices in the agricultural sector and assess their environmental, economic, and social impacts from the perspective of Türkiye. To this end, the concept of the circular economy is defined, the current status of circular economy practices in the agricultural sector in various countries is analyzed, and their contributions to sustainable development are explored. The study establishes a framework through literature review and analysis of sample applications. In this study, studies conducted on the subject in Türkiye and other countries was used.

Keywords: sustainable agriculture, circular economy, circular agriculture, agricultural waste, renewable energy

1. INTRODUCTION

In addition to environmental factors such as climate change and the rapid depletion of the world's resources, the increasing amount of waste generated each day has led to the transgression of the planet's ecological boundaries in many respects. At this point, it has become evident that the current economic system is inadequate in meeting societal needs and in providing solutions to environmental problems. Therefore, the "circular economy" model, which aims to minimize waste generation and resource use, has gained significant importance over the past decade (Aydemir, 2025). Circular economy approaches extend the lifespan of added value generated in the production process, thereby preventing waste and ensuring the continuity of depleting resources within economic systems. In fact, this represents the multiplication of the created value (European Commission, 2014).

Considering the social, economic, and environmental benefits of the circular economy model for countries, its implementation has become a necessity today. Since the mid-18th century Industrial Revolution, industrial activities have increased productivity and improved the welfare of societies (Zhao et al., 2017). However, the expansion of industrialization and advanced technologies has also resulted in the intensive use of fossil energy resources (coal, oil, natural gas), leading to the depletion of reserves and turning energy demand into a critical issue. While this has increased the demand for alternative energy sources such as renewable and nuclear energy, excessive industrial production has also caused severe ecological problems, including the depletion of water and soil resources, the rise of greenhouse gas emissions, and the reduction of biodiversity. Furthermore, as most of the machinery in industrialized countries operates with fossil fuels, this not only results in the production of goods but also generates significant amounts of waste. Environmental pollution, moreover, is a consequence not only of production but also of consumption processes (Aydemir, 2025).

The agricultural sector stands out as a fundamental area in achieving sustainable development goals due to its dependence on natural resources, its environmental impacts, and its critical role in food security. However, the majority of current agricultural production and consumption systems are still based on the linear economy model. In this model, resources are extracted from nature, transformed into products, and eventually disposed of as waste, exiting the system. Such an approach accelerates the depletion of essential resources such as soil, water, and energy, while also exacerbating environmental degradation and waste problems (Frosch and Gallopoulos, 1989; Murray et al., 2017).

In this context, the circular economy emerges as an alternative approach that targets environmental, economic, and social sustainability. Its main objectives in agricultural production include reintegrating waste into the system, optimizing the use of energy and resources, and extending product lifespans (Esposito et al., 2018; Özsoy, 2018). This approach has strong potential for increasing resource efficiency, reducing production costs, and minimizing environmental impacts in agricultural enterprises.

Although Türkiye possesses rich agricultural diversity and a high production capacity, circular economy practices are still at the stage of becoming widespread. Therefore, addressing this issue is of great importance for utilizing the existing potential and shaping sustainable agricultural policies. Examining the implementation of circular economy practices in agricultural enterprises will contribute not only to the country's environmental goals but also directly to its rural development strategies.

2. PURPOSE AND METHODS

The purpose of this study is to examine circular economy practices in the agricultural sector and to evaluate their environmental, economic, and social impacts from Türkiye perspective. Accordingly, the concept of the circular economy is defined, current practices in various countries' agricultural sectors are analyzed, and their contributions to sustainable development are discussed. The study proposes a framework through a literature review and the examination of exemplary applications. In this context, study conducted both in Türkiye and in other countries has been utilized.

3. RESULTS AND DISCUSSION

3.1 Definition and Scope of the Circular Economy

The circular economy is an economic approach designed to achieve sustainable development in environmental, social, and economic dimensions by minimizing losses of products, resources, waste, and energy throughout all processes - from sourcing to production, from production to distribution, and from distribution to consumption - and by circulating system outputs within loops as new resource inputs in the same or different system processes, thereby preventing components from becoming waste (Esposito et al., 2018; Murray et al., 2017; Cavallo and Cencioni, 2017; Woźniak and Pactwa, 2018; Özsoy, 2018).

The primary objective of neoclassical economics, which adopts the linear (non-circular) economy, is to make economic development continuous. While neoclassical economics considers the efficient allocation of resources in the market, it fails to develop a mechanism that accounts for scarce natural resources. Ignoring the finiteness of natural resources, this approach is not sustainable in terms of

material and energy flows with respect to the economic model it proposes (the linear economy) (Frosch and Gallopoulos, 1989). Food and raw material prices fluctuate widely across the world and have been markedly higher than in the period up to 2002. Because this constrains economic expenditures, it creates resource-related problems from customers to suppliers and makes it more difficult to secure the cheap materials, cheap energy, and cheap credit needed to generate business volume in a linear economy.

The circular economy is a model that keeps resources circulating in the loop thereby enabling the longest possible use of resources, energy savings, and reduced waste by increasing intersectoral cooperation aimed at reducing end-of-consumption or production-related waste and ensuring resource efficiency (for example, one firm's waste being used as another firm's raw material). While the circular economy model holds strong potential for sustainable growth, existing market barriers and structural constraints make this transition challenging. Tax policy emerges as an important instrument at this point, because tax systems offer powerful incentive mechanisms that directly influence the investment, production, and consumption decisions of economic actors (Şanlı, 2025). For instance, the support of environmentally friendly products, the promotion of waste management practices, and the internalization of environmental damages through taxes based on the "polluter pays" principle constitute the main contours of a tax structure aligned with the circular economy.

3.2 Emergence of the Circular Economy Concept

The concept of the circular economy arose from the need to integrate environmental sustainability with economic systems. The concept was first introduced in 1990 by British economists David W. Pearce. This law argued that, in the context of limited resources, economic activities should be directed toward circularity rather than continuous growth (Su et al., 2013). The ideas of Pearce and Turner represent one of the first systematic critiques of the unsustainability of the linear economy model. Whereas the linear system is dominated by the "take-make-dispose" approach, in the circular system production, consumption, and waste processes are restructured so that resources are circulated within the system. Over time, this approach came to be characterized by the principles of "reduce-reuse-recycle" (3R) and has since expanded into models such as 6R and 9R (Kirchherr et al., 2017).

The development of circular economy thinking has been influenced not only by the economics literature but also by conceptual contributions from industrial ecology, biomimicry, nature-based solutions, natural capitalism, and the blue economy (Murray et al., 2017; Geissdoerfer et al., 2017). In particular, Walter Stahel's 1976 proposition of "product-life extension" is considered one of the industrial foundations of the circular economy (Stahel, 2010). Likewise, Gunter Pauli's "Blue Economy" promotes adapting nature's closed-loop systems to economic structures. In the early 2000s, with the contributions of the Ellen MacArthur Foundation, the concept gained global recognition. The Foundation defines the circular economy as "a model in which waste and pollution are designed out of production and consumption systems, products and materials are kept in use, and nature-based systems are regenerated" (Ellen MacArthur Foundation, 2013). The circular economy is considered not only environmentally oriented but also a model that enhances economic resilience. In this context, the European Commission (2020) defines circular economy as a strategic tool that increases both resource security and economic competitiveness. Moreover, in the post-COVID-19 period, in the face of the fragility of global value chains, circular economy has gained further importance for strengthening local production and reuse systems (Korhonen et al., 2018). All these developments have positioned the circular economy today not merely as an environmental policy but as a new generation model of production, consumption, and value creation. The concept's multidisciplinary nature and the opportunities it offers for both developed and developing countries have made it one of the fundamental development strategies of the 21st century.

3.3 Relationship Between the Circular Economy and Sustainability

Since the 1970s, the world population has doubled and global Gross Domestic Product (GDP) has quadrupled. This growth has necessitated the use of large quantities of natural resources to support economic development and the associated increase in human welfare. Preston emphasizes that the cradle-to-cradle approach is one of the central concepts of circular economy and that its objective is highly ambitious (Preston, 2012). He notes that this approach entails creating products that not only

avoid harming the environment and society while generating profit but also positively affect both. Circular economy focuses on maximizing what is already in use at all stages of a product's life cycle from resource use to supply chain, to consumption, to the components that remain unusable for one function and are recycled into a new resource for another purpose.

Although defined in different ways across many concepts, their common ground is that they approach the circular economy within the concept of a circular closed-loop system (Murray et al., 2017). The circular economy approach focuses on the sustainable management of resources where material components are reused, shared, repaired, refurbished, remanufactured, and recycled to create a closed-loop system and minimize the use of natural resources. Extending product life cycles through 3R applications for consumer products and preventing resource waste play key roles in the transition to the circular economy. By using resources more efficiently and ensuring that these resources circulate in the economy for longer, it is possible to create a process that reduces overall resource use while allowing the global economy to continue expanding. The circular economy is an economy in which waste is designed out in line with the nature of products and supply chains, including improvements or changes in extraction and production processes. By ensuring circularity, the impacts of raw material extraction, processing, and production - as well as disposal - can be reduced.

3.4 Principles of the Circular Economy

The circular economy is an economic model developed to harmonize economic systems with nature and to restructure all processes from production to consumption in line with sustainability principles. Instead of the “take-make-dispose” logic of the linear economy, this model proposes systematic strategies such as “keep in circulation, reuse, and retain value” (Geissdoerfer et al., 2017; Murray et al., 2017). According to the Ellen MacArthur Foundation (2019), the circular economy rests on three main principles:

- **Preserve and enhance natural capital:** Minimize the use of non-renewable resources while ensuring the balanced and efficient circulation of renewable resources within the system;
- **Keep products, parts, and materials in use:** Maintain resources within the economic loop for as long as possible to enhance value creation;
- **Optimize system design:** Prevent waste generation and negative externalities to make the entire system more resilient and efficient.

These principles demonstrate that the circular economy is not merely a recycling policy but a model that requires system-level redesign (Korhonen et al., 2018). The success of circularity requires a systematic transformation beginning at the design stage of products and encompassing the entire continuum of production, distribution, consumption, and ultimately end-of-life processes.

From 3R to 10R: Strategic Implementation Steps of the Circular Economy: To increase the applicability of the circular economy, the 3R strategies (Reduce - Reuse - Recycle) were first developed in the 1990s. However, as processes in the circular value chain diversified in the 2010s, this strategy became more comprehensive and today has evolved into the 9R/10R framework (Potting et al., 2017). This approach aims not only to reduce waste but also to create value at all stages of the product life cycle. These strategic action steps are defined as follows (Ay Türkmen and Kılıç, 2020; Hunger et al., 2024; Aydemir, 2025):

Refuse (R0): Prevent resource use from the outset by refusing production or consumption of the product.

Rethink (R1): Change how products are used to reduce resource consumption.

Reduce (R2): Produce and consume with less material and energy.

Reuse (R3): Use products again directly without repair.

Repair (R4): Extend life by fixing broken products.

Refurbish (R5): Restore old or second-hand products to a usable condition.

Remanufacture (R6): Disassemble old products and use the parts in new products.

Repurpose (R7): Use a product's components for a different purpose.

Recycle (R8): Return waste to production.

Recover (R9): Derive energy from waste for economic and environmental benefits.

These principles also indicate that products should be built from the design stage with “environmental impact” and “closable loops” in mind. In this context, concepts such as “ecodesign,” “modularity,” and “repairability” have become integral parts of the circular economy (Bocken et al., 2016).

Policy Background and Global Implementation Trends: The circular economy model gained a more institutional and binding character with the European Union’s 2020 New Circular Economy Action Plan. The EU regards circular economy principles not only as an environmental necessity but also as an instrument for digitalization and green growth (European Commission, 2020). Similarly, China made circularity a legal obligation with the Circular Economy Promotion Law enacted in 2009 and implemented it across many sectors, including agriculture, industry, and urban transformation (Su et al., 2013). In countries like the United States and the United Kingdom, the circular economy is spreading within the frameworks of private-sector entrepreneurship, eco-innovation, and green finance.

In the Türkiye context, the circular economy approach has become more visible with the European Green Deal. Adapting these principles in sectors with intensive resource use, such as agriculture, textiles, packaging, and construction, is of great importance in terms of both compliance with foreign trade and sustainable development goals (Şanlı, 2025).

3.5 Advantages of the Circular Economy

Transitioning from the linear economy model to the newly developed circular economy model can be considered a highly advantageous system for the entire world. When countries implement appropriate circular economy practices and strategies, they achieve not only economic advantages but also gains in social and environmental awareness. The main advantages of the circular economy can be summarized as follows:

- Attaining opportunities for economic growth;
- Reducing cost items and increasing operational efficiency for businesses;
- Increasing business profitability;
- Contributing to the emergence of innovative business models;
- Providing competitive advantages for firms transitioning to circular economy compared to those remaining in linear models;
- Enabling the utilization of by-products or parts in addition to the primary products of enterprises;
- Ensuring the healthy transfer of resources to the future without eliminating future generations’ access to them;
- Reducing environmental pollution and minimizing carbon dioxide emissions through successful implementation by countries;
- Preventing the emergence of various diseases by transitioning to the circular economy model;
- Ensuring the correct and long-term use of renewable energy resources;
- Enabling the long-term and sound use of water resources;
- Encouraging enterprises to operate holistically and establish circular inter-firm linkages;
- Promoting the use of waste by enterprises, thereby encouraging the emergence of new sectors and increasing employment levels;
- Raising societal welfare levels.

3.6 Circular Economy Practices in the Agricultural Sector

Today, the rapid depletion of natural resources, climate change, yield losses in agricultural production, and food security issues clearly demonstrate that traditional (linear) economic models are unsustainable. In this context, the circular economy model stands out as a powerful alternative especially in the agricultural sector for increasing resource efficiency, reducing waste, and minimizing environmental impacts. In agriculture, instead of the “produce-consume-discard” chain, the circular economy is based on the “produce-consume-valorize-reproduce” loop. Plant and animal wastes generated in agricultural production are regarded not as valueless residues but as valuable inputs that can be reintegrated into the

reproduction process. With this understanding, organic waste is turned into compost or biogas, wastewater is reused for irrigation, and new value-added products are obtained from agricultural by-products.

In Türkiye in recent years, projects aligned with this direction offer noteworthy examples. Municipalities, agricultural cooperatives, private-sector facilities, and farmers are turning to various circular practices. Energy generation from olive pomace, biogas and fertilizer production from animal manure, developing feed from agricultural residues, and valorizing waste from the fruit-juice industry are among the applications being implemented. As in most countries worldwide, the linear economy model adopted in Türkiye creates substantial economic, social, and ecological vulnerabilities (Kavaz, 2021). Beyond the finiteness of natural resources, these vulnerabilities are evident especially in countries where consumption outweighs production. Considering Türkiye's external dependence in many sectors such as energy and food, adopting the circular economy model across all sectoral levels has become a necessity today (Sarica, 2024).

The circular economy is closely linked to the agricultural sector in terms of the implementation of sustainable development objectives. Since agriculture is a production activity directly dependent on nature, it structurally overlaps with circular economy principles such as efficient use of resources, waste reduction, and the protection of ecosystem services (Ellen MacArthur Foundation, 2019; FAO, 2021). Achieving circularity in agricultural production is critically important for maintaining soil health, supporting the water cycle, increasing biodiversity, and combating climate change.

3.6.1 Agricultural Benefits Through Circular Practices

Circular economy practices enhance both environmental and economic sustainability in agricultural production. For example, compost produced from organic waste reduces dependence on synthetic fertilizers while improving long-term soil fertility. The "Circular Agriculture" strategy implemented in the Netherlands has achieved significant success in areas such as using food waste as feed, on-farm biogas production, water reuse, and reducing carbon footprints (WUR, 2019). Similarly, in Germany, biogas use in agriculture enables renewable energy generation while disposing of farm waste. In China, circular agricultural practices under the "Eco-Agriculture" policy are supported by innovative water management techniques aimed at reducing methane emissions from rice production (Su et al., 2013; Liu et al., 2017).

In Türkiye, the first steps toward circular agriculture have also been taken. Especially in provinces such as Izmir, Aydın, and Eskişehir, municipality-supported compost facilities are being established; some agricultural cooperatives are investing in biogas. However, for these practices to become widespread, institutional support mechanisms and incentive systems need to be strengthened (Balbay et al., 2021; Şanlı, 2025).

The transition to circular agriculture requires not only technical but also institutional and managerial transformation. In this context, the European Green Deal (EGD) aims to reduce the use of chemical pesticides in agriculture by 50% by 2030 and to move toward carbon-neutral production. FAO's Circular Bioeconomy Strategy recommends managing biological systems such as agriculture, forestry, and fisheries within a framework of circularity (FAO, 2021). Türkiye's National Food Systems Roadmap (2022) outlines the direction of this transformation with headings such as reducing food waste, developing circular supply chains, and promoting biological inputs.

3.6.2 Circular Economy Practices in Agricultural Enterprises

Food, agriculture, and livestock are among the sectors both affected by and affecting the climate crisis. Because these three sectors are directly interrelated, they must be evaluated together. One quarter of global greenhouse gas emissions stems from food production.

3.6.2.1 Waste Management and Composting

Within the circular economy approach, waste management plays a strategic role in the sustainability of agricultural enterprises. Composting organic waste resulting from agricultural activities and returning it

to agriculture both reduces waste volume and lowers the use of chemical fertilizers (Özsoy, 2018). Composting also strengthens soil microbial structure and contributes to carbon sequestration (Cavallo and Cencioni, 2017).

3.6.2.2 Organic Fertilizer Production and Biogas

One of the most important circular economy practices for utilizing animal waste without harming the environment is biogas plants. In these plants, animal manure is processed through anaerobic fermentation to produce both electrical energy and organic liquid/solid fertilizer. Biogas technologies also contribute to economic sustainability by lowering energy costs in agricultural enterprises.

3.6.2.3 Water Reuse

Optimizing water use in agriculture is of critical importance in the process of adapting to climate change. Within the circular economy framework, the use of treated graywater from domestic or industrial sources for agricultural irrigation enables the conservation of water resources and increased efficiency (Murray et al., 2017). These practices are also widespread in EU countries and particularly encourage water reuse in regions under water stress (Esposito et al., 2018).

3.6.2.4 Use of Renewable Energy

The use of renewable energy sources such as solar, biomass, and wind in agricultural enterprises is a critical strategy for reducing the carbon footprint and achieving energy independence. In Türkiye, agricultural by-products such as olive pomace, hazelnut shells, and sunflower stalks are converted into energy in biomass power plants, representing an important component of agricultural circular economy practices (Balbay et al., 2021). Greenhouses and water pumps powered by solar panels also exemplify circular energy applications (Şanlı, 2025).

3.6.2.5 Reducing Food Loss

Food loss and waste are serious problems both economically and environmentally. The circular economy encourages the reduction of waste in the food system and the transformation of residues into valuable by-products. Policies such as the EU's "second life for food" can also serve as examples for Türkiye (Murray et al., 2017).

3.6.3 Examples of Circular Economy Applications in the World and in Türkiye

The circular economy is increasingly adopted globally and implemented by countries through various practices across sectors. Countries such as China, the Netherlands, Denmark, and Sweden - especially EU member states - have developed pioneering policies and practices. The agricultural sector has also become an important part of this transformation.

The EU has recognized the circular economy as one of the main axes of sustainable development and implemented the "New Circular Economy Action Plan" in 2020. This plan targets sectors such as the agri-food system, textiles, electronics, and plastics and aims to reduce food loss by 50% (European Commission, 2020). For example, the number of agricultural biogas plants in Germany has exceeded 9,500 (Scarlat et al., 2018).

The Circular Economy Action Plan adopted in 2015 outlines monitoring activities under six main headings: production, consumption, waste management, use of secondary raw materials, priority areas (plastics, food waste, critical raw materials, construction and demolition activities, and biomass), and innovation and investment (European Commission, 2015). Under the plan, the EU succeeded in recycling 55% of all waste excluding major mineral waste in 2016. The recovery rate for construction and demolition waste reached 89%, while for packaging waste it was 67%. As of 2016, these recovery rates met 12% of all materials used in the EU, thus saving primary raw materials (European Commission, 2019). Most of the first Action Plan (2015) was successfully implemented, and a new plan was introduced in 2020 to sustain progress. The 2020 plan, "A new Circular Economy Action Plan for a cleaner and more competitive Europe," is explained as follows: This Circular Economy Action Plan provides a forward-looking agenda to achieve a cleaner and more competitive Europe by creating

common ground together with economic actors, consumers, citizens, and civil society organizations. While building on circular economy actions implemented since 2015, it aims to accelerate the transformational change required by the European Green Deal (EGD). The plan will modernize the regulatory framework and make it fit for a sustainable future, maximize new opportunities arising from the transition, and at the same time minimize burdens on people and businesses. Europe alone cannot accomplish the transformation by acting in isolation. However, there is an EU vision seeking to lead the circular economy process globally (European Commission, 2020).

The EGD is an agreement made by the European Commission in 2019 to make Europe a climate-neutral continent by 2050. The 2030 target is to reduce emissions by at least 55%. The aims and objectives include: enabling the decoupling of resource use, ensuring resource efficiency, creating a competitive structure and raising the EU's welfare level. To achieve these goals, a set of policies has been introduced covering many sectors from construction to agriculture and energy. Key areas include protecting biodiversity, eliminating pollution, renovating buildings, transitioning to a circular economy, creating clean energy, sustainable mobility, and climate action (European Commission, 2019).

The EU aims to reduce greenhouse gas emissions between 2021 and 2030 by at least 55% compared to the 1990s and to eliminate them entirely by 2050. To do this, the share of renewable energy must be increased to at least 32% (European Commission, 2020). Five core EU strategies to achieve this are energy efficiency; rethinking the current economic system through decarbonization, ensuring energy security, an integrated, competitive European energy market and innovation (European Commission, 2015). Practices in some countries are mentioned below.

The Netherlands: 100% Circularity Target in Agriculture: The Netherlands is one of the first countries to set a full circular economy target by 2050. Under the “Closing the Loop” strategy, the country has developed bio-based systems that convert agricultural waste into energy and organic fertilizers. The use of food residues as animal feed has been popularized, and industrial symbiosis practices in agriculture have been supported (Kirchherr et al., 2017).

Denmark: Industrial Symbiosis and Agro-Energy: The city of Kalundborg in Denmark hosts one of the world's best-known industrial symbiosis practices. Agricultural enterprises there benefit from steam, wastewater, and biomass outputs from nearby industrial facilities and, in return, supply fertilizer and biogas. In Danish agriculture, the circular economy reduces costs and environmental impacts through resource sharing (Chertow, 2007).

China: Ecological Circular Model in Agriculture: China has been disseminating circular agriculture through the “Eco-Agriculture Parks” project. In these systems, livestock, crop production, and aquaculture are integrated, and wastes are continuously recovered; for example, animal manure feeds fish farms, and water is then used in crop production. China also put the circular economy on a legal footing in 2009, making it mandatory.

Sweden: Energy and Fertilizer from Agricultural Waste: Sweden is one of the leading countries in biogas production. Animal waste from the agricultural sector, by-products from the food industry, and municipal organic waste are processed in biogas plants, and the residues are used as fertilizers in agriculture. This closed-loop model developed by Sweden serves as an example for rural development and energy independence (Börjesson and Berglund, 2006).

The concept of the circular economy has long been integrated into the agricultural sectors of many developed countries, particularly within the European Union. However, this approach is not limited to developed countries alone. In Türkiye, numerous successful applications based on circular economy principles environmentally friendly and centered on resource efficiency have been implemented. Practices such as converting food waste into feed or fertilizer, generating energy from animal waste, reusing treated water for irrigation, and valorizing olive and fruit-processing waste are carried out by a variety of institutions, cooperatives, municipalities, and agricultural enterprises across different regions of Türkiye. These practices not only reduce environmental impacts but also provide economic benefits to farmers, support energy production, and contribute to local development. The examples below present

concrete initiatives illustrating how circular economy principles are put into practice in Turkish agricultural enterprises:

1. Izmir Metropolitan Municipality - “From Soil Back to Soil” Project
2. Konya Plain Project (KOP) - Agricultural Irrigation with Treated Wastewater
3. Aksaray Biogas Plant - Energy and Fertilizer Production from Animal Waste
4. Conversion of Agricultural Residues into Biomass Energy in Karaman and Manisa
5. Aegean Agricultural Research Institute - Circular Agriculture Applications (R&D)
6. Field School Projects (examples from Izmir, Bursa, Eskişehir)
7. Circular Projects of Agricultural Cooperatives (IzTarım, TARIŞ, etc.)
8. Burdur Lake Basin Biogas Project
9. Balıkesir - Use of Olive Pomace and “Prina”
10. Çorum - Animal Feed Production Using Agricultural Waste
11. Antalya - Composting of Plant Waste from Greenhouses
12. GAP Region - Drip Irrigation and Graywater Use Projects
13. TARIŞ - Production of Value-Added Products from Waste (Cosmetics from Olive Pits)
14. Kütahya - Animal Feed and Compost Production Using Fruit-Juice Factory Residues
15. Circular Agriculture Trainings - Cooperation Between FAO and Provincial Directorates of Agriculture
16. IzTarım - Animal Feed Production from Food Waste (Izmir)
17. Mersin - Biogas and Fertilizer Production from Citrus-Processing Residues

4. CONCLUSION AND RECOMMENDATIONS

Since the agricultural sector is directly connected to nature, it holds critical importance in terms of sustainability principles (Zhao et al., 2017). However, today the increasing problems in agricultural production processes, such as intensive resource use, waste generation, and soil and water pollution, clearly reveal the limitations of current linear economic models (Murray et al., 2017). At this point, the circular economy model offers agricultural enterprises a new and sustainable roadmap (Aydemir, 2025). The circular economy approach aims to minimize resource use in agricultural production, reintegrate waste into the system, and retain economic value within the system for as long as possible (European Commission, 2014; Esposito et al., 2018). Particularly in countries such as Türkiye, where agricultural production is high and environmental pressures are intensifying, this approach is not a choice but a necessity (Özsoy, 2018).

Studies conducted in Türkiye demonstrate that practices such as composting, biogas production, wastewater use, and biomass energy provide both environmental and economic benefits for agricultural enterprises (Frosch and Gallopoulos, 1989; Aydemir, 2025). Findings indicate that agricultural production systems can be restructured through circular approaches, thereby increasing efficiency while significantly reducing environmental damage (European Commission, 2014).

However, the integration of circular economy principles into the agricultural sector remains limited. Practices are mostly carried out under the initiative of local administrations or a small number of cooperatives and are not supported by comprehensive policies (Murray et al., 2017). This situation makes it difficult to fully realize the potential of circular systems.

For the circular economy to become widespread in agriculture, policies and legal regulations must be strengthened, the existing “Zero Waste” policy should be integrated into agricultural production, and legislation encouraging practices such as composting, biogas, and wastewater use must be developed (European Commission, 2014). In addition, it is important to develop training programs for farmers, to ensure that local governments and cooperatives take an active role, and to increase R&D investments (Esposito et al., 2017). Furthermore, a logistics infrastructure for the use of food waste in agriculture should be established, and special incentives should be provided to enterprises combating food waste (Özsoy, 2018).

In conclusion, restructuring agricultural enterprises with a circular economy approach is not only an environmental imperative but also the foundation of economic sustainability (Aydemir, 2025). This transformation should be regarded as a strategic priority for the future of Türkiye’s agriculture. In this way, rural development will accelerate, and the resilience of food systems will be enhanced (European Commission, 2015; Zhao et al., 2017).

REFERENCES

- Ay Türkmen, H., Kılıç, C. (2020). The Circular Economy Model for Sustainable Development Approach, *Third Sector Social Economy Journal*, 55(4), 2538-2556.
- Aydemir, D.S. (2025). Multi-Scale Plan Strategies for Circular Economy in Türkiye, *Environment, Climate and Sustainability*, 26 (1), 25–36.
- Balbay, S., Sarihan, A., Avsar, E. (2021). “Circular Economy / Industrial Sustainability” Approach in the World and in Türkiye. *European Journal of Science and Technology*, 27, 557-569.
- Bocken, N. M. P., de Pauw, I., Bakker, C., van der Grinten, B. (2016). Product Design and Business Model Strategies for A Circular Economy. *Journal of Industrial and Production Engineering*, 33(5), 308–320.
- Börjesson, P., Berglund, M. (2006). Environmental Systems Analysis of Biogas Systems - Part 1: Fuel-Cycle Emissions, *Biomass and Bioenergy*, 30(5), 469-485.
- Cavallo, E., Cencioni, L. (2017). *Circular Economy, Benefits and Good Practices*. Milano: Edizioni Ambiente.
- Chertow, M. R. (2007). Uncovering: Industrial Symbiosis. *Journal of Industrial Ecology*, 11(1), 11–30.
- Ellen MacArthur Foundation. (2013). *Towards the Circular Economy: Economic and business rationale for an accelerated transition*. Netherlands.
- Ellen MacArthur Foundation. (2019). *Completing The Picture: How The Circular Economy Tackles Climate Change*. Netherlands.
- Esposito, M., Tse, T., Soufani, K. (2018). Introducing A Circular Economy: New Thinking with New Managerial and Policy Implications. *California Management Review*, 60(3), 5–19.
- European Commission. (2014). *Towards A Circular Economy: A Zero Waste Programme for Europe (COM (2014) 398)*. Brussels-Belgium.
- European Commission. (2015). *Closing The Loop - An EU Action Plan for the Circular Economy*. Brussels-Belgium.
- European Commission. (2019). *The European Green Deal*. Brussels-Belgium.
- European Commission. (2020). *A New Circular Economy Action Plan: for a Cleaner and More Competitive Europe*. Brussels-Belgium.
- FAO. (2021). *Circular Bioeconomy: Policy Recommendations for Sustainable Food Systems*. Rome: Food And Agriculture Organization.

- Frosch, R. A., Gallopoulos, N. E. (1989). Strategies For Manufacturing. *Scientific American*, 261(3), 144–152.
- Geissdoerfer, M., Savaget, P., Bocken, N. M. P., Hultink, E. J. (2017). The Circular Economy - A New Sustainability Paradigm? *Journal of Cleaner Production*, 143, 757–768.
- Hunger, T., Arnold, M. and Ulber, M. (2024). Circular Value Chain Blind Spot- A Scoping Review of the 9R Framework in Consumption. *Journal of Cleaner Production*, 440, 1-22, 140853.
- Kavaz, I. (2023). Foreign Dependency on Energy and the Effects of Economic Growth on Energy Efficiency: The Turkish Example. *Journal of Productivity*, 57(2), 253-272.
- Kirchherr, J., Reike, D., Hekkert, M. (2017). Conceptualizing The Circular Economy: An analysis of 114 definitions. *Resources, Conservation and Recycling*, 127, 221–232.
- Korhonen, J., Honkasalo, A., Seppälä, J. (2018). Circular Economy: The Concept and Its Limitations. *Ecological Economics*, 143, 37–46.
- Liu, L., Liang, Y., Song, Q., Li, J., (2017). A Review of Waste Prevention Through 3R Under the Concept of Circular Economy in China, *Journal of Material Cycles and Waste Management*, 19(4):1314-1323.
- Murray, A., Skene, K., Haynes, K. (2017). The Circular Economy: An Interdisciplinary Exploration of the Concept and Application in A Global Context. *Journal of Business Ethics*, 140(3), 369–380.
- Özsoy, T. (2018). Circular Economy: A Summary of the Situation in Germany. *Global Journal of Economics and Business Studies*, 7(14), 129-143.
- Potting, J., Hekkert, M., Worrell, E., Hanemaaijer, A. (2017). Circular Economy: Measuring Innovation in the Product Chain. PBL Netherlands Environmental Assessment Agency.
- Preston, F. (2012). A Global Redesign Shaping the Circular Economy. Energy, Environment and Resource Group (eERG) Briefing Paper. USA.
- Sarıca, F. (2024). Evaluation of the Textile Sector in Türkiye within the Framework of Sustainable Development Policies. Specialization Thesis. Central Bank of the Republic of Türkiye. Ankara.
- Scarlat, N., Dallemand, J.-F., Fahl, F. (2018). Biogas: Developments and Perspectives in Europe. *Renewable Energy*, 129, 457–472.
- Stahel, W. R. (2010). *The Performance Economy* (2nd ed.). Palgrave Macmillan.
- Su, B., Heshmati, A., Geng, Y., Yu, X. (2013). A Review of the Circular Economy in China: Moving from Rhetoric to Implementation. *Journal of Cleaner Production*, 42, 215–227.
- Şanlı, D.I. (2025). The Role of Tax Policies in the Transition to a Circular Economy. *Eskisehir Osmangazi University Journal of Economics and Administrative Sciences*, 20 (1), 300-326.
- Woźniak, J., & Pactwa, K. (2018). Overview of Polish Mining Wastes with Circular Economy Model and Its Comparison with Other Wastes. *Sustainability*, 10 (11), 3994.
- WUR (Wageningen University and Research). (2019). *Towards Circular Agriculture in the Netherlands*.
- Zhao, H., Zhao, H., Guo, S. (2017). Evaluating the Comprehensive Benefit of Ecoindustrial Parks by Employing Multi-Criteria Decision Making Approach for Circular Economy. *Journal of Cleaner Production*, 142, 2262-2276.

POTENTIAL USE OF NANOPARTICLES IN FRUIT CULTIVATION

Research Assist. Merve KARAKOYUN MUTLUAY¹, Prof. Dr. Muzaffer İPEK²

¹Bilecik Seyh Edebali University, Faculty of Agriculture and Natural Science,
Department of Horticulture, Bilecik, Türkiye,
merve.karakoyun@bilecik.edu.tr, 0000-0001-7438-4738

²Selçuk University, Faculty of Agriculture, Department of Horticulture, Konya,
Türkiye,
mipek@selcuk.edu.tr, 0000-0002-5773-7236

ABSTRACT

Sustainable agriculture requires minimizing the use of pesticides and chemical fertilizers to reduce environmental impacts and increase productivity. Therefore, nanoparticles are attracting attention as a promising tool for improving fruit production and quality. Thanks to their properties that enhance plant growth and development, nanoparticles offer an alternative or complementary solution to traditional agricultural practices. Research in fruit cultivation has observed that nanoparticles have significant effects, such as increasing vegetative growth, supporting reproductive development, and improving flowering. These effects have direct positive effects on fruit productivity, product quality, and ultimately, shelf life. Nanoparticles also play a critical role in reducing fruit waste, as these materials increase the durability of fruit trees, allowing them to remain fresh for longer periods.

This review aims to provide an in-depth review of the basic principles of nanotechnology, the synthesis and transport of nanoparticles, and their effects on fruit trees. It also focuses on potential solutions and prospects for future research in this area. The future of nanoparticles in agricultural applications holds enormous potential for sustainable agriculture, and advances in this field could make significant contributions to improving environmental sustainability and food security.

Keywords: Nanotechnology, yield, quality, fertilizer

1.INTRODUCTION

Nanotechnology is a rapidly developing area of research that examines the characteristics of matter at a scale of 1-100 nm (Barlow et al., 2009). This technology offers many advantages and uses, such as the ability to release active substances in a controlled way, being effective at lower amounts, having low toxicity to non-target organisms, and reducing pollution and costs (Kralova and Jampilek, 2021; Tarrahi et al., 2021). Nanotechnology encompasses various sectors and scientific disciplines, including biomedical, chemical, medical, optical, pharmaceutical, cosmetics, textile, food, agriculture, environment, energy, electronics, and transportation, and is recognized as an enabling technology that facilitates innovative applications across these fields (Rathnayake et al., 2014; Woldeamanuel et al., 2021).

Based on their surface characteristics, origins, and compositions, nanoparticles, fundamental components of nanotechnology, find significant applications in agriculture. Polymeric nanoparticles enhance product output by the delayed and regulated release of agricultural compounds, whereas metallic nanoparticles can foster plant growth and development (Adisa et al., 2019; Abbasifar et al., 2020) but may exhibit harmful effects at elevated doses. Silver, copper, titanium dioxide, zinc oxide, copper oxide, iron oxide, selenium, silicon, and carbon-based nanoparticles are among the most commonly utilized varieties in this context, each contributing significantly to plant production through various processes. The diverse advantages of these nanoparticles, including stress management, antibacterial properties, enhanced antioxidant activity, and modulation of physiological processes, garner interest regarding agricultural sustainability.

The production of nanoparticles is conducted by three primary methods: physical, chemical, and biological, which are founded on two fundamental approaches: "top-down" and "bottom-up" (de Oliveira et al., 2020). The top-down technique breaks down larger materials into nanoscale pieces, while the bottom-up approach creates nanoparticles by building them up from atoms or molecules through chemical reactions (Jamkhande et al., 2019).

Although physical and chemical synthesis procedures possess drawbacks, including elevated costs, the utilization of hazardous substances, and environmental hazards, biological methods, particularly green synthesis, emerge as an eco-friendly and cost-effective alternative (Vetchinkina et al., 2018). The green synthesis approach generates particles in a non-toxic and sustainable manner with biological resources, including plant extracts, bacteria, and algae. Biomolecules like proteins, enzymes, phenolic compounds, and flavonoids found in plant extracts help create nanoparticles by turning metal ions into a simpler form (Nadaroglu et al., 2017).

2. NANOPARTICLES AND AGRICULTURE

Nano-derived compounds have substantial benefits in enhancing plant growth and productivity in agriculture. Their diminutive dimensions, user-friendliness, extended shelf life, and non-toxicity render them a compelling alternative to conventional procedures. Global commercialization of these goods is rapidly progressing, and the use of nanoparticles in agriculture is known as "Phytonanotechnology" (Fincheira et al.,

2020). Currently, around 229 nanoproducts are manufactured by 73 businesses across 26 countries; 43.23% are utilized for fertilization, 17.47% for plant protection, 10.48% as growth regulators, 3.49% for soil enhancement, and 25.33% in animal husbandry (Anonymous, 2024).

2.1. Uptake of nanoparticles by plants

Plants possess cell walls, and the primary determinant for the infiltration of nanoparticles (NPs) into plant tissues and cells is their size. Research indicates that nanoparticles measuring 40-50 nm facilitate successful penetration and transportation within plants (Sabo-Attwood et al., 2012; Taylor et al., 2014). Plant morphology, chemical composition, nanoparticle coating material (Judy and Bertsch, 2014; Raliya et al., 2017), plant species diversity (Larue et al., 2012), environmental conditions, soil qualities, and plant flora substantially influence the absorption and efficacy of nanoparticles in plants. Upon penetrating the plant surface, nanoparticles traverse plant tissues by apoplastic or symplastic transport mechanisms. In apoplastic transport, nanoparticles move from outside the plant to the roots and then spread to other parts of the plant through the xylem (Sattelmacher, 2001). Subsequent to this transfer, they can ascend and traverse to different regions of the plant via the xylem (Sun et al., 2014). In foliar applications, nanoparticles stomata. Stomata serve as appropriate entry points for nanoparticles with a diameter of roughly 10 nm (Eichert and Goldbach, 2008).

2.2. Use of nanoparticles in fruit growing

The application of nanoparticles in fruit cultivation has surged due to their cost-effectiveness and outstanding efficacy. In horticulture, nanoparticles facilitate the regulated release of agrochemicals and enhance plant resilience (nanopesticide), serve as semi-essential micronutrients (nanofertilizer) by optimizing physiological and biochemical processes, augment crop growth, yield, and quality, and enable the direct or indirect detection of pesticides, foodborne pathogens, toxic pollutants, and heavy metal ions (nanobiosensor). These applications possess considerable potential to enhance productivity and quality in fruit production, mitigate environmental consequences, and ensure food safety.

2.2.1. Nanopesticides and fruit growing

Pesticides are chemical agents employed to mitigate diseases, pests, or weeds that compromise product plant resistance (Usman et al., 2020; Ranjan et al., 2021). The conventional application of pesticides enhances the resistance of targeted pests and may also adversely affect beneficial organisms. Nanopesticides are becoming significant in the management of diseases, weeds, and pests in agriculture. Nonetheless, typical pesticides exhibit several issues, such as insufficient water solubility, inadequate stability, and sustained release (Zobir et al., 2021). Research indicates that nanopesticides can enhance plant growth and development by managing diseases, pests, and output (Balah and Pudake, 2019). Researchers assert that nanopesticides will offer environmentally sustainable and cost-effective solutions to agricultural challenges, owing to their high stability and controlled release characteristics, as well as their capacity to diminish the reliance on agricultural chemicals by prolonging the exposure duration of target

organisms to pesticides (Roy et al. 2014). Citrus trifoliata essential oil (CTEO)-loaded nanocubosomes, which are self-assembled cubic liquid crystal nanoparticles, demonstrated efficacy against insects, including *Spodoptera littoralis* (Abdel-Kawy et al., 2021).

Nanomaterial-based kaolin particle films have acted as a physical barrier to control pests such as Mediterranean fruit fly (*Ceratitis capitata*) and green stink bug (*Nezara viridula*) (Salerno et al., 2020). Methyl eugenol (ME) nanogel has been developed for effective control of *Bactrocera dorsalis* in many fruit species (Bhagat et al., 2013). These findings suggest that nanopesticides offer more efficient and environmentally friendly solutions in agriculture and have the potential to transform future agrochemical uses.

2.2.2. Nanofertilizers and fruit growing

The swiftly growing global population results in a substantial rise in food demand and significant environmental and economic issues. Specifically, it has been documented that merely 18-20% (nitrogen), 30-35% (phosphorus), and 35-40% (potassium) of conventional fertilizers absorbed by plants are utilized effectively, while the remainder contaminates groundwater, rivers, or undergoes mineralization (Guo et al., 2018). This situation leads to money problems and pollution, especially causing issues like eutrophication (too many nutrients in water) and serious risks to human health.

In this context, nanofertilizers emerge as a more efficient and environmentally sustainable option, offering numerous advantages over conventional fertilizers. The features of nanofertilizers, including enhanced absorption by plants, less environmental pollution, and improved fertilizer usage efficiency, render them a more sustainable alternative to conventional fertilizers. Holds significant potential, particularly for the more efficient utilization of nutrients like nitrogen, phosphate, and potassium. Nanofertilizers are possibilities for sustainable agriculture and ecologically friendly solutions (El-Saadony et al., 2022). The distinctive physicochemical characteristics of nanoparticles positively influence plants by enhancing fruit output, improving produce quality, and prolonging shelf life (Sharma et al., 2021). These fertilizers enhance agricultural productivity by facilitating more efficient nutrient absorption in plants. Recent years have demonstrated the extensive application of nanofertilizers in fruit production, highlighting their potential advantages for productivity, quality, and environmental sustainability.

2.2.3. Nanobiosensors

Nano biosensors expedite speedy and accurate detection while facilitating real-time signal monitoring using portable devices. Furthermore, they are employed to identify analytes that could potentially endanger flora and fauna (Otlés and Yalcin, 2010). Nano biosensors can be utilized to assess soil conditions, monitor plant growth, evaluate antibiotic resistance, detect plant stress, analyze nutrient content, and ensure food quality (Stadler et al., 2010; Tarafdar et al., 2012). In agriculture, nanobiosensors facilitate the direct or indirect detection of pesticides, foodborne pathogenic bacteria, hazardous contaminants, and heavy metal ions.

3. PURPOSES OF USING NP IN FRUIT GROWING

3.1. Nanoparticles in plant growth and development

Nanofertilizers have demonstrated efficacy in promoting growth and improving quality in fruit cultivation (Babu et al., 2022) (Table 1). Conventional chemical fertilizers necessitate substantial quantities; however, nanofertilizer can be utilized in reduced volumes. Low-dose applications can enhance nutrient utilization efficiency by reducing nutrient loss via leaching and volatilization (Raliya et al., 2017). This property enhances the efficacy of nanofertilizer in augmenting agricultural yield while mitigating environmental consequences. In contrast to conventional chemical fertilizers that necessitate substantial quantities, nanofertilizer can be utilized in comparatively minimal doses. Utilizing nanofertilizer in reduced quantities might diminish the likelihood of nutrient loss by leaching and volatilization, hence enhancing nutrient usage efficiency (Raliya et al., 2017).

Table 1. Some nanoparticles used in plant growth and development in fruit growing

Plant type	Nanofertilizer	Effect	Reference
<i>Fragaria vesca</i>	FeO ZnO	Significant increase in fruit number and yield.	(Kumar et al., 2017)
<i>Mangifera indica</i>	Nano B	Increase in fruit number, fruit weight, total yield, fruit content, total sugar, and ascorbic acid content.	(Abdelaziz et al., 2019)
<i>Fragaria vesca</i>	ZnO	Increase in vegetative growth characteristics and earliest flowering.	(Saini et al., 2021)
<i>Malus domestica</i>	Se	Increase in fruit yield, sugar, and ascorbic acid content.	(Montaño-Herrera et al., 2022)
<i>Pyrus communis</i>	Cu Fe	Increase in total phenol, flavonoid, and ascorbic acid content of fruits.	(Hernández-Fuentes et al, 2023)

3.2. Role of nanoparticles in enhancing abiotic stress tolerance

Nanoparticles can augment crop yields in sustainable agriculture by improving plant resilience to abiotic stressors, thereby tackling present and future production issues (Kandhol et al., 2022; Al-Khayri et al., 2023). This can be accomplished by stimulating specific enzymes, enhancing chlorophyll concentration and photosynthetic efficiency, and managing plant diseases (El-Saadony et al., 2022). Numerous research studies have established the impact of nanoparticles in fruit cultivation and their role in enhancing tolerance to abiotic stress (Table 2).

Table 2. Nanoparticles used in fruit growing and their effects on increasing tolerance to abiotic stress

Plant type	Nanofertilizer	Abiotic Stress	Effect	Reference
<i>Fragaria vesca</i>	SiO ₂	Salinity	Chlorophyll can mitigate the detrimental effects of salinity stress on strawberry plants by helping maintain relative water content.	Avestan et al., (2019)
<i>Fragaria vesca</i>	Se/ SiO ₂	Drought	Improvement in chlorophyll contents and physiological parameters	Zahedi et al., 2020
<i>Musa paradisiaca</i>	Cs	Heat	Chitosan-NP application in banana plants reduced the negative effects of chilling stress.	Wang et al., 2021
<i>Citrus sinensis</i>	SiO ₂	Salinity	Root growth and chlorophyll content were increased and osmotic effects were alleviated in all NaCl-treated plants compared to control stressed plants.	Mahmoud et al., 2022
<i>Ananas comosus</i>	Ag	Heavy metal	Shoot growth was significantly improved, chlorophyll a/b and total/carotenoid ratios were increased, and proline production was increased in response to stress.	Tejada-Alvarado et al., (2023)

3.3. Role of nanoparticles in the synthesis of secondary metabolites

Elicitors are substances that induce stress in plants, resulting in the synthesis and accumulation of secondary metabolites or the stimulation of novel secondary metabolite production (Juarez-Maldonado, 2019). Numerous researchers have shown that nanoparticle-induced oxidative stress can enhance the formation of important secondary metabolites in both in vivo and in vitro conditions (Table 3).

Table 3. Effects of some nanoparticles on secondary metabolite contents in fruit growing

Plant type	Nanoparticle	Effective Concentration	Application Method	Effect	Reference
<i>Corylus avellana</i>	Ag	5 and 10 ppm	Spray	Increased total phenol content	Jamshidi et al., 2017
<i>Citrus reticulata</i>	CuO	30 ppm		Increased total phenolic and flavonoid content, as well as increased antioxidant capacity	Hussain et al., 2017
<i>Citrus reticulata</i>	Ag	30 ppm		Increased total phenolics and flavonoids; increased antioxidant capacity	Hussain et al., 2018

3.4. Storage period and postharvest quality of fruits

Food preservation relies on the notion of prolonging shelf life by regulating physicochemical alterations and oxidation-reduction reactions in perishable food products or by inhibiting microbiological deterioration (Samsi et al., 2019). The food industry's emphasis is on devising novel techniques to avert microbial contamination and prolong shelf life (Elsabee and Abdou, 2013). Gelatin-based food packaging films have been extensively researched for their biodegradable properties, which safeguard foods against light, air, and moisture loss (Shankar et al., 2019). The inadequate barrier and mechanical qualities of gelatin-based films restrict their application as packaging materials in the food sector. Research indicates that the mechanical, barrier, and thermodynamic characteristics of gelatin composite films can be enhanced through the incorporation of nanoparticles such as Ag (Kumar et al., 2017), TiO₂ (Nassiri and Mosayebi, 2018), ZnO (Marvizadeh et al., 2017), chitosan (Hosseini et al., 2015), and montmorillonite (MMT) (Flaker et al., 2015; Shankar et al., 2016).

3.5. Application of nanoparticles in vitro

Recent research has concentrated on the exogenous use of nanoparticles to enhance plant growth and development; nevertheless, investigations into their specific roles in callus formation and regeneration are still in progress (Table 4). In vitro tissue culture is recognized as a highly effective method for enhancing the comprehension of physiology and biochemistry in molecular plant breeding under challenging environmental conditions (Elmaghrabi et al., 2019). The application of nanoparticles to plants influenced callus proliferation, cell division, root structure, leaf quantity, shoot length, and total biomass in some species under both normal and stress conditions, attributable to their hormone-like capabilities and antioxidant activities (Gohari et al., 2020). Mature embryos or tissues derived from them are crucial for in vitro culture as they reduce time, enhance

proliferation, overcome seed dormancy, and ensure seed viability (Patnaik et al., 2006). The limited variability of the physiological state in mature embryos facilitates their application with nanoparticles, particularly in in vitro culture (Yu et al., 2008).

Table 4. In vitro application of nanoparticles in fruit growing

Plant type	Nanoparticle	Effective Concentration	Effect	Reference
<i>Phoenix dactylifera</i>	ZnO	150 ppm	Prevention of microbial contamination and vitrification, increased carbohydrate, protein, and amino acid accumulation,	Awad et al., 2017
<i>Fragaria vesca</i>	FE ₃ O ₄	0,8 ppm	Increased tolerance to drought stress	Mozaferi et al., 2018
<i>Fragaria vesca</i>	Ag	200 ppm	Successful explant disinfection, reduced ethylene gas accumulation	Tung et al., 2021
<i>Olea europaea</i>	ZnO	6-18 ppm	Increased plant growth parameters, including chlorophyll a and b content and soluble protein	Regni et al., 2022
<i>Passiflora edulis</i>	Ag	5 ppm	Increased in vitro flowering	Phong et al., 2022
<i>Rubus ursinus x idaeus</i>	Ag	0,1 ppm	Significantly reduced the negative effects of drought stress, increased plant growth parameters	Şener et al., 2023
<i>Ananas comosus</i>	Ag	0,025 ppm	Under aluminum metal stress, higher concentrations of photosynthetic pigments and carotenoids, improved shoot formation, improve chlorophyll a/b and total/carotenoid ratios, as well as improved proline biosynthesis in response to stress	Tejada et al., 2023

4. FUTURE PERSPECTIVE AND CONCLUSION

Nanoparticles have emerged as a promising instrument to enhance fruit yield and quality. They provide numerous advantages, including enhanced nutrient absorption, less stress, and superior fruit quality and output. Nonetheless, concerns remain, including the possible environmental and health hazards linked to the utilization of nanoparticles. Subsequent investigations should concentrate on refining nanoparticle formulations, enhancing delivery techniques, and assessing their prolonged impacts on plant growth, fruit quality, and environmental health. By surmounting these obstacles and investigating novel prospects, the application of nanoparticles in fruit cultivation could transform the methods of growing and harvesting fruit, offering sustainable ways to satisfy the rising need for high-quality and nutritious food. The application of nanoparticles in fruit cultivation poses numerous obstacles that must be resolved prior to the realization of their complete potential. A primary difficulty is guaranteeing the security of its application and mitigating any environmental hazards. A further obstacle is the difficulty of standardizing the application of nanoparticles to fruits, owing to their heterogeneity in size, shape, and surface chemistry. The expense associated with large-scale nanoparticle production is a significant constraint on their extensive application in fruit agriculture. Notwithstanding these limitations, the future potential for employing nanoparticles in fruit production appears bright. It possesses the capacity to augment the efficiency of fruit production by optimizing nutrient absorption, promoting plant growth and development, and diminishing reliance on chemical fertilizers, insecticides, and herbicides.

Nanoparticles can be tailored for specific crops and settings, facilitating individualized yield control and enhancing overall fruit quality, antioxidant activity, and productivity. Nanoparticles can be employed to combat plant diseases by specifically targeting pathogens and diminishing the need for chemical fungicides. The application of nanoparticles in fruit production has the capacity to address numerous difficulties within the sector and presents a promising strategy for enhancing fruit quality and productivity. Further investigation is required to comprehensively comprehend the potential risks and advantages of their utilization and to tackle existing problems in their implementation.

References

- Abbasifar, A., Shahrabadi, F., & Valizadeh-Kaji, B. (2020). Effects of green synthesized zinc and copper nano-fertilizers on the morphological and biochemical attributes of basil plant. *Journal of Plant Nutrition*, 43(8), 1104–1118.
- Abdelaziz, F. H., Akl, A., Mohamed, A. Y., & Zakier, M. A. (2019). Response of keitte mango trees to spray boron prepared by nanotechnology technique. *NY Science Journal*, 12, 48–55.
- Abdel-Kawy, M. A., Michel, C. G., Kirolos, F. N., Hussien, R. A., Al-Mahallawi, A. M., & Sedeek, M. S. (2021). Chemical composition and potentiation of insecticidal and fungicidal activities of *Citrus trifoliata* L. fruits essential oil against *Spodoptera littoralis*, *Fusarium oxysporum* and *Fusarium solani* via nanocubosomes. *Natural Product Research*, 35(14), 2438–2443.

- Abdelghany, A. (2023). Response of Manfalouty and Hejazy pomegranate cultivars to conventional and nano zinc oxide foliar application. *SVU-International Journal of Agricultural Sciences*, 5(2), 75–84.
- Adisa, I. O., Pullagurala, V. L. R., Peralta-Videa, J. R., Dimkpa, C. O., Elmer, W. H., Gardea-Torresdey, J. L., & White, J. C. (2019). Recent advances in nano-enabled fertilizers and pesticides: A critical review of mechanisms of action. *Environmental Science: Nano*, 6(7), 2002–2030.
- Al-Khayri, J. M., Rashmi, R., Surya Ulhas, R., Sudheer, W. N., Banadka, A., Nagella, P., Aldaej, M. I., Rezk, A. A.-S., Shehata, W. F., & Almaghasla, M. I. (2023). The role of nanoparticles in response of plants to abiotic stress at physiological, biochemical, and molecular levels. *Plants*, 12(2), 292.
- Anonymous. (2024). Nanotechnology products database (NPD). Retrieved May 25, 2024, from <https://product.statnano.com>
- Awad, K. M., Al-Mayahi, A. M., Mahdi, M. A., Al-Asadi, A. S., & Abass, M. H. (2020). In vitro assessment of ZnO nanoparticles on Phoenix dactylifera L. micropropagation. *Scientific Journal of King Faisal University*, 21(1), 10–37575.
- Avestan, S., Ghasemnezhad, M., Esfahani, M., & Byrt, C. S. (2019). Application of nano-silicon dioxide improves salt stress tolerance in strawberry plants. *Agronomy*, 9(5), 246.
- Babu, S., Singh, R., Yadav, D., Rathore, S. S., Raj, R., Avasthe, R., Yadav, S., Das, A., Yadav, V., & Yadav, B. (2022). Nanofertilizers for agricultural and environmental sustainability. *Chemosphere*, 292, 133451.
- Balah, M. A., & Pudake, R. N. (2019). Use nanotools for weed control and exploration of weed plants in nanotechnology. In *Nanoscience for sustainable agriculture* (pp. 207–231).
- Barlow, S., Chesson, A., Collins, J. D., Flynn, A., Hardy, A., Jany, K.-D., Knaap, A., Kuiper, H., Larsen, J. C., & Le Neindre, P. (2009). The potential risks arising from nanoscience and nanotechnologies on food and feed safety. *EFSA Journal*, 7(3), 1.
- Bhagat, D., Samanta, S. K., & Bhattacharya, S. (2013). Efficient management of fruit pests by pheromone nanogels. *Scientific Reports*, 3(1), 1–8.
- Davarpanah, S., Tehranifar, A., Davarynejad, G., Abadía, J., & Khorasani, R. (2016). Effects of foliar applications of zinc and boron nano-fertilizers on pomegranate (*Punica granatum* cv. Ardestani) fruit yield and quality. *Scientia Horticulturae*, 210, 57–64.
- de Oliveira, P. F., Torresi, R. M., Emmerling, F., & Camargo, P. H. (2020). Challenges and opportunities in the bottom-up mechanochemical synthesis of noble metal nanoparticles. *Journal of Materials Chemistry A*, 8(32), 16114–16141.

- Eichert, T., & Goldbach, H. E. (2008). Equivalent pore radii of hydrophilic foliar uptake routes in stomatous and astomatous leaf surfaces – further evidence for a stomatal pathway. *Physiologia Plantarum*, 132(4), 491–502.
- El-Saadony, M. T., Saad, A. M., Soliman, S. M., Salem, H. M., Desoky, E.-S. M., Babalghith, A. O., El-Tahan, A. M., Ibrahim, O. M., Ebrahim, A. A., & Abd El-Mageed, T. A. (2022). Role of nanoparticles in enhancing crop tolerance to abiotic stress: A comprehensive review. *Frontiers in Plant Science*, 13, 946717.
- Elsabee, M. Z., & Abdou, E. S. (2013). Chitosan based edible films and coatings: A review. *Materials Science and Engineering: C*, 33(4), 1819–1841.
- Elmaghrabi, A. M., Francis, D., Rogers, H. J., & Ochatt, S. J. (2019). Nuclear migration: An indicator of plant salinity tolerance in vitro. *Frontiers in Plant Science*, 10, 783.
- Fincheira, P., Tortella, G., Duran, N., Seabra, A. B., & Rubilar, O. (2020). Current applications of nanotechnology to develop plant growth inducer agents as an innovation strategy. *Critical Reviews in Biotechnology*, 40(1), 15–30.
- Guo, H., White, J. C., Wang, Z., & Xing, B. (2018). Nano-enabled fertilizers to control the release and use efficiency of nutrients. *Current Opinion in Environmental Science & Health*, 6, 77–83.
- Gohari, G., Mohammadi, A., Akbari, A., Panahirad, S., Dadpour, M. R., Fotopoulos, V., & Kimura, S. (2020). Titanium dioxide nanoparticles (TiO₂ NPs) promote growth and ameliorate salinity stress effects on essential oil profile and biochemical attributes of *Dracocephalum moldavica*. *Scientific Reports*, 10(1), 912.
- Hernández-Fuentes, A. D., Montaña-Herrera, A., Pinedo-Espinoza, J. M., Pinedo-Guerrero, Z. H., & López-Palestina, C. U. (2023). Changes of the antioxidant system in pear (*Pyrus communis* L.) fruits by foliar application of copper, selenium, iron, and zinc nanoparticles. *Journal of Agriculture and Food Research*, 14, 100885.
- Hussain, M., Raja, N. I., Mashwani, Z. U. R., Iqbal, M., Ejaz, M., Yasmeen, F., & Sohail. (2017). In vitro germination and biochemical profiling of *Citrus reticulata* in response to green synthesised zinc and copper nanoparticles. *IET Nanobiotechnology*, 11(7), 790–796.
- Hussain, M., Raja, N. I., Mashwani, Z. U. R., Naz, F., Iqbal, M., & Aslam, S. (2018). Green synthesis and characterisation of silver nanoparticles and their effects on

- antimicrobial efficacy and biochemical profiling in *Citrus reticulata*. *IET Nanobiotechnology*, 12(4), 514–519.
- Hosseini, S. F., Rezaei, M., Zandi, M., & Farahmandghavi, F. (2015). Fabrication of bio-nanocomposite films based on fish gelatin reinforced with chitosan nanoparticles. *Food Hydrocolloids*, 44, 172–182.
- Jamkhande, P. G., Ghule, N. W., Bamer, A. H., & Kalaskar, M. G. (2019). Metal nanoparticles synthesis: An overview on methods of preparation, advantages and disadvantages, and applications. *Journal of Drug Delivery Science and Technology*, 53, 101174.
- Jamshidi, M., & Ghanati, F. (2017). Taxanes content and cytotoxicity of hazel cells extract after elicitation with silver nanoparticles. *Plant Physiology and Biochemistry*, 110, 178–184.
- Juárez Maldonado, A. (2019). Nanomateriales de carbono para incrementar la tolerancia a estrés biótico en tomate.
- Juárez-Maldonado, A., Ortega-Ortíz, H., Morales-Díaz, A. B., González-Morales, S., Morelos-Moreno, Á., Cabrera-De la Fuente, M., & Benavides-Mendoza, A. (2019). Nanoparticles and nanomaterials as plant biostimulants. *International Journal of Molecular Sciences*, 20(1), 162.
- Judy, J. D., & Bertsch, P. M. (2014). Bioavailability, toxicity, and fate of manufactured nanomaterials in terrestrial ecosystems. *Advances in Agronomy*, 123, 1–64.
- Kandhol, N., Jain, M., & Tripathi, D. K. (2022). Nanoparticles as potential hallmarks of drought stress tolerance in plants. *Physiologia Plantarum*, 174(2), e13665.
- Kralova, K., & Jampilek, J. (2021). Responses of medicinal and aromatic plants to engineered nanoparticles. *Applied Sciences*, 11(4), 1813.
- Kumar, U. J., Bahadur, V., Prasad, V., Mishra, S., & Shukla, P. (2017). Effect of different concentrations of iron oxide and zinc oxide nanoparticles on growth and yield of strawberry (*Fragaria × ananassa* Duch.) cv. Chandler. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, 6(8), 2440–2445.
- Larue, C., Laurette, J., Herlin-Boime, N., Khodja, H., Fayard, B., Flank, A.-M., Brisset, F., & Carriere, M. (2012). Accumulation, translocation and impact of TiO₂ nanoparticles in wheat (*Triticum aestivum* spp.): Influence of diameter and crystal phase. *Science of the Total Environment*, 431, 197–208.

- Mahmoud, L. M., Shalan, A. M., El-Boray, M. S., Vincent, C. I., El-Kady, M. E., Grosser, J. W., & Dutt, M. (2022). Application of silicon nanoparticles enhances oxidative stress tolerance in salt stressed ‘Valencia’ sweet orange plants. *Scientia Horticulturae*, 295, 110856.
- Marvizadeh, M. M., Oladzadabbasabadi, N., Nafchi, A. M., & Jokar, M. (2017). Preparation and characterization of bionanocomposite film based on tapioca starch/bovine gelatin/nanorod zinc oxide. *International Journal of Biological Macromolecules*, 99, 1–7.
- Montaño-Herrera, A., Santiago-Saenz, Y. O., López-Palestina, C. U., Cadenas-Pliego, G., Pinedo-Guerrero, Z. H., & Hernández-Fuentes, A. D., Pinedo-Espinoza, J. M. (2022). Effects of edaphic fertilization and foliar application of Se and Zn nanoparticles on yield and bioactive compounds in *Malus domestica* L. *Horticulturae*, 8(6), 542.
- Mozafari, A. A., Havas, F., & Ghaderi, N. (2018). Application of iron nanoparticles and salicylic acid in in vitro culture of strawberries (*Fragaria × ananassa* Duch.) to cope with drought stress. *Plant Cell, Tissue and Organ Culture (PCTOC)*, 132(3), 511–523.
- Nadaroglu, H., Güngör, A. A., & Ince, S. (2017). Synthesis of nanoparticles by green synthesis method. *International Journal of Innovative Research and Reviews*, 1(1), 6–9.
- Otles, S., & Yalcin, B. (2010). Nano-biosensors as new tool for detection of food quality and safety. *LogForum*, 6(4), 7.
- Patnaik, D., Vishnudasana, D., & Khurana, P. (2006). Agrobacterium-mediated transformation of mature embryos of *Triticum aestivum* and *Triticum durum*. *Current Science*, 307–317.
- Phong, T. H., Hieu, T., Tung, H. T., Mai, N. T. N., Khai, H. D., Cuong, D. M., Luan, Q. W., Nam, B. N., & Nhut, D. T. (2022). Silver nanoparticles: A positive factor for in vitro flowering and fruiting of purple passion fruit (*Passiflora edulis* Sim f. *edulis*). *Plant Cell, Tissue and Organ Culture (PCTOC)*, 151(2), 401–412.
- Raliya, R., Saharan, V., Dimkpa, C., & Biswas, P. (2017). Nanofertilizer for precision and sustainable agriculture: Current state and future perspectives. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 66(26), 6487–6503.
- Ranjan, A., Rajput, V. D., Minkina, T., Bauer, T., Chauhan, A., & Jindal, T. (2021). Nanoparticles induced stress and toxicity in plants. *Environmental Nanotechnology, Monitoring & Management*, 15, 100457.
- Rathnayake, S., Unrine, J. M., Judy, J., Miller, A.-F., Rao, W., & Bertsch, P. M. (2014). Multitechnique investigation of the pH dependence of phosphate induced transformations of ZnO nanoparticles. *Environmental Science & Technology*, 48(9), 4757–4764.

- Regni, L., Del Buono, D., Micheli, M., Facchin, S. L., Tolisano, C., & Proietti, P. (2022). Effects of biogenic ZnO nanoparticles on growth, physiological, biochemical traits and antioxidants on olive tree in vitro. *Horticulturae*, 8(2), 161.
- Roy, A., Singh, S. K., Bajpai, J., & Bajpai, A. K. (2014). Controlled pesticide release from biodegradable polymers. *Central European Journal of Chemistry*, 12, 453–469.
- Sabir, S., Arshad, M., & Chaudhari, S. K. (2014). Zinc oxide nanoparticles for revolutionizing agriculture: Synthesis and applications. *The Scientific World Journal*, 2014, 925494.
- Salem, S. S., & Fouda, A. (2021). Green synthesis of metallic nanoparticles and their prospective biotechnological applications: An overview. *Biological Trace Element Research*, 199(1), 344–370.
- Salih, E. H., Abdel-Kawy, M. A., Ahmed, S. M., & Shehata, W. F. (2021). Role of copper and zinc oxide nanoparticles in resistance to postharvest spoilage fungi of pomegranate fruits. *Journal of Plant Pathology*, 103(1), 47–58.
- Sarraf, M., Vishwakarma, K., Kumar, V., Arif, N., Das, S., Johnson, R., & Aliniaiefard, S. (2022). Metal/metal oxide nanoparticles: Therapeutic and diagnostic significance in plant stress management. *Frontiers in Plant Science*, 12, 747022.
- Sharma, A., Rajput, V. D., Singh, A., Minkina, T., Gorovtsov, A., & Jindal, T. (2022). Fe-doped and Co-doped CeO₂ nanoparticles promoted growth performance of Brassica oleracea and antioxidant defense system under controlled environment. *Journal of Nanomaterials*, 2022, 5897825.
- Singh, H., Sharma, A., Bhardwaj, S. K., Arya, S. K., Bhardwaj, N., & Khatri, M. (2017). Recent advances in the applications of nano-agrochemicals for sustainable agricultural development. *Environmental Science: Processes & Impacts*, 20(11), 1–13.
- Singh, R. P., & Handa, R. (2021). Nanoparticles as a potential tool for the management of weeds. In T. G. Kazi (Ed.), *Engineered Nanomaterials for Sustainable Agricultural Production, Soil Improvement, and Stress Management* (pp. 1–14). IGI Global.
- Singh, T., Shukla, S., Kumar, P., Wahla, V., Bajpai, V. K., & Rather, I. A. (2017). Application of nanotechnology in food science: Perception and overview. *Frontiers in Microbiology*, 8, 1501.
- Singh, U. B., Malviya, D., Karthikeyan, N., Imran, M., Pathak, N., & Saxena, A. K. (2019). Application of bioinoculants in ecofriendly management of phytopathogenic fungi. In *Ecofriendly Innovative Approaches in Plant Disease Management* (pp. 115–137). International Book Distributors.
- Soares, M. B., da Silva, T. F., Ferreira, M. D., Cardoso, V. L., & Reis, M. H. M. (2018). Synthesis of silver nanoparticles using a chemically modified bacterial cellulose nanofiber as a carrier for the immobilization of silver nanoparticles. *Journal of Nanomaterials*, 2018, 7207604.

- Syu, Y.-Y., Hung, J.-H., Chen, J.-C., & Chuang, H.-W. (2014). Impacts of size and shape of silver nanoparticles on Arabidopsis plant growth and gene expression. *Plant Physiology and Biochemistry*, 83, 57–64.
- Tripathi, D. K., Singh, V. P., Prasad, S. M., Chauhan, D. K., & Dubey, N. K. (2015). Silicon nanoparticles more effectively alleviated UV-B stress than silicon in wheat (*Triticum aestivum* L.) seedlings. *Plant Physiology and Biochemistry*, 97, 190–198.
- Usman, M., Farooq, M., Wakeel, A., Nawaz, A., Cheema, S. A., ur Rehman, H., Ashraf, I., & Sanallah, M. (2020). Nanotechnology in agriculture: Current status, challenges and future opportunities. *Science of the Total Environment*, 721, 137778.
- Vetchinkina, E., Loshchinina, E., Kupryashina, M., Burov, A., Pylaev, T., & Nikitina, V. (2018). Green synthesis of nanoparticles with extracellular and intracellular extracts of basidiomycetes. *PeerJ*, 6, e5237.
- Wang, A., Li, J., Al-Huqail, A. A., Al-Harbi, M. S., Ali, E. F., Wang, J., & Eissa, M. A. (2021). Mechanisms of chitosan nanoparticles in the regulation of cold stress resistance in banana plants. *Nanomaterials*, 11(10), 2670.
- Woldeamanuel, K. M., Kurra, F. A., & Roba, Y. T. (2021). A review on nanotechnology and its application in modern veterinary science. *International Journal of Nanomaterials, Nanotechnology and Nanomedicine*, 7(1), 026–031.
- Yu, Y., Wang, J., Zhu, M. L., & Wei, Z. M. (2008). Optimization of mature embryo-based high frequency callus induction and plant regeneration from elite wheat cultivars grown in China. *Plant Breeding*, 127(3), 249–255.
- Zahedi, S. M., Moharrami, F., Sarikhani, S., & Padervand, M. (2020). Selenium and silica nanostructure-based recovery of strawberry plants subjected to drought stress. *Scientific Reports*, 10(1), 17672.
- Zobir, S. A. M., Ali, A., Adzmi, F., Sulaiman, M. R., & Ahmad, K. (2021). A review on nanopesticides for plant protection synthesized using the supramolecular chemistry of layered hydroxide hosts. *Biology*, 10(11), 1077.

THE MASTERS OF DROUGHT IN NATURE: *CACTACEAE* FAMILY

Agric. Eng. Ali YILMAZ*¹, Assoc. Prof. Şeyma ARIKAN²

¹Selçuk University, Graduate School of Natural and Applied Sciences, Department of Horticulture, Konya, Türkiye
aylmz1863@gmail.com ORCID ID: 0009-0007-4478-5435

²Selçuk University, Faculty of Agriculture, Department of Horticulture, Konya, Türkiye
arikan@selcuk.edu.tr ORCID ID: 0000-0002-4328-0263

ABSTRACT

The family *Cactaceae* represents a unique group of plants that have evolved exceptional morphological and physiological characteristics enabling survival under arid and semi-arid environments. Their succulent stems act as water reservoirs, leaves are modified into spines to reduce transpiration, and their root systems are highly specialized for effective water uptake. These adaptive mechanisms make cacti exemplary models of drought tolerance. Beyond their ecological significance, cacti provide significant economic value through their applications, such as ornamental plants, food and fodder resources, medicinal materials, biofuel feedstock, and tools for ecological restoration.

In recent years, cactus cultivation has expanded considerably, driven by increasing interest in ornamental horticulture and landscape design. *Opuntia* species are widely utilized as alternative food and fodder crops in drought-prone regions, while the *Gymnocalycium* and *Astrophytum* genera are prized in ornamental markets for their striking morphological forms. *Gymnocalycium* species are typically characterized by globular stems and symmetrical spination, yet many are presently under threat due to habitat degradation, urbanization, and climate change. Conservation approaches such as micropropagation, sustainable cultivation methods, and ex situ strategies are therefore of critical importance. Similarly, *Astrophytum* species, with their distinctive star-shaped stems and white trichomes, hold both scientific and commercial significance. Among them, *Astrophytum asterias* is one of the most popular ornamental species worldwide; however, it is endangered in its natural habitat, emphasizing the importance of conservation research.

The adaptive features of *Cactaceae* not only expand our taxonomic and ecological understanding but also offer significant potential in addressing global problems such as climate change, water scarcity, and biodiversity loss. Focused research on genera such as *Gymnocalycium* and *Astrophytum* will support both sustainable utilization and long-term conservation of these unique desert plants.

Keywords: *Astrophytum*, *Cactaceae*, *Gymnocalycium*, drought adaptation, ornamental plants,

1. INTRODUCTION

1.1. History

Cacti are nature's verdant response to barren lands. Known as the thorned stars of the succulent world, these remarkable plants are masters of survival in regions deprived of water (Anderson, 2001). They store moisture within their thick, fleshy stems and transform their leaves into spines to minimize evaporation (Nobel, 2002). Native to Central and South America, cacti have also managed to thrive across the red soils of Africa and the vast plains of Australia (Figure 1.) They stand as living works of art, proving that life can persist even where drought reigns supreme (Anderson, 2001). Cacti are typically leafless and possess thick, fleshy stems that enable them to retain water. Each species, with its unique form, color, and growth habit, stands as a natural sculpture admired by botanists for generations not only for its resilience but also for its aesthetic appeal. Specialized cells within their stems facilitate water storage, allowing them to endure prolonged periods of drought. Furthermore, the presence of spines prevents water loss and protects the plants from local herbivores. Some species utilize the CAM (Crassulacean Acid Metabolism) photosynthetic mechanism, taking in carbon dioxide at night and performing photosynthesis during the day to minimize water loss (Nobel, 2002). The *Cactaceae* family comprises approximately 175 genera and more than 2,000 species, displaying a wide range of sizes, shapes, and vividly colored flowers (Nee, 1987).

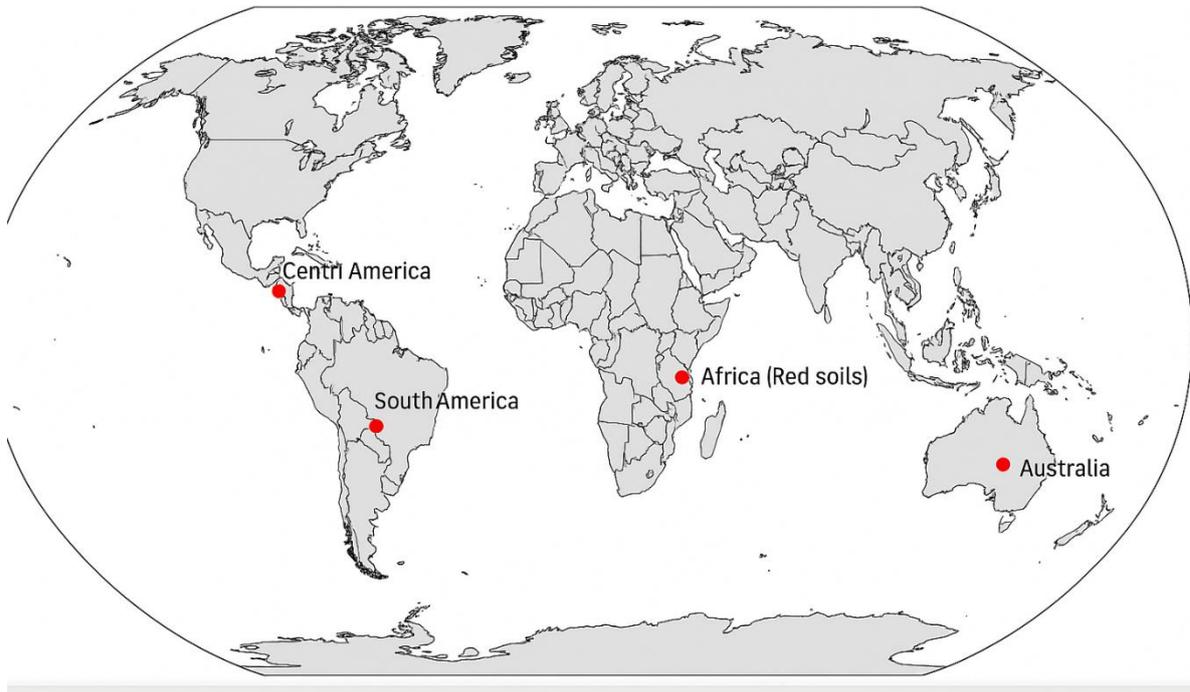


Figure 1. Areas Where Cacti are Located

1.2. Cactus Cultivation

In recent years, the economic value of species belonging to the *Cactaceae* family as ornamental plants has increased significantly. Across the world particularly in countries

such as Japan, the Netherlands, South Korea, and Turkey the production, export, and trade of species cultivated for collection purposes have gained considerable momentum (Coqueiro et al., 2024).

In Turkey, interest in this family has grown notably in hobby gardening and landscape design in recent years; subjects such as seedling production, micropropagation, and species adaptation have become major focuses of research (Lema-Rumińska & Kulus, 2014). Success in *Cactaceae* cultivation depends on a thorough understanding of the ecological requirements of the species (light, temperature, water, soil structure) and the adaptation of production methods to meet these needs. In seedling production, propagation techniques such as seed propagation, grafting, and vegetative propagation are widely employed (Lema-Rumińska & Kulus, 2014). However, many species exhibit slow growth, low germination rates, and sensitivity during the early seedling stage, which creates certain limitations in cultivation. Moreover, the illegal trade of some endemic and rare species has placed their natural populations under threat (Lema-Rumińska & Kulus, 2014). Therefore, sustainable cultivation practices are essential not only for the commercial production of these species but also for ex situ (off-site) conservation strategies. Seed banks, botanical gardens, and micropropagation techniques play a critical role in enhancing production capacity while preserving genetic diversity (Lema-Rumińska & Kulus, 2014).

2. USAGE AREAS OF THE CACTACEAE FAMILY

The *Cactaceae* family attracts attention not only for its aesthetic value but also for its versatile potential in food, medicine, energy, ecology, and industry. Especially in the context of global problems such as climate change and the reduction of water resources, the adaptive characteristics of this family are of great importance for developing sustainable solutions (Nobel, 2002).

2.1. Use as Ornamental and Landscape Plants

Species belonging to the *Cactaceae* family are widely used in landscape architecture due to their aesthetically appealing morphology and low maintenance requirements. They are commonly employed in arid and semi-arid landscape designs, desert gardens, and rock gardens. Moreover, they are becoming increasingly popular as indoor plants. This popularity has gained momentum since the 1990s, with the rising trend of miniature plants in Western Europe and Asia. Among the most preferred species for ornamental production are *Mammillaria elongata*, *Astrophytum myriostigma*, *Gymnocalycium mihanovichii*, and *Rebutia* species. In particular, the production of colorful chlorophyll-deficient mutants (such as red or yellow *G. mihanovichii*) through grafting has contributed new varieties to the commercial market (Anderson, 2001; Espinosa-García & Villaseñor, 2017).

2.2. Use in Food and Agriculture

Species of the *Opuntia* genus within the *Cactaceae* family are an important source of food and forage for both humans and animals. *Opuntia ficus-indica* has been consumed for centuries as a staple food in Mexico and Central America. The fresh stem segments (nopalitos) and fruits (tuna) are rich in vitamin C, fiber, and antioxidants. Moreover, *Opuntia* species are used as an alternative feed source for cattle and sheep in arid regions. The stem segments, which have high water retention capacity, provide water and energy for animals during drought periods. A report published by FAO in 2001 encouraged the use of *Opuntia* as forage in regions suffering from water scarcity, such as Africa, India, and Latin America (Mondragón-Jacobo & Pérez-González, 2001; Stintzing & Carle, 2005).

2.3. Medicinal and Pharmaceutical Use

The phytochemical contents of *Cactaceae* species allow them to be used for various purposes in traditional and modern medicine. Studies on *Opuntia ficus-indica* in particular have revealed that this species has hypoglycemic (blood sugar-lowering), hypolipidemic (blood lipid-lowering), and antioxidant effects. In addition, *Echinopsis pachanoi* (San Pedro cactus) and *Lophophora williamsii* (peyote) are used for psychoactive purposes in traditional shamanic practices due to their mescaline alkaloid content. Although some of these species are legally restricted, they are of ethnobotanical importance (Frati-Munari, Gordillo, Altamirano, & Ariza, 1988).

2.4. Biofuel and Industrial Use

Opuntia species, which have the ability to produce high biomass in arid environments, are promising for biofuel production. Although the stem of *O. ficus-indica* contains up to 90% water, it can be used in biogas and biofuel production due to its cellulose and lignin content. Studies have reported that up to 65% yield of biogas can be obtained from *Opuntia* biomass. In addition, its extracts containing plant gels and mucopolysaccharides are utilized in industrial applications such as cosmetics and bioplastic production (Krümpel, George, Gasston, Francis, & Lemmer, 2020; Pimienta-Barrios & del Castillo, 2002).

2.5. Erosion Control and Ecological Restoration

The *Cactaceae* family, particularly *Opuntia* and *Cylindropuntia* species, is used in the restoration of degraded lands and the prevention of soil erosion. Thanks to their deep root systems, they stabilize the soil and improve soil health by supporting microbial activity in arid environments. Moreover, *Cactaceae* species play an important role in maintaining biodiversity. For instance, species such as *Carnegiea gigantea* (Saguaro) provide important habitats for birds and insects in desert ecosystems (Valiente-Banuet & Ezcurra, 1991).

3. SOME COMMON CACTUS SPECIES

Commonly cultivated and scientifically recognized cactus genera include *Cereus* (Column Cactus), *Ferocactus* (Barrel Cactus), *Melocactus*, *Astrophytum* (Star Cactus), *Mammillaria* (Hedgehog Cactus), *Echinopsis* (Ball Cactus), *Euphorbia*, *Opuntia* (Prickly Pear), and *Gymnocalycium* (commonly known as Naked Callum). These genera represent some of the most widespread and morphologically diverse members of the *Cactaceae* family, exhibiting significant variation in growth forms, adaptation strategies, and ecological distribution.

3.1. *Gymnocalycium* Genus

The genus *Gymnocalycium*, in the family *Cactaceae*, is known for its compact structure and aesthetically striking succulent species. Its natural distribution is confined to certain regions of South America, especially in ecological niches of Argentina, Uruguay, and parts of Brazil (Figure 2.) The species typically prefer permeable soils composed of sand, rock, or limestone, with low organic matter content. Each species has adapted to microhabitats specific to its geographic region and developed its own environmental tolerances (Anderson, 2001).



Figure 2. Distribution Areas of the Genus *Gymnocalycium*

Gymnocalycium species are fundamentally suited to arid and semi-arid climatic conditions. Their natural habitats are often located in plateaus and mountainous zones with low precipitation regimes. These plants show high tolerance toward water scarcity thanks to their capacity to maintain moisture in their stem tissues for prolonged periods. With this trait, they are among the resilient plant groups capable of sustaining life even under extreme environmental conditions (Anderson, 2001; Nobel, 2002).

Botanically considered, the genus *Gymnocalycium* was scientifically described in the mid-19th century. The genus name derives from the Greek words “gymnos” (naked) and “kalyx” (calyx), referring to the conspicuous nakedness at the base of the flower (Anderson, 2001).

The genus’ characteristic morphology is typically defined by a globular or mildly cylindrical stem structure, surrounded by distinct, symmetrical spine formations. Its visual diversity and climatic adaptation capabilities make this genus appealing for both scientific studies and ornamental plant cultivation. Although *Gymnocalycium* species have adapted to different ecological zones, they are most often found in semi-arid, rocky, and gravelly soils with low organic matter content (Anderson, 2001; Demaio, Barfuss, Kiesling, Till, & Chiapella, 2011).

In recent years, many species of this genus face shrinking habitats due to threats such as habitat destruction, agricultural activities, urbanization, and climate change. For example, *Gymnocalycium ragonesei* was listed as “Critically Endangered” (CR) by the IUCN in 2013. Similarly, *G. spegazzinii* and *G. anisitsii* are among the species affected by habitat loss. From the perspective of reproductive biology, though most *Gymnocalycium* species are generally self-compatible, some species continue to depend on external pollinators. In this context, ecological, morphological, and genetic-level studies on the *Gymnocalycium* genus will not only enrich taxonomic knowledge but also help in formulating strategies for the sustainable conservation of these species (Demaio et al., 2011; Goettsch et al., 2015).

3.2. *Astrophytum* Genus

This genus consists of five different species: *Astrophytum asterias*, *Astrophytum capricorne*, *Astrophytum caput-medusae*, *Astrophytum myriostigma*, and *Astrophytum ornatum* (Hunt, Taylor, Charles, & International, 2006). These species display a wide color range, from green to brown, depending on environmental conditions. *Astrophytum asterias* bodies are greenish-brown and may appear speckled with white scales/trichomes (Terry, 2007).

Belonging to the *Cactaceae* family, the genus *Astrophytum* is morphologically distinguished by its star-like stem structures and the presence of white trichomes or fine scales that coat the surface of many species (Matias-Palafox, Jiménez-Sierra, Golubov, & Mandujano, 2017).

During humid or favorable moisture periods, *Astrophytum* individuals tend to retain a greener hue; however, during drought or prolonged dry spells, their bodies may adopt more brownish tones. The flowers are typically yellow (sometimes with red or orange bases), funnel-shaped, and borne at the stem apex (Montanucci & Kleszewski, 2020).

In natural habitats, *Astrophytum* species are often found at relatively low elevations, among shrubs, grasses, or open scrublands. This ecological niche aligns with the hot, semi-arid to subtropical grassland climates in regions such as northern Mexico and southern Texas.(figure 3.)



Figure 3. Distribution Areas of the Genus *Astrophytum*

Among these, *Astrophytum asterias* (the “star cactus”) is one of the most sought after by growers and collectors worldwide. It is also one of the most endangered cacti in its native habitat. In the U.S., it is federally listed as endangered; it is also listed on CITES Appendix I, meaning international trade of wild-collected specimens is prohibited .Accurate ecological, morphological, and genetic studies on the genus *Astrophytum* are crucial not only to advance taxonomic and systematic knowledge but also to guide conservation strategies to maintain viable wild populations (Matias-Palafox et al., 2017).

4. CONCLUSION

The *Cactaceae* family embodies remarkable adaptations to arid environments, characterized by succulent stems, spines, and CAM photosynthesis. These features not only ensure survival under water-limited conditions but also highlight their ecological and evolutionary significance. Beyond their biological interest, many genera—such as *Opuntia*, *Astrophytum*, and *Gymnocalycium*—possess notable economic value in

ornamental horticulture, agriculture, and industry. However, habitat degradation and climate change threaten numerous species, emphasizing the urgency of conservation-oriented research. Sustainable cultivation, micropropagation, and ex situ conservation strategies will play key roles in preserving both the genetic diversity and the ecological functions of this unique plant family.

5. REFERENCES

- Anderson. (2001). *The Cactus Family*: Timber Press.
- Coqueiro, J. M., Costa, L. D., Silva, L. C. e., dos Santos Conceição, L., da Silva Cardoso, P., Ferreira Ribeiro, C. D., & Otero, D. M. (2024). Trends in research on cacti: the food of the future. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 104(9), 4939-4949.
- Demaio, P. H., Barfuss, M. H., Kiesling, R., Till, W., & Chiapella, J. O. (2011). Molecular phylogeny of *Gymnocalycium* (Cactaceae): assessment of alternative infrageneric systems, a new subgenus, and trends in the evolution of the genus. *American Journal of Botany*, 98(11), 1841-1854.
- Espinosa-García, F. J., & Villaseñor, J. L. (2017). Biodiversity, distribution, ecology and management of non-native weeds in Mexico: a review. *Revista mexicana de biodiversidad*, 88, 76-96.
- Frati-Munari, A. C., Gordillo, B. E., Altamirano, P., & Ariza, C. R. (1988). Hypoglycemic effect of *Opuntia streptacantha* Lemaire in NIDDM. *Diabetes care*, 11(1), 63-66.
- Goettsch, B., Hilton-Taylor, C., Cruz-Piñón, G., Duffy, J. P., Frances, A., Hernández, H. M., . . . Superina, M. (2015). High proportion of cactus species threatened with extinction. *Nature Plants*, 1(10), 1-7.
- Hunt, D., Taylor, N., Charles, G., & International, C. S. G. (2006). The new cactus lexicon. dh books. *Text & Atlas vols*.
- Krümpel, J., George, T., Gasston, B., Francis, G., & Lemmer, A. (2020). Suitability of *Opuntia ficus-indica* (L) Mill. and *Euphorbia tirucalli* L. as energy crops for anaerobic digestion. *Journal of arid environments*, 174, 104047.
- Lema-Rumińska, J., & Kulus, D. (2014). Micropropagation of cacti—a review. *Haseltonia*, 2014(19), 46-63.
- Matias-Palafox, M. L., Jiménez-Sierra, C. L., Golubov, J., & Mandujano, M. C. (2017). Reproductive ecology of the threatened " star cactus" *Astrophytum ornatum* (Cactaceae): a strategy of continuous reproduction with low success. *Botanical Sciences*, 95(2), 245-258.
- Mondragón-Jacobo, C., & Pérez-González, S. (2001). *Cactus (Opuntia spp.) as forage* (Vol. 169): Food & Agriculture Org.
- Montanucci, R. R., & Kleszewski, K.-P. (2020). A taxonomic evaluation of *Astrophytum myriostigma* var. *nudum* (Cactaceae). *Journal of the Botanical Research Institute of Texas*, 14(2), 255-264.
- Nee, M. (1987). The Cactus Primer. *Brittonia*, 39(4), 507-507. doi:10.2307/2807331
- Nobel, P. S. (2002). *Cacti: biology and uses*: Univ of California Press.

- Pimienta-Barrios, E., & del Castillo, R. F. (2002). Reproductive biology. *Cacti: biology and uses*. University of California Press, Berkeley, 75-90.
- Stintzing, F. C., & Carle, R. (2005). Cactus stems (*Opuntia* spp.): A review on their chemistry, technology, and uses. *Molecular nutrition & food research*, 49(2), 175-194.
- Terry, M. K. (2007). *A tale of two cacti: studies in *Astrophytum asterias* and *Lophophora williamsii**. Texas A&M University,
- Valiente-Banuet, A., & Ezcurra, E. (1991). Shade as a Cause of the Association Between the Cactus *Neobuxbaumia Tetetzo* and the Nurse Plant *Mimosa Luisana* in the Tehuacón Valley, Mexico. *The Journal of Ecology*, 961-971.

TOXICITY AND ADVERSE EFFECTS OF ANTIBIOTICS

Prof. Dr. ALİ BİLGİLİ¹, Prof. Dr. BAŞAK HANEDAN²

¹Ankara University Faculty of Veterinary Medicine, Department of Pharmacology and Toxicology, Ankara, Türkiye, abilgili61@gmail.com, ORCID ID:

<https://orcid.org/0000-0001-6819-7952>

²Atatürk University Faculty of Veterinary Medicine, Department of Internal Medicine, Erzurum, Türkiye, fbhanedan@gmail.com, ORCID ID: [https://orcid.org/0000-0003-](https://orcid.org/0000-0003-3873-0124)

[3873-0124](https://orcid.org/0000-0003-3873-0124)

ABSTRACT

Chemicals used for various purposes may cause undesirable effects on the immune systems of humans and animals. This situation may result in decreased resistance to infection and immune dysfunction, thereby promoting allergic and autoimmune responses. Antimicrobial drugs cause direct damage to the function of many organs and tissues. Any medication may be associated with allergic reactions and immune-related diseases. Immunotoxic drugs may cause autoimmune or allergic diseases. Genetic differences in the metabolism of pharmaceuticals are important because they determine the formation and elimination of immunotoxic metabolites. The toxic immunological effects of antibiotics (decreased neutrophil count, allergies, inflammation, etc.) affect the use of these drugs in patients. The problems associated with long-term use of antibacterial drugs are bacterial resistance and possible changes in the gastrointestinal flora. Most antibacterial drugs cause pseudomembranous colitis due to the overgrowth of *Clostridium difficile* in the colon. Furthermore, within the scope of this study, by extensively examining scientific sources from recent years, the toxicity and undesirable effects of antibiotics used in treatment were discussed in detail.

Keywords: Antibiotic, toxicity, adverse effects

ANTİBİYOTİKLERİN TOKSİSİTE VE YAN ETKİLERİ

Prof. Dr. ALİ BİLGİLİ¹, Prof. Dr. BAŞAK HANEDAN²

¹Ankara Üniversitesi Veteriner Fakültesi, Farmakoloji ve Toksikoloji Ana Bilim Dalı, Ankara, Türkiye, abilgili61@gmail.com, ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-6819-7952>

²Atatürk Üniversitesi Veteriner Fakültesi, İç Hastalıkları Ana Bilim Dalı, Erzurum, Türkiye, fbhanedan@gmail.com, ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0003-3873-0124>

ÖZET

Çeşitli amaçlar için kullanılan kimyasallar, insan ve hayvanların bağışıklık sistemi üzerine istenilmeyen etkilere neden olabilir. Bu durum enfeksiyona karşı dirençte azalma, bağışıklık düzensizliği ile sonuçlanabilir, dolayısıyla alerji ve otoimmün yanıtı teşvik eder. Antimikrobiyal ilaçlar birçok organ ve dokunun fonksiyonu üzerine doğrudan hasar oluşturur. Herhangi bir ilaç, alerjik reaksiyonlar ve immün nedenli hastalıklarla ilişkili olabilir. İmmün toksik ilaçlar; otoimmün ya da alerjik hastalıklara neden olabilir. Farmasötiklerin metabolizmasındaki genetik farklılık; immün toksik metabolitlerin oluşmasını ve uzaklaştırılmasını belirlediği için önemlidir. Antibiyotiklerin toksik immünolojik etkileri (nötrofil sayısında azalma, alerji, yangı vs.) bu ilaçların hastalarda kullanılmasını etkiler. Uzun süreli antibakteriyel ilaç kullanılmasıyla ilgili sorunlar bakteriyel direnç ve mide-bağırsak florasında muhtemel değişikliklerdir. Çoğu antibakteriyel ilaç, kolonda *Clostridium difficile*'in aşırı çoğalmasına bağlı olarak psödomembranlı kolitise neden olur. Ayrıca bu çalışma kapsamında son yıllara ait bilimsel kaynaklar geniş şekilde irdelenerek sağaltımda kullanılan antibiyotiklerin toksisite ve istenilmeyen etkileri ayrıntılı şekilde ele alındı.

Anahtar kelimeler: Antibiyotik, toksisite, yan etkiler

Giriş

Çeşitli amaçlar için kullanılan kimyasallar, insan ve hayvanların bağışıklık sistemi üzerine istenilmeyen etkilere neden olabilir. Bu durum enfeksiyona karşı dirençte azalma, bağışıklık düzensizliği ile sonuçlanabilir, dolayısıyla alerji ve otoimmün yanıtı teşvik eder. Sitokin salınma sendromu denilen immün toksisitenin son zamanlarda bilinen görünümü akut klinik duruma neden olabilir. İlaça bağlı aşırı duyarlılık reaksiyonları ve otoimmün bozukluklar önemli bir sorundur ve sıklıkla ilaçların pazardan geri çekilme nedenidir (Pieters ve ark., 2019).

İstenilmeyen ilaç reaksiyonu, bir ilacın profilaksi ya da sağaltım için kullanılan dozlarda amaçlanmayan yanıtı olarak tanımlanır. Antimikrobiyal ilaçların seçici toksisitesi değişkendir (Weese ve Dowling, 2025).

İmmün toksik ilaçlar; otoimmün ya da alerjik hastalıklara neden olabilir. Bütün istenilmeyen ilaç reaksiyonlarının %6-10'luk kısmı immün aracılıdır (Adkinson ve ark., 2002). Th2 immün yanıtı oluşturma eğilimi olan atopik bireyler; Th1 yanıt verenlere göre kimyasal haptenlere IgE yanıtıyla tetiklenen anaflaksiye daha çok duyarlıdır (Pieters ve ark., 2019).

Antibiyotiklerin İstenilmeyen Etkileri

Antibiyotiklerin toksik immünolojik etkileri (nötrofil sayısında azalma, alerji, yangı vs.) bu ilaçların hastalarda kullanılmasını etkiler. Uzun süreli antibakteriyel ilaç kullanılmasıyla ilgili sorunlar bakteriyel direnç ve mide-bağırsak florasında muhtemel değişiklikler şeklindedir (Bosnar ve ark., 2019).

Sucul ortamda antibiyotiklerin bulunması; sucul yaşam ve insanların bu bileşiklere maruz kalmalarına neden olur (Singh ve ark., 2019; Cheng ve ark., 2020). Çalışmalar, antibiyotiklerin sucul mikroorganizmalar, alg ve balıkların enzim aktivitesi üzerine toksik etkileri olduğunu göstermiştir (Brandt ve ark., 2015; Valitalo ve ark., 2017).

Antibiyotiklerin toksisitesi; yoğunluk, maruziyet süresi, sucul türler ve diğer antibiyotikler ve/veya diğer kontaminantların birlikte ortaya çıkışından etkilenebilir (Yan ve ark., 2013; Du ve ark., 2017; Magdaleno ve ark., 2015; Cheng ve ark., 2020). Su ortamında düşük dozlarda antibiyotiklere uzun süreli maruziyet; antibiyotiğe dirençli

bakterilerin ve antibiyotiğe dirençli genlerin gelişmesine katkı sağlar (Huang ve ark., 2015).

Penisilinlerin istenilmeyen etkilerinden akut anafaksi, kollaps, aşırı duyarlılık reaksiyonları (ürtiker, ateş, anjiyonötik ödem) yaygın şekilde görülür (Hardefeldt ve Prescott, 2025a).

Potasyum penisilin G uygulamalarında potasyum kaynaklı toksisite gelişebileceği için dikkatli olmak gerekir (Hardefeldt ve Prescott, 2025a).

Kanamaya neden olan protrombin yoğunluğunda azalma, trombosit bozuklukları yeni jenerasyon sefolosporinlerin kullanılmasında dikkat çekmiştir (Hardefeldt ve Prescott, 2025b).

Klavulanik asit, sulbaktam ve tazobaktamın toksisite ve yan etkileri hasta insanların %10'unda mide-bağırsakla ilgili mide bulantısı, kusma ve ishaldir (Prescott ve Hardefeldt, 2025).

Polimiksinler büyük ölçüde böbrek dokusu üzerine toksik etkilidir. Böbrek tübül epitel hücrelerinde hasar oluşturur (Dowling, 2025a).

Vankomisin yüksek dozlarda kullanılması ve eş zamanlı böbreklere toksik etkili ilaçlarla alınması halinde şiddetli düzeyde böbrek toksisitesi gelişir (Dowling, 2025a).

Linkozamitler; insanlar, atlar, tavşanlar ve diğer otçul hayvanlarda şiddetli ve öldürücü ishale neden olur (Maboni ve Gressler, 2025; Plenderleith, 1988).

Kedilere klindamisin kas içi uyguladıktan sonra anaflaktik şok bildirilmiştir (Maboni ve Gressler, 2025).

Makrolit antibiyotiklerin istenilmeyen etkileri; mide bulantısı, QT süresinde uzama (Cramer ve ark., 2017) ve sindirim sisteminde *C. difficile*'nin aşırı çoğalmasıyla ishal gelişmesi şeklindedir (Bosnar ve ark., 2019).

Tetrasiklinler; idrarın yoğunlaştırılma fonksiyonunu bozabilir. Parenteral kullanılması bağırsak mikrobiyotasını bozar ve sindirim sistemi ve karaciğer bozukluklarıyla ilişkilendirilmiştir (Chapuis ve Smith, 2025).

Florfenikole yüksek düzeyde maruziyet farklı hayvan türlerinde karaciğer, üriner, genital, bağışıklık sistemi üzerine toksik etkiler oluşturmaktadır (Guo ve ark., 2024).

Sülfonamidler; doza bağılı (tip A) ve idiyosinkratik (tip B) reaksiyonları gösterebilir (Reinhart ve Prescott, 2025).

Florokinolonların özellikle yavru köpekler, tavşanlar, kobaylar, kuzular ve taylarda eklem hasarına yol açar. Retinal hasar kedilerde bildirilmiştir (Dowling, 2025b).

Kaynaklar

1. Adkinson Jr, N. F., Essayan, D., Gruchalla, R., Haggerty, H., Kawabata, T., ... & Wierda, D. (2002). Task force report: future research needs for the prevention and management of immune-mediated drug hypersensitivity reactions. *Journal of Allergy and Clinical Immunology*, 109(3), S461-S478.
2. Bosnar, M., Haber, V.E., Graham, G.G. (2019). Chapter 29. Influence of antibacterial drugs on immune and inflammatory systems. In: Parnham M. J., Nijkamp, F.P., Rossi, A.G. (eds.), Nijkamp and Parnham's Principles of Immunopharmacology, Fourth revised and extended edition. Springer International Publishing, Switzerland, p. 589-611.
3. Brandt, K. K., Amézquita, A., Backhaus, T., Boxall, A., Coors, A., Heberer, T., ... & Topp, E. (2015). Ecotoxicological assessment of antibiotics: a call for improved consideration of microorganisms. *Environment International*, 85, 189-205.
4. Chapuis, R. J. J., Smith, J. S. (2025). Chapter 14. Tetracyclines. In: Dowling, P. M., Prescott, J. F., Baptiste, K. E. (eds.), Antimicrobial Therapy in Veterinary Medicine, John Wiley and Sons Inc., sixth edition, Canada, p. 273-290.
5. Cheng, D., Ngo, H. H., Guo, W., Chang, S. W., Nguyen, D. D., Liu, Y., ... & Wei, D. (2020). A critical review on antibiotics and hormones in swine wastewater: Water pollution problems and control approaches. *Journal of Hazardous Materials*, 387, 121682.
6. Cramer, C. L., Patterson, A., Alchakaki, A., & Soubani, A. O. (2017). Immunomodulatory indications of azithromycin in respiratory disease: a concise review for the clinician. *Postgraduate Medicine*, 129(5), 493-499.
7. Dowling, P. M. (2025a). Chapter 10. Peptide antibiotics: Polymyxins, glycopeptides, bacitracin, and fosfomycin. In: Dowling, P. M., Prescott, J. F., Baptiste, K. E. (eds.), Antimicrobial Therapy in Veterinary Medicine, John Wiley and Sons Inc., sixth edition, Canada, p. 187-201.

8. Dowling, P. M. (2025b). Chapter 17. Fluoroquinolones. In: Dowling, P. M., Prescott, J. F., Baptiste, K. E. (eds.), *Antimicrobial Therapy in Veterinary Medicine*, John Wiley and Sons Inc., sixth edition, Canada, p. 324-344.
9. Du, J., Zhao, H., Liu, S., Xie, H., Wang, Y., & Chen, J. (2017). Antibiotics in the coastal water of the South Yellow Sea in China: occurrence, distribution and ecological risks. *Science of the Total Environment*, 595, 521-527.
10. Guo, X., Chen, H., Tong, Y., Wu, X., Tang, C., Qin, X., ... & Mo, J. (2024). A review on the antibiotic florfenicol: occurrence, environmental fate, effects, and health risks. *Environmental Research*, 244, 117934.
11. Hardefeldt, L. Y., Prescott, J. F. (2025a). Chapter 7. Beta-lactam antibiotics: Penam pencillins. In: Dowling, P. M., Prescott, J. F., Baptiste, K. E. (eds.), *Antimicrobial Therapy in Veterinary Medicine*, John Wiley and Sons Inc., sixth edition, Canada, p. 121-142.
12. Hardefeldt, L. Y., Prescott, J. F. (2025b). Chapter 8. Beta-lactam antibiotics: Cephalosporins. In: Dowling, P. M., Prescott, J. F., Baptiste, K. E. (eds.), *Antimicrobial Therapy in Veterinary Medicine*, John Wiley and Sons Inc., sixth edition, Canada, p. 143-167.
13. Huang, M., Qi, F., Wang, J., Xu, Q., & Lin, L. (2015). Changes of bacterial diversity and tetracycline resistance in sludge from AAO systems upon exposure to tetracycline pressure. *Journal of Hazardous Materials*, 298, 303-309.
14. Maboni, G., Gressler, L. T. (2025). Chapter 11. Lincosamides, pleuromutilins, and streptogramins. In: Dowling, P. M., Prescott, J. F., Baptiste, K. E. (eds.), *Antimicrobial Therapy in Veterinary Medicine*, John Wiley and Sons Inc., sixth edition, Canada, p. 203-222.
15. Magdaleno, A., Saenz, M. E., Juárez, A. B., & Moreton, J. (2015). Effects of six antibiotics and their binary mixtures on growth of *Pseudokirchneriella subcapitata*. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 113, 72-78.
16. Pieters, R., van der Laan, J.W., van Loveren, H. (2019). Chapter 37. Immunotoxicology. In: Parnham M. J., Nijkamp, F.P., Rossi, A.G. (eds.), *Nijkamp and*

Parnham's Principles of Immunopharmacology, Fourth revised and extended edition. Springer International Publishing, Switzerland, p. 787-818.

17. Plenderleith, R. W. (1988). Treatment of cattle, sheep and horses with lincomycin: case studies. *The Veterinary Record*, 122(5), 112-113.

18. Prescott, J. F., Hardefeldt, L. Y. (2025). Chapter 9. Other beta-lactam antibiotics: Beta-lactamase inhibitors, carbapenems and monobactams. In: Dowling, P. M., Prescott, J. F., Baptiste, K. E. (eds.), *Antimicrobial Therapy in Veterinary Medicine*, John Wiley and Sons Inc., sixth edition, Canada, p. 169-186.

19. Reinhart, J., Prescott, J. (2025). Sulfonamides, diaminopyrimidines, and their combinations. In: Dowling, P. M., Prescott, J. F., Baptiste, K. E. (eds.), *Antimicrobial Therapy in Veterinary Medicine*, John Wiley and Sons Inc., sixth edition, Canada, p. 305-324.

20. Singh, R., Singh, A. P., Kumar, S., Giri, B. S., & Kim, K. H. (2019). Antibiotic resistance in major rivers in the world: a systematic review on occurrence, emergence, and management strategies. *Journal of Cleaner Production*, 234, 1484-1505.

21. Väitalo, P., Kruglova, A., Mikola, A., & Vahala, R. (2017). Toxicological impacts of antibiotics on aquatic micro-organisms: a mini-review. *International Journal of Hygiene and Environmental Health*, 220(3), 558-569.

22. Weese, J. S., Dowling, P. M. (2025). Chapter 6. Principles of antimicrobial drug selection and use. In: Dowling, P. M., Prescott, J. F., Baptiste, K. E. (eds.), *Antimicrobial Therapy in Veterinary Medicine*, John Wiley and Sons Inc., sixth edition, Canada, p. 109-118.

23. Yan, C., Yang, Y., Zhou, J., Liu, M., Nie, M., Shi, H., & Gu, L. (2013). Antibiotics in the surface water of the Yangtze Estuary: occurrence, distribution and risk assessment. *Environmental Pollution*, 175, 22-29.

DIABETES MELLITUS IN DOGS

Prof. Dr. Ali BİLGİLİ¹, PhD Student Bülent Burak DOĞAN²

¹Ankara University Veterinary Faculty, Department of Pharmacology and Toxicology, Ankara, Turkey, abilgili61@gmail.com, ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-6819-7952>

²Ankara University Institute of Health Sciences, Department of Pharmacology and Toxicology, Ankara, Turkey, burakdogan.bd55@gmail.com, ORCID ID: <https://orcid.org/0009-0006-8782-2702>

ABSTRACT

Diabetes mellitus has been defined as a heterogeneous group of diseases with multiple causes, characterized by hyperglycemia caused by insufficient insulin secretion, insufficient insulin action or both. Diabetes mellitus is a disease that can be controlled with a constant and careful effort by the veterinarian and the animal owner together. Type-1 diabetes mellitus is an auto-immune disease caused by insulin deficiency and characterized by the loss of pancreatic beta cells mediated by T lymphocytes and auto-antibodies. Therefore, programmed cell death occurs after the destruction of beta cells. Success in treatment is possible with the correct interpretation of current scientific knowledge and effective clinical evaluation. In this study, the etiology, clinical findings, diagnosis and management of diabetes mellitus in dogs were discussed. By reviewing recent scientific sources, extensive information was given about the treatment options for the most commonly used drugs in treatment. Also, in order to facilitate the clinician veterinarians in terms of application, by tackling extensively the reports in scientific sources on diabetes dogs, information about different treatment options was presented.

Key words: Dog, diabetes mellitus, treatment

KÖPEKLERDE DİYABETES MELLİTUS

Prof. Dr. Ali BİLGİLİ¹, Doktora Öğrencisi Bülent Burak DOĞAN²

¹Ankara Üniversitesi Veteriner Fakültesi, Farmakoloji ve Toksikoloji Ana Bilim Dalı,
Ankara, Türkiye, abilgili61@gmail.com, ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-6819-7952>

²Ankara Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Farmakoloji ve Toksikoloji Ana Bilim
Dalı, Ankara, Türkiye, burakdogan.bd55@gmail.com, ORCID ID:
<https://orcid.org/0009-0006-8782-2702>

ÖZET

Diyabetes mellitus yetersiz insülin salgılanması, yetersiz insülin etkisi veya her ikisinden kaynaklanan hiperglisemi ile karakterize, birden fazla nedeni olan heterojen bir hastalık grubu olarak tanımlanmıştır. Diyabetes mellitus, veteriner hekim ve hayvan sahibinin birlikte yürüttüğü sürekli ve dikkatli bir çaba ile kontrol altına alınabilen bir hastalıktır. Tip-1 diyabetes mellitus; insülin eksikliği kaynaklı oluşan ve T lenfosit ve oto-antikorların aracılık ettiği pankreas beta hücrelerinin kaybıyla karakterize oto-immün bir hastalıktır. Dolayısıyla beta hücrelerinin yıkımı sonrasında programlı hücre ölümü gerçekleşir. Tedavide başarı, güncel bilimsel bilgilerin doğru yorumlanması ve etkin klinik değerlendirmeye mümkündür. Bu çalışmada köpeklerde diyabetes mellitusun etiyoloji, klinik bulgular, tanı ve sağaltımı ele alındı. Son yıllara ait bilimsel kaynaklar incelenerek sağaltımda en çok kullanılan ilaçlara yönelik sağaltım seçenekleri hakkında geniş şekilde bilgiler verildi. Ayrıca klinisyen veteriner hekimlere uygulama yönünden kolaylık sağlaması bakımından, köpeklerde diyabete yönelik bilimsel kaynaklardaki bildirimler geniş şekilde aktarılarak farklı sağaltım seçenekleri hakkında bilgiler sunuldu.

Anahtar sözcükler: Köpek, diyabetes mellitus, sağaltım

Giriş

Diyabetes mellitus (DM) yetersiz insülin salgılanması, yetersiz insülin etkisi veya her ikisinden kaynaklanan hiperglisemi ile karakterize, birden fazla nedeni olan heterojen bir hastalık grubu olarak tanımlanmıştır (O’Kell & Davison, 2023).

Yakın dönemde, Avrupa Veteriner Endokrinoloji Derneği (European Society of Veterinary Endocrinology (ESVE)) veteriner endokrin hastalıklarında kullanılan ortak terminoloji ve tanımları netleştirmek için veteriner endokrinolojide ortak dil projesini (ALIVE (Agreeing Language in Veterinary Endocrinology Project) gerçekleştirmiştir (Niessen ve ark., 2022).

Bu proje kapsamında yapılan tanımda DM, yetersiz insülin salgılanması, yetersiz insülin etkisi veya her ikisinden kaynaklanan hiperglisemi ile karakterize çoklu etiyolojiye sahip heterojen bir hastalık şeklinde tanımlanmıştır (Niessen ve ark., 2022).

Etiyoloji

Diyabetin etiyolojik sınıflandırması zaman içerisinde değişmiş olup veteriner hekimlikteki sınıflandırmasının gelişimi beşeri hekimlikteki etiyolojik sınıflandırma gibi şekil almıştır. Beşeri hekimlikte insüline bağımlı DM, insüline bağımlı olmayan DM ve diğer şekilde başlayan sınıflandırma zamanla Tip-1 DM, Tip-2 DM şeklinde değişmiş ve 2013 yılında Amerikan Diyabet Birliği (American Diabetes Association) tarafından etiyolojik bazlı en gelişmiş formuna kavuşmuştur. Veteriner hekimlikte de etiyolojik bazlı sınıflandırma ALIVE projesi kapsamında yapılmıştır (Gilor ve ark., 2016; Niessen ve ark., 2022).

Köpeklerde tip 1 diyabetin etiyolojisi çok faktörlüdür ve muhtemelen genetik faktörler, beta hücresi hasarı ve yangıyı tetikleyen çevresel faktörleri içerir (Rand, 2020; Rojas ve ark., 2018).

Köpeklerde DM ve pankreas yangısı arasında karmaşık bir neden-sonuç ilişkisi vardır, bazen başka bir nedene bağlı önceden var olan DM akut pankreatitise zemin hazırlıyor gibi görünürken, diğer olgularda DM son evre kronik pankreas yangısında pankreatik adacık hücrelerinin kaybının bir sonucu olarak ortaya çıkar (Watson, 2012).

Köpeklerde Diyabetin Patofizyolojisi

Diyabetik bireylerde hücre içi glikoz kullanımının yetersiz olması, organizmanın enerji açığı yaşadığı bir durumu simgeler ve bu durum vücut ağırlığında azalma ile sonuçlanır. Glikozun hücrelere girişi insülin aracılığıyla gerçekleştiğinden, insülin eksikliği durumunda yeterli glikoz alımı sağlanamaz. Bu yetersizlik, beslenme merkezinin baskılanmasını engeller ve sonuç olarak, yüksek kan glikoz düzeylerine rağmen hastalarda iştah artışı (polifaji) meydana gelir (Nelson, 2015).

Klinik Bulgular

Diyabetin klinik bulguları persiste hiperglisemi ve glikozüri varlığında görülür, fakat glikoz seviyesi referans limitin üst sınırına yakinken ve renal eşik değeri aşılmamışken görülmez. Referans limit köpeklerde ise 200 mg/dL şeklindedir yani bu limitlerin aşılması durumunda glikozüri görülür (Behrend ve ark., 2018).

Teşhis

Köpeklerde DM'nin geleneksel teşhisi persiste açlık hiperglisemisi ve glikozürinin birlikte görülmesine dayanır bu yüzden diyabetin teşhisini yaparken hem persiste hiperglisemi hem de glikozürinin varlığının belirlenmesi önemlidir (Nelson, 2015; Sidhu & Randhawa, 2019).

Avrupa Veteriner Endokrinoloji Derneği'nin Ortak Dil Proje'sine göre (ALIVE Project); köpeklerde kan glikoz seviyesi açlık veya tokluk durumu fark etmeksizin 200 mg/dl veya 11.1 mmol/l'nin üstündeyse ve hipergliseminin klinik belirtileri veya hiperglisemik krizin görülmesi durumunda diyabetin teşhisi yapılmalıdır. Ayrıca serum fruktozamin, glikozile hemoglobin gibi alternatif yöntemler diyabetin teşhisinde kullanılabilir (Niessen ve ark., 2022).

Köpeklerde Diyabetes Mellitusun Sağaltımı

Köpeklerde insülin uygulaması yapılırken endojen insülin sekresyonunun taklit edilmesi asıl istenendir, buna bazal-bolus pattern denir (Tardo ve ark., 2024). Bazal bolus terapi şeklinde, uzun etkili insülin ve hızlı etkili insülin kombinasyon halinde kullanılır (Candido ve ark., 2018; Gilor & Fleeman, 2022).

DM'yi sağaltmada tescilli preparatlar başarılı olmazsa rekombinant insülin analogları köpeklerde başarılı şekilde kullanılmıştır (Gilor ve Fleeman, 2022).

Besleme

Diyabetli köpekler için ticari yemler bulunmaktadır. Gıdanın lezzetli, besin yönünden dengeli ve sindirilebilir olması gerekir (Davison, 2023).

Kaynaklar

1. Behrend, E., Holford, A., Lathan, P., Rucinsky, R., & Schulman, R. (2018). 2018 AAHA diabetes management guidelines for dogs and cats. *Journal of the American Animal Hospital Association*, 54(1), 1-21. <https://doi.org/10.5326/JAAHA-MS-6822>
2. Candido, R., Wyne, K., & Romoli, E. (2018). A review of basal-bolus therapy using insülin glargine and insülin lispro in the management of diabetes mellitus. *Diabetes Therapy*, 9(3), 927-949. <https://doi.org/10.1007/S13300-018-0422-4/TABLES/3>
3. Davison, L. (2023). Chapter 23. Canine diabetes mellitus. . In: Mooney, C. T., Peterson, M. E., Shiel, R. E. (eds), *BSAVA Manual of Canine and Feline Endocrinology*, British Small Animal Veterinary Association Publications, fifth edition, p. 193-208.
4. Gilor, C. S. J. M., Niessen, S. J. M., Furrow, E., & DiBartola, S. P. (2016). What's in a name? Classification of diabetes mellitus in veterinary medicine and why it matters. *Journal of Veterinary Internal Medicine*, 30(4), 927-940. <https://doi.org/10.1111/JVIM.14357>
5. Gilor, C., & Fleeman, L. M. (2022). One hundred years of insulin: Is it time for smart?. *Journal of Small Animal Practice*, 63(9), 645-660. <https://doi.org/10.1111/jsap.13507>
6. Nelson, R. W. (2015). Canine Diabetes Mellitus. In *Canine and Feline Endocrinology* (pp. 213–257). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-1-4557-4456-5.00006-7>
7. Niessen, S. J. M., Bjornvad, C., Church, D. B., Davison, L., Esteban-Saltiveri, D., Fleeman, L. M., Forcada, Y., Fracassi, F., Gilor, C., Hanson, J., Herrtage, M., Lathan, P., Leal, R. O., Loste, A., Reusch, C., Schermerhorn, T., Stengel, C., Thoresen, S., & Thuroczy, J. (2022). Agreeing Language in Veterinary Endocrinology (ALIVE): Diabetes mellitus - a modified Delphi-method-based system to create consensus disease definitions. *The Veterinary Journal*, 289, 105910. <https://doi.org/10.1016/J.TVJL.2022.105910>

8. O’Kell, A. L., & Davison, L. J. (2023). Etiology and pathophysiology of diabetes mellitus in dogs. *Veterinary Clinics of North America: Small Animal Practice*, 53(3), 493-510. <https://doi.org/10.1016/j.cvsm.2023.01.004>
9. Rand, J. S. (2020). Diabetes mellitus in dogs and cats. *Clinical Small Animal Internal Medicine*, 93-102. <https://doi.org/10.1002/9781119501237.ch12>
10. Rojas, J., Bermudez, V., Palmar, J., Martínez, M. S., Olivar, L. C., Nava, M., ... & Velasco, M. (2018). Pancreatic beta cell death: novel potential mechanisms in diabetes therapy. *Journal of Diabetes Research*, 2018(1), 9601801. <https://doi.org/10.1155/2018/9601801>
11. Sidhu, S., & Randhawa, S. S. (2019). A Review on Diagnosis and Management of Diabetes Mellitus in Dogs. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, 8(06), 10–16. <https://doi.org/10.20546/ijcmas.2019.806.002>
12. Tardo, A. M., Fleeman, L. M., Fracassi, F., Berg, A. S., Guarino, A. L., & Gilor, C. (2024). A dose titration protocol for once-daily insulin glargine 300 U/mL for the treatment of diabetes mellitus in dogs. *Journal of Veterinary Internal Medicine*, 38(4), 2120–2128. <https://doi.org/10.1111/jvim.17106>
13. Watson, P. (2012). Chronic pancreatitis in dogs. *Topics in Companion Animal Medicine*, 27(3), 133-139. <https://doi.org/10.1053/j.tcam.2012.04.006>

OĞUZ QRUPU TÜRK DİLLƏRİNDƏ ƏVƏZLİKLƏRİN OXŞAR VƏ FƏRQLİ CƏHƏTLƏRİ

Həcər Hüseynova
Filologiya elmləri doktoru, professor
Azərbaycan Dövlət Pedaqoji Universiteti, MMU, BAAU
hacerhuseynova@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0002-3223-427X>

XÜLASƏ

Oğuz dilləri türk dillərinin cənub-qərb qoluna daxildir. Bu qrupa Azərbaycan, Türkiyə, Türkmən, Qaqauz, Krım türkcəsi və bir sıra digər dialektlər aiddir. Bu dillər fonetik, morfoloji və leksik cəhətdən bir-birinə çox yaxın olub, ümumi qədim oğuz bazasında formalaşmışdır.

Türk dilləri ailəsinin Oğuz qrupu həm struktur, həm də funksional xüsusiyyətlərinə görə dilçilikdə geniş tədqiq olunan istiqamətlərdəndir.

Bu qrupa daxil olan Azərbaycan, Türkiyə, Türkmən və Qaqauz dillərində əvəzlik kateqoriyası müvafiq şəkildə inkişaf etmiş, zamanla fərqli istiqamətlərdə formalaşmışdır. Oğuz dillərində əvəzlik sistemi həm leksik, həm də sintaktik baxımdan mühüm yer tutur. Əvəzlilər kommunikativ funksiyaları yerinə yetirməklə yanaşı, nitqdə ixtisar və qənaət funksiyası da daşıyır.

Bu məqalədə Oğuz qrupu türk dillərinə daxil olan Azərbaycan, Türkiyə, Türkmən və Qaraqalpaq dillərində əvəzlilərin struktur, semantik və funksional xüsusiyyətləri müqayisəli şəkildə təhlil olunur. Əvəzlilərin leksik və qrammatik xüsusiyyətləri arasında müəyyən oxşarlıqlar olsa da, fərqli formalar və istifadəyə dair məqamlar da mövcuddur. Şəxs, işarə və sual əvəzlilərinin müxtəlif dillərdə hallanma sistemi, fonetik forması, söz sırasındakı mövqeyi və vurğulanması dəyişir. Tədqiqatda həmçinin bu fərqlərin tarixi-mədəni və sosial-lingvistik səbəbləri izah olunur. Nəticədə, Oğuz dilləri arasında əvəzlilərin fərqləri dil tipologiyası baxımından maraqlı nəticələr ortaya qoyur.

Açar sözlər: dil, mənşə, əvəzlik, funksiya, oxşarlıq, Oğuz qrupu, müqayisəli təhlil, dil fərqləri, türk dilləri

Similar and Different Aspects of Pronouns in the Oghuz Group of Turkic Languages

**Pr., Dr. Hajar
Huseynova
ASPU, National Defense
University, BAAU**

hacerhuseynova@mail.ru

<https://orcid.org/0000-0002-3223-427X>

SUMMARY

The Oghuz languages belong to the southwestern branch of the Turkic languages. This group includes Azerbaijani, Turkish, Turkmen, Gagauz, Crimean Turkish and a number of other dialects. These languages are very close to each other in phonetic, morphological and lexical terms, and were formed on a common ancient Oghuz base.

The Oghuz group of the Turkic language family is one of the directions that is widely studied in linguistics due to both its structural and functional characteristics.

In the Azerbaijani, Turkish, Turkmen and Gagauz languages included in this group, the pronoun category has developed accordingly and has been formed in different directions over time. The pronoun system in the Oghuz languages takes an important place both lexically and syntactically. In addition to performing communicative functions, pronouns also have the function of abbreviation and abbreviation in speech.

This article analyzes the structural, semantic, and functional characteristics of pronouns in the Oghuz group of Turkic languages, including Azerbaijani, Turkish, Turkmen, and Karakalpak. While there are lexical and grammatical similarities among the pronouns in these languages, certain forms and usage patterns differ. The article compares personal, demonstrative, and interrogative pronouns in terms of case endings, phonetic forms, syntactic position, and emphasis. The historical and sociolinguistic reasons for these variations are also discussed. The findings contribute to a broader understanding of typological differences and shared roots among the Oghuz languages.

Keywords: language, origin, pronoun, function, similarity, Oghuz group, comparative analysis, language differences, Turkic languages

Türk Dillerinin Oğuz Grubundaki Zamirlerin Benzer ve Farklı Yönleri

Hacer Hüseynova

Filoloji üzere doktor, professor.

ADPU, MMU, BAAU

hacerhuseynova@mail.ru

<https://orcid.org/0000-0002-3223-427X>

ÖZET

Oğuz dilleri Türk dillerinin güneybatı koluna aittir. Bu grupta Azerbaycan, Türkiye Türkçesi, Türkmence, Gagavuz, Kırım Türkçesi ve bir dizi başka lehçe yer alır. Bu diller fonetik, morfolojik ve leksik açıdan birbirine çok yakındır ve ortak bir eski Oğuz temeli üzerinde oluşmuştur.

Türk dil ailesinin Oğuz grubu, hem yapısal hem de işlevsel özellikleri nedeniyle dilbilimde yaygın olarak incelenen yönlerden biridir.

Bu gruba dahil olan Azerbaycan, Türkiye Türkçesi, Türkmence ve Gagavuz dillerinde zamir kategorisi buna göre gelişmiş ve zaman içinde farklı yönlerde oluşmuştur. Oğuz dillerindeki zamir sistemi hem leksik hem de sözdizimsel olarak önemli bir yer tutar. Zamirler iletişimsel işlevleri yerine getirmenin yanı sıra konuşmada kısaltma ve kısaltma işlevine de sahiptir.

Bu makalede, Oğuz Grubu Türk dillerinden Azerbaycan Türkçesi, Türkiye Türkçesi, Türkmence ve Karakalpakça'da zamirlerin yapısal, anlamsal ve işlevsel özellikleri karşılaştırmalı olarak incelenmiştir. Zamirlerin dil yapıları arasında benzerlikler olduğu kadar, kullanımları açısından önemli farklar da tespit edilmiştir. Şahıs, işaret ve soru zamirlerinin hâl ekleri, fonetik biçimleri, cümledeki konumu ve vurgusu dilden dile değişmektedir. Makalede bu farklılıkların tarihî, kültürel ve sosyolinguistik nedenleri de ele alınmaktadır. Sonuçlar, Oğuz dilleri arasındaki zamir kullanımı farklılıklarının dil tipolojisi açısından dikkatle şayan olduğunu ortaya koymaktadır.

Anahtar sözcükler: dil, köken, zamir, işlev, benzerlik, Oğuz grubu, karşılaştırmalı analiz, dil farkları, Türk dilleri

Giriş: Əvəzlik anlayışı və funksional təsnif

Əvəzlik — isim, sifət, say və zərf kimi söz növlərinin yerinə işlənərək onları əvəz edən, sintaktik münasibətlərdə iştirak edən müstəqil nitq hissəsidir.

Əvəzlilərin ümumi təsnifi-Oğuz dillərində əvəzlilərlər aşağıdakı kimi qruplaşdırılır:

- Şəxs əvəzliləri: mən/ben/men
- İşarə əvəzliləri: bu, o, şu
- Sual əvəzliləri: kim, nə, nəçə
- Qeyri-müəyyən əvəzlilərlər: biri, kimsə, heç kim
- İnkər əvəzliləri: heç kim, heç nə

Fonetik və morfoloji fərqlər

Əvəzlik	Azərbaycan d.	Türk d.	Türkmən d.	Qaqauz d.
---------	---------------	---------	------------	-----------

Mən	Mən	ben	men	ben
Sən	sen	sen	sen	sen
O	o	o	ol	o
Biz	biz	biz	biz	biz

Bu nümunələr əvəzlilərin ortaq kökdən gəldiyini göstərsə də, fonetik uyğunlaşma regional səciyyə daşıyır.

- Azərb.: Məni gördü
- Türkiyə: Beni gördü
- Türkmən: Meni gördü

Göründüyü kimi, fərq, əsasən, sait dəyişmələrində və fonetik adaptasiyadadır.

Qrammatik hallanma

Əvəzlilər Oğuz dillərində hallanır və bu zaman xüsusi morfoloji fərqlər müşahidə edilir.

- Azərbaycan türkcəsi:

Mən → məni (təsirlik), mənə (yönlük), məndə (yerlik)

- Türkiyə türkcəsi:

Ben → beni, bana, bende

- Türkmən türkcəsi:

Men → meni, maña, mende

Bu hallanma formalarının şəkilçilərindəki fərqlər sintetik strukturun inkişaf fərqlərindən qaynaqlanır.

Sintaktik funksiyalar və oxşarlıqlar

Əvəzlilər cümlədə aşağıdakı sintaktik funksiyalarda çıxış edir:

- Mübtəda: Mən gəldim / Ben geldim. / Men geldim.
- Tamamlıq: Səni çağırdım / Seni çağırdım.
- Təyin: Onun kitabı / Onun kitabı.

Əvəzlilər hər dildə mübtəda, tamamlıq, zərflik kimi çıxış edə bilər:

- Azərb.: Mən səni çağırdım.
- Türkiyə: Ben seni çağırdım.
- Türkmən: Men seni çağırdım.
- Qaqauz: Ben seni çağırdım.

Üslubi və sintaktik fərqlər:

Türk dilində şəxsi əvəzlilər çox vaxt buraxıla bilər:

- Gidiyorum (Ben sözü yoxdur, amma mən anlamı verilir).

Azərbaycan dilində isə bu buraxılma daha məhduddur:

- Gedirəm – aydın olur, amma rəsmi üslubda Mən gedirəm üstünlük təşkil edir.

1.Sual əvəzlilərinin işlənməsi

- Kim gəldi? / Kim geldi? / Kim geldi? / Kim geldi? – formaca eyni, bəzən intonasiya fərqlidir.

2.İşarə əvəzlilərində fərq

- Türkiyə türkcəsində “şu” əvəzliyi geniş işlənir: *Şu çocuk kimdir?*

- Azərbaycan dilində qarşılığı *bu* və ya *o* olur: *O uşaq kimdir?*

Bu, işarənin yaxınlıq məsafəsinə görə fərqli ifadəsidir.

Qrammatik hallarda əvəzlilik

- Azərb.: Mənim kitabım
- Türkiyə: Benim kitabım
- Türkmən: Məni kitabım

Türkmən dilində hallanma sistemi fonetik cəhətdən fərqlənir: -iç şəkilçisi ilə formalaşır.

Qrammatik hallanma

Əvəzliliklər Oğuz dillərində hallanır və bu zaman xüsusi morfoloji fərqlər müşahidə edilir.

- Azərbaycan türkcəsi:

Mən → məni (təsirlik), mənə (yönlük), məndə (yerlik)

- Türkiyə türkcəsi:

Ben → beni, bana, bende

- Türkmən türkcəsi:

Men → meni, maña, mende

Bu hallanma formalarının şəkilçilərindəki fərqlər sintetik strukturun inkişaf fərqlərindən qaynaqlanır.

Sintaktik funksiyaları:

Əvəzliliklər cümlədə müxtəlif sintaktik funksiyalarda çıxış edir:

-Mübtədə Mən gəldim. / Ben geldim. / Men geldim.

- Tamamlıq: Səni çağırıdım. / Seni çağırıdım.

- Təyin: Onun kitabı. / Onun kitabı.

Bu struktur və funksiyalar oxşar olsa da, istifadədə üslubi fərqlər ola bilər.

Üslubi və semantik fərqlər

Türkiyə türkcəsində şəxs əvəzlilikləri çox vaxt buraxıla bilər:

- Geliyorum — "Ben" buraxılıb, lakin mənsubiyyət kontekstdən aydın olur.

Azərbaycan dilində bu hallar nadirdir və daha çox qeyri-rəsmi üsluba aiddir.

Sual və işarə əvəzlilikləri

Sual əvəzlilikləri:

- Kim, nə, nə zaman, necə → bütün Oğuz dillərində bu əvəzliliklər oxşar formalarda işlənir, fərqlər sintaktik yerdəyişmələrdə və intonasiyada olur.

İşarə əvəzlilikləri:

- Türkiyə türkcəsində: bu, şu, o

- Azərbaycan dilində: bu, o

"şu" əvəzliyi Azərbaycan dilində yoxdur, qarşılığı "bu" və ya "o" ilə ifadə olunur.

Qeyri-müəyyən və inkar əvəzliliklərinin işlənməsi

- Heç kim, kimsə, birisi, heç nə kimi formalar hər dildə var.

Türkmən dilində hiç kimse, hiç zat kimi formalar işlənir.

Əvəzliliklərin diaxron inkişafı

Əvəzliliklərin bəzi formaları qədim oğuz və ümumtürk formalarına gedib çıxır. Məsələn, "ol" forması türkmən dilində qorunub saxlanılıb, digər dillərdə "o" şəklində sadələşmişdir.

Praktik tətbiqlər və müqayisəli təhlil

Məsələn; *Azərbaycan dili*: Mən səni çox yaxşı tanıyıram. O da səni çox istəyir.

Türkiyə türkcəsi: Ben seni çok iyi tanıyorum. O da seni çok seviyor.

Türkmən türkcəsi: Men seni gowy tanaýaryn. Ol hem seni gowy görýär.

Bu cümlələrdə əvəzlilərin həm fonetik, həm sintaktik, həm də üslubi fərqləri görünür.

Əvəzlilərin diaxron inkişafı: tarixi-etimoloji baxış

Əvəzlilərin əksəriyyəti qədim türk dillərində də eyni və ya oxşar formalarda mövcud olmuşdur. Orxon-Yenisey abidələrində və "Dədə Qorqud" dastanlarında işlənmiş əvəzlilər bugünkü Oğuz dillərində öz formasını qismən qoruyub saxlamışdır.

Tarixi müqayisəli cədvəli:

əvəzlik	Orxon-Yenisey	Kitabi-dədə Qorqud	Azərbaycan d.	Türk d.	Türkmən d.
Mən	men	Mən	Mən	ben	men
Sən	sen	Sən	Sən	sen	sen
o	ol	o	o	o	ol
biz	biz	biz	biz	biz	biz
siz	siz	siz	siz	siz	siz

Burada "ol" formasının müasir türkmən dilində qorunması arxaik xüsusiyyətin daşıyıcısı kimi diqqəti çəkir.

Əvəzlilərin tarixi mənşəyi və dəyişmələri. Əvəzlilər ən sabit leksik-semantik kateqoriyalardan biridir. Onlar çox vaxt arxaik kök formalarda qorunub saxlanılır. Bəzi formalar isə zamanla qısalmış, analitik konstruksiyalardan sintetik formaya keçmişdir:

- Qədim türk dilində: men, sen (I şəxs tək)
- Orxon-Yenisey yazılarında: men, sen, ol
- Müasir oğuz dillərində bu formalar, əsasən, qorunmuşdur:
 - Azərbaycan dilində: mən, sən, o
 - Türkmən dilində: men, sen, ol
 - Türkiyə türkcəsində: ben, sen, o

Qədim türk dilində "ol" şəxs əvəzliyi həm "o", həm də "o adam" mənasında işlənmişdir. Bu çoxluq və təkliyin konkret kontekstdə müəyyənləşdirilməsinə səbəb olmuşdur. Müasir dillərdə "o" yalnız üçüncü şəxsin əvəzliyi kimi sabitləşmişdir.

Semantik-funksional cəhətlər. Əvəzlilərin semantikasi kontekstualdır. Onlar öz mənasını digər leksik vahidlərdən fərqli olaraq yalnız cümlədə qazanır. Məsələn: Mən onu tanıyıram - Burada "o" şəxs konkret olaraq kontekstdən asılıdır.

Əvəzlilər cümlədə yalnız obyektiv sintaktik funksiya daşımır, həm də mənə yükü, konkretlik dərəcəsi, emosional vurğu ilə seçilir. Məsələn; bədii mətn:

- "Mən səndən başqa heç kəsə inanmadım"(M.Cəlil),- burada "mən" şəxsiyyətin vurğusunu artırır, emosional dəyər daşıyır.

Türk dilində: “Ben sadece sana inandım”, – “ben” vurğulu kontekstdə işlənməsə, buraxıla bilər.

Müxtəlif janrlarda əvəzlilərin funksional rolu da müxtəlif olur.

Janr	Əvəzliyin funksiyaları
Elmi üslub	Minimal, obyektiv, 3-cü şəxs üstünlük təşkil edir
Bədii üslub	Şəxs əvəzliləri çox işlənir, vurğulu, emosional olur
Publisistika	Biz, siz, o- əvəzliləri ictimai çağırış nümunəsi daşıyıcısı olur.
Danışiq dilində	Mən, sən, o- əvəzliləri gündəlik ünsiyyətin daşıyıcısına çevrilir

Əvəzlilər haqqında Doğan Aksan yazır: “Türk dillərində əvəzlilər sadə quruluşda olsa da, dilin məntiqi sistemində mürəkkəb funksional struktura malikdir” (Aksan, 2001, s. 122).

M.Ağakayev isə Azərbaycan və Türkiyə türkcəsinin müqayisəsində qeyd edir: “Əvəzlilərdə fonetik fərqlər olsa da, sintaktik funksiya və hallanma sistemi təməl olaraq ortaqdır” (Ağakayev, 2004, s. 95).

Onun fikri maraqlıdır. — “Onun” bu halda təyin əvəzliyidir və semantik olaraq mülkiyyəti bildirir.

Bu baxımdan, əvəzlilərin funksiyası yalnız morfoloji deyil, həm də semantik və pragmatik səviyyədə müəyyən olunur.

Sintaktik tipologiya və transformasiyalar məsələsinə gəlinə, əvəzlilərin digər nitq hissələri ilə əlaqəsinə əsaslanaraq aşağıdakı transformasiya modelləri qura bilərik:

1. İsimləşmiş əvəzlik: - Mən müəlliməm. - Bu mənimdir.

Burada əvəzlik ismin yerinə keçir, predikativ və ya mübtədə funksiyasını yerinə yetirir

2. Sifətə çevirmə: “Onun” – sifət funksiyasında işlənən təyin əvəzliyidir.

3. Ədatlarla kombinasiyası: - Heç kim, bir kəs, nə isə kimi birləşmələrdə əvəzlik mənə baxımından qeyri-müəyyənlik bildirir.

Üslubi cəhətdən əvəzlilər müxtəlif funksional yükə malik nitq hissəsidir. Əvəzlilər üslubi vasitə kimi emosional-ifadəli mətnlərdə tez-tez istifadə olunur. Xüsusilə bədii və publisistik üslubda əvəzlilər şəxsiliyi və subyektivliyi gücləndirir. Məsələn; Mən bu şəhəri tərk edərkən, içimdə bir boşluq vardı,-burada "mən" şəxsi əvəzlik birinci şəxsin duyğusal halını vurğulayır. (M. Cəlal):

Publisistik üslubda: Biz birlikdə güclüyük! —cümləsində kollektiv çağırış və emosional yük daşıyır.

NƏTİCƏ

Oğuz qrupu türk dillərində əvəzlik sistemi ümumtürk dil birliyinin daşıyıcısı kimi ortaq struktura malikdir. Lakin hər bir dilin fonetik, morfoloji və üslubi özəllikləri bu sistemin fərqli cizgilər almasına səbəb olmuşdur. Bu sahənin tədqiqi yalnız müqayisəli

dilçilik üçün deyil, həm də tərcümə, pedaqoji dilçilik və üslubi təhlil üçün vacib əhəmiyyət kəsb edir.

Oğuz dillərində əvəzlik sistemi ümumtürk irsinin qoruyucu sahələrindən biridir. Fonetik, morfoloji və sintaktik fərqlər regional inkişafı ilə bağlıdır. Əvəzliliklərin semantik kontekstə bağlılığı onların dinamik və çevik işlənməsini təmin edir. Bu sahənin tədqiqi funksional sintaksis, üslubi təhlil və müqayisəli dilçilik baxımından xüsusi əhəmiyyət kəsb edir.

Ədəbiyyat:

1. Ə.Dəmirçizadə – Müasir Azərbaycan dili, II cild, B., 1975
2. Doğan Aksan – Her Yönüyle Dil, TDK, Ankara, 2001
3. M.Ağakayev – Azərbaycan və Türkiyə türkcələrinin müqayisəli qrammatikası, B., 2004
4. Cəfərov C. – Türk dillərinin müqayisəli morfoloqiyası, B., 1998
5. Baskakov N.A. – Введение в изучение тюркских языков, М., 1962
6. Ə.Dəmirçizadə. Müasir Azərbaycan dili. II cild. Bakı, 1975
7. M.Ağakayev. Azərbaycan və Türkiyə türkcələrinin müqayisəli qrammatikası. B., 2004
8. Doğan Aksan. Her Yönüyle Dil. Ankara, 2001
9. Baskakov N.A. Введение в изучение тюркских языков. М., 1962
10. Hüseynova H. Üslubi sintaksis. Bakı, 2010
11. Cəfərov C. Türk dillərinin müqayisəli morfoloqiyası. Bakı, 1998
12. Dilaçar A. Türk Dili Üzerine Araştırmalar. Ankara, 1985
13. Vəlixanlı B. Müasir türk dillərinin müqayisəli qrammatikası. B., 2012
14. Hüseynova H. Mir Cəlalin bədi əsərlərinin linqvopoetik xüsusiyyətləri. B., 2018
15. Əzizov T. Türk dillərində əvəzliliklərin semantik strukturu. Bakı, 2015
16. Göksel A., Kerslake C. Turkish: A comprehensive grammar. London: Routledge, 2005
17. Clauson G. An Etymological Dictionary of Pre-Thirteenth-Century Turkish. Oxford, 1972

GEORGE SİMMELE'İN “PARANIN FELSEFESİ” ESERİ VE MODERN DÖNEMDE YÜKSELEN BİR DEĞER OLARAK PARA

Doç. Dr. SEVRA FIRINCIOĞULLARI

Herhangi Bir Kuruma Bağlı Değil

ORCID: 000-0003-1052-6092

sevrafirinci@gmail.com

Özet

Bu çalışmada ünlü sosyolog ve filozof George Simmel'in modern dönemde önemi gittikçe artan paraya ilişkin analizlerine ve görüşlerine yer verilmiştir. Simmel modern dönem analizleri ile ilkel toplumlardan günümüze karmaşıklaşmış olan kent yaşamını, kent yaşamını dizayn eden rasyonel ilişkileri ve özellikle paranın satın alma gücünü incelemiştir. Paranın sadece değişim değeri üzerinden sembolik gücüyle ilgilenmemiş, zaman ve mekandan bağımsız şekilde büyüyen bir güç haline gelmesi konusunu irdelemiştir. Para sistemi modern ekonomik döngüde en büyük güç haline gelirken bunun insan psikolojisindeki karşılığı Simmel'in ilgilendiği bir diğer önemli husustur. Simmel'in sosyolojisi makro ancak özellikle mikro ölçekteki analizleri içerir. Araştırma alanları kadın, kent, moda, para ekonomisi gibi bir çok temayı kapsar. Ancak çalışmalarında en önemli analizler modern dönemin değer anlayışını yansıtması itibarıyla para üzerine olanlardır. Simmel'in yükselen bir güç olarak para üzerine olan analizleri modern insanın duygu dünyasında ve psikolojindeki değişimleri de ortaya koymaktadır. Bu çalışmada kısaca para ve paranın sembolik değeri ile modern dönemde artan gücü üzerine olan görüşlerine yer verilmiştir.

Anahtar Sözcükler: George Simmel, Para, Modern Ekonomi, Paranın Sembolik Değeri

GEORGE SIMMEL'S “PHILOSOPHY OF MONEY” and MONEY AS A RISING VALUE IN THE MODERN AGE

Abstract

In this study, the famous sociologist and philosopher George Simmel's analyses and views on money, which has become increasingly important in the modern period, are included. With his analyses of the modern period, Simmel examined urban life, which has become complex from primitive societies to the present day, the rational relations that design urban life, and especially the purchasing power of money. He was not only interested in the symbolic power of money through its exchange value, but also analyzed the fact that it became a growing power independent of time and space. While the monetary system has become the greatest power in the modern economic cycle, its counterpart in human psychology is another important issue that Simmel is interested in. Simmel's sociology includes macro but especially micro scale analysis. His research areas cover many themes such as women, the city, fashion, money economy. However, the most important analyses in his work are those on money as they reflect the value understanding of the modern period. Simmel's analysis on money as a rising power also reveals the changes in the emotional world and psychology of modern man. In this study, his views on money, its symbolic value and its increasing power in the modern period are briefly discussed.

Keywords: George Simmel, Money, Modern Economy, Symbolic Value of Money

George Simmel Alman sosyolojisinin kurucusu, eleştirmen, teorisyen ve filozoftur. Onun tutumu özellikle birey toplum ilişkisini anlamak ve bu ikisi arasındaki bağlarla çatışmayı açıklamaya çalışmaktır. Ağırlıklı olarak modern toplum analizleri bulunsa da Simmel özellikle modern dönem öncesi Ortaçağ epistemesi ve yaşam anlayışı ile modern çağ arasındaki benzerlik ve farklılıklara değinmiştir. Simmel'in analizleri modern çağ, gündelik hayat, din, para, para ekonomisi, kadın, moda, metropol, modern kültür gibi bir çok alana yayılan bir temayı kapsar. “İçinde doğduğu Berlin kentinin kozmopolit metropol yapısının Simmel'in kişilik özelliklerinin ve düşüncelerinin oluşumunda önemli bir rol oynadığına çoğunlukla değinilmektedir (Birkan, 2009: 12). Keskin ve Çelikel'e (2023, s. 445) göre Simmel, modern Berlin kentinde etnik ve dini

kökene nedeniyle ayrıştırılan bir gruba mensuptur. Buradan hareketle Simmel'in hem toplumun içinde hem de dışında olduğu söylenebilir. Bu durum onun sosyolojik bakış açısını da etkilemiştir. Döneminde çağdaşlarının makro sosyoloji tartışmalarının aksine Simmel etkileşim, formlar ve geometriyi teorisine eklemiştir; metropol, moda, para ve gizlilik gibi kimsenin incelemeye değer görmediği konuları ele almıştır” (Gürhan ve Çetin, 2025: 602).

Simmel'in yaklaşımı, özellikle şehir halkı bağlamında bireysel görüntü ve olaylarda modern hayatın izini sürmekten ibaret olmuştur. Bu çerçevede moderniteyi açıklamak için, çok sayıda sosyolojik, felsefi, kültürel ve estetik makale ve kitap yazmıştır. Tek tek olayların, görüntülerin ve deneyimlerin arkasındaki unsurlara dikkatlice bakıldığında modern toplumlara özgü ortak bir yaşam tarzının ortaya çıkmış olduğunu görmek mümkündür. Simmel, modernliğin kendine has özelliklerini ağırlıklı olarak şehir sakinleri üzerinden büyük şehir hayatının özellikleri, nevrastani ve para ilişkileri olmak üzere üç olgu üzerinden ele almaktadır (Seyyar ve Aysoy, 2023: 269).

George Simmel için kent yaşamı ve buradaki insanın yaşam pratikleri önemlidir. Özellikle modern çağ insanının yarattığı bir yaşam alanı olan kent onun temel araştırma alanlarından birini oluşturmaktaydı. Simmel buradaki yaşam örüntülerini meydana getiren modern insanın duygu durumlarını da inceleme alanı içine almıştır. Dolayısıyla rasyonel bir dönemde irrasyonel yönelimler onun analizleri içinde yer almaktaydı. “Georg Simmel özellikle kent üzerine yaptığı çalışmalarında döneminde rasyonalitenin karşısına konumlanmış ve inceleme alanının dışında tutulmuş duyguları da analizlerine dahil etmiş ve kentli insanın duygusal değişimini incelemiştir” (Gürhan ve Çetin, 2025: 600).

George Simmel'in “Paranın Felsefesi” adlı eseri, ortaçağdan günümüze kadar paranın değişen anlamı ve günümüzde yükselen bir değer haline gelmesi konusunu ele alır. Eserin yarısı paranın bir değişim değeri olarak insan psikolojisindeki etkisi üzerine analizlere dayanırken, diğer yarısı bu değişim değerinin alışveriş ekonomisindeki gücünü ve modern dönemde yükselen bir değer haline gelişini anlatmaktadır. Simmel, özellikle değişim ve takas ekonomisine bağlı daha ilkel sosyal yapılarda paranın temsili değerinin tam olarak yapılamadığını aktarır. Zira ona göre paranın gerçek gücünü ve temsil değerini

dengeleyebilmek için çok karmaşık bir zihinsel güce ve tasarıma ihtiyaç vardır. İlkel sosyal yapılar ve karmaşık olmayan ekonomilerde bunun için gerekli alt yapı yoktur. İnsan zihni de buradaki ekonomik döngüde bu karmaşıklığa ulaşmış değildir. Zaten böyle karmaşık bir ekonomik döngüye de gerek yoktur.

En alt evre New Britain adasından bildirilen bir vakayla örneklendirilebilir. Burada yaşayan yerliler deniz kabuklarını birbirine bağlayarak, buna dewarra, yani para derler. Bu para lineer bir ölçüye (mesela bir kol boyuna) göre satın almalarda kullanılır; balık genellikle uzunluğuna eşit dewerra'yla ödenir. İki metanın eşit ölçülerinin eşit değer olarak görüldüğü bir satın alma biçimi de tespit edilmiştir. Böylece bir tahıl ölçüsü eşit bir deniz kabuğu değerindedir. Meta ile fiyatın doğrudan eşitliği burada en tam ve yalın ifadesini bulmuştur. Aralarında hiçbir niceliksel uyumun olmadığı değerlerin kıyaslanması daha gelişmiş bir zihinsel süreci temsil eder (Simmel, 2014: 116).

Simmel'e göre paranın bir sembolik değer olarak soyutlaşması ve yükselen bir değer olarak kabul görmesi rasyonel akıl çağının başlaması ile gerçekleşmiştir. Yaşamın kuşatıcı ve kontrol edici gücü zeka ile özdeşleştiği para da bu döngünün ekonomik belirleyicisi ve düzenleyicisi haline gelmiştir. Dolayısıyla para ekonomisinin takas ekonomisinin üstüne çıkması, sosyal sistemlerde zekayla artan bir karmaşıklaşmayla birlikte gelişmiştir. “Hayatın esasında zekayı temel aldığı ve zekanın pratik hayatın içinde zihinsel enerjilerimizin en değerlisi olarak kabul edildiği düşüncesi, ... bir para ekonomisinin büyümesiyle el ele gider. Zeka aynı zamanda, ticaret ve özellikle mali işlemler alanında da kuşkuyla yer bırakmayacak ölçüde egemendir. Entelektüel yeteneklerin ve soyut düşüncenin gelişmesi paranın giderek tam bir sembol ve kendi içkin değeri bakımından önemsiz hale geldiği çağı niteler” (Simmel, 2014: 124).

Yükselen akıl çağı ile birlikte takas ekonomisi değişmiş paranın sembolik değerinin insan zihnindeki anlamı da bir dönüşüme uğramıştır. Para baştaki şekliyle yani daha ilkel sosyal ve ekonomik yapılanmalarda taşıdığı sembolik değer çok daha soyut bir biçimine modern akıl çağında ulaşmıştır. Bu dönemde de para sembolik bir değere sahiptir ancak karşılık geldiği nesnelere çok daha fazla artmış göstermiştir. Aynı zamanda modern akıl çağında yeni bir insan tipi ortaya çıkmıştır. Bu insan tipi her şeyi aklıyla ölçen yeni modern insandır. Bu çağın ekonomik döngüsünde her şeyin soyut bir değer

olan para karşısında eşitlenmesi paranın metal veya kağıt para olarak da anlamının değişmesine neden olmuştur.

Gerçek dünyanın üzerinde uçuşan ve şüphesiz o dünyayı yöneten değerler dünyası görünüşte bağlantısız olmakla birlikte, para tarafından “saf form”unda temsil edilir... Diğer değer türlerinin hiçbiri bu bakımdan ekonomik değerlerden daha elverişli biçimde yerleşmemiştir. Dini değerler rahiplerde ve kiliselerde, etik-sosyal değerler yönetimlerde ve devlet gücünün görülebilir kurumlarında, bilginin değerleri ise mantık normlarında cisimleştirilir; fakat bunların hiçbiri ekonomik değerlerin somut olarak değerli nesnelere ya da süreçlerden ayrıldığı kadar birbirinden ayrılmaz; hiçbiri somut olarak değerli nesnelere ya da süreçlerden ekonomik değerlerden daha fazla ayrılmaz; hiçbiri değer somut taşıyıcısından daha bütünlüklü değildir; hiçbiri bütün değerler dünyasını böylesine sadık biçimde yansıtmaz (Simmel, 2014: 130, 131).

Dünyanın modern dönemdeki para döngüsü ve para ekonomisi takas ekonomisinden sonra paranın diğer nesnelere denk şekilde görülmesiyle mümkün olabilmektedir. Karmaşık modern ekonomide mübadele araçları diğer dönemlere kıyasla çok daha önemli bir ihtiyaç halinde gelmiştir. Dolayısıyla paranın bu ekonomik sistemdeki yaygın kullanımının sembol olarak bütün mallar ve değerler arasındaki eşitleme sembolü haline gelmesine neden olmuştur. Bu sembolik değer zamanla satın alma gücünün önemi ile birlikte, mübadele değerinin de üstünde başlı başına bir değer haline gelmiştir. Para bir değişim aracı olarak nesnelere eşitleyen ve ekonomik döngü içinde dengeleyen somut bir değer haline gelmiştir.

Paranın gelişimi asla ulaşılamayan saf bir ekonomik değer sembolü idealine doğru bir çabalamadır. En başta, hatırlamak durumunda olduğumuz gibi, para bütün diğer değer nesnelere aynı serilere aittir ve onun somut maddi değeri bunlarla dengelenir. Mübadele araçlarına ve değer standartlarına ihtiyaç duyulmasıyla birlikte, giderek değer eşlikleri arasındaki bağlantı bu eşitlikleri ifade eden bir sembole dönüşür ve böylece kendi mübadelesinin değerinden daha da bağımsız hale gelir. Gene de para, maddi ve öze ilişkin bir değer kalıntısını başından atamaz. Bunu yapısında olan nedenlerden ötürü değil, ekonomik tekniğin bazı

eksiklikleri nedeniyle yapamaz. Bunlarda biri parayla bir değişim aracı oluşturma zorunluluğudur (Simmel, 2014: 131).

Simmel'e göre para yaşam akışı içinde kullandığımız tüm metalarla değiştirilebilir ve onlarla sembolik olarak eşitlenebilir bir nesne olması itibariyle değerli ve önemlidir. Para soyut bir değişim aracı olarak toplumsal alanda herhangi bir zaman diliminde diğer metaların değişim değerini temsil ettiğinden kullanım değeri itibariyle zamanın üstünde bir öneme sahiptir. Dolayısıyla metalara biçilen roller ve onların değeri ile artan veya azabilen onların karşılığı bir sembol iken zamanla onların üstünde bir değer haline gelir. Elimizde tutabildiğimiz her zaman arzu edilen metaların karşılığını tanımlayan ancak kullanmak zorunda kalmadığımız bir zenginlik, güvence kaynağı olarak metaların değerinin üstüne çıkar. Para bu yönüyle soyuttur, zamandan bağımsız şekilde dolaşımda olan arz ürünlerinden daha değerlidir.

Bütün bu geniş metalar serisi ancak değerle, yani paraya mübadele edilebilir... Paranın soyut bir araç olarak sağladığı seçme fırsatı sadece herhangi bir zamanda sunulan mallara değil, onun kullanılabilceği tarihe de uygulanır. Bir metanın değeri, basitçe kullanım momentindeki pratik önemiyle belirlenmez. Kullanım zamanını seçme konusunda görelî özgürlük, metaya biçilen değeri önemli ölçüde arttırabilen ya da azaltabilen bir faktördür. Bu tercih imkanlarının birincisi farklı kullanımların bir arada var olmasından, ikincisi alternatif kullanımların zaman içinde varoluşundan kaynaklanır. Diğer her şey sabit kaldığında, doğrudan kullanabileceğim ama kullanmak zorunda olmadığım meta daha değerlidir (Simmel, 2014: 191). Metal paranın yerini giderek kağıt paranın alması ve çeşitli kredi formları kaçınılmaz biçimde paranın karakterini etkiler. Bu durum kabaca kişisel ilişkilerde birinin başkası tarafından temsil edilmeye izin vermesi ve kişinin temsil edilen kadar itibarlı olmasını andırır. Paranın fonksiyonel değeri onun bir töz olarak sahip olduğu değeri aştıkça paranın yerine getirdiği görevler daha kapsamlı hale gelir, çeşitlenir ve paranın dolaşım hızı artar (Simmel, 2014: 115).

Simmel'e göre modern ekonomide paranın yükselen bir değer haline metalden daha soyut, çok daha kapsamlı bir temsiliyet gücüne sahip olmasıdır. Bir insanda paranın varlığı sadece metalara ulaşma gücünü ifade etmez. Bu metalara her an, her yerde ulaşma

gücünün üstünde farklı bir çok hizmeti ve görevi yaptırabilme gücünü de temsil eder. Bu anlamda para sadece meta ile eşitlenmiş bir değeri değil, her an ve her şekilde satın alma gücünü temsil ettiğinden bir zenginlik sembolüdür. Ve bu onun tüm nesne ve değerler üstünde bir güç haline gelmesine neden olmuştur.

“Paranın, belirli bir kategorinin bir örneğini kolaylıkla tedarik edebilme imkanı, bu kez nesneyi para karşısında değersizleştirir, para nesnenin üzerinde hakim bir güç olarak ortaya çıkar; buna karşı bir bütün olarak nesne sınıfının önemi parayla ölçülemez ve paraya nazaran o, tek bir örneğin kolayca elde edilebileceği, çoğu kez dikkatimizden kaçan bağımsız bir değere sahiptir. Ne var ki, pratik ekonomik çıkarlarımız neredeyse sadece tekil birimlerde ya da sınırlı sayıda birimde kaldığı için, nesnelere karşısında diğer duygumuz ölçüsünü parada bulmaya meyyaldir. Ama bu, belirgin biçimde, elde metalleri bulundurmaktansa para bulundurma hususundaki ağırlıklı menfaatle karşılıklı etkileşim içindedir (Simmel, 2014: 195).

Modern çağda karmaşıklaşmış bir ekonomik sistemde paranın soyut, zamandan bağımsız ve evrensel olan bu temsiliyeti en büyük güç haline gelmiştir. Bu çerçevede para sadece metalara ulaşma aracı değil, her daim her hizmeti ve ürünü alabilme gücü, zamandan bağımsız bir satın alma imkanı ile bir prestij nesnesi haline de gelmiştir. Dolayısıyla zaman ve mekandan bağımsız şekilde paranın varlığı zaten en başta bir potansiyel olarak en büyük güç ve prestij göstergesidir. Bu yönüyle de modern çağda para yükselen değerlerin birçoğunun üstüne çıkmıştır. “Saf bir enstrüman olarak para spesifik bir kullanım için hiçbir spesifik niteliğe sahip olmadığı, sadece bir somut değerler elde etme aracı olduğu ve parayı kullanma fırsatı herhangi bir zamanda herhangi bir nesne için söz konusu olan kadar büyük olduğu için, onların mümkün en yüksek sentezini temsil eder” (Simmel, 2014: 192).

Değişen değer anlayışı içinde modern dönemde paranın nasıl yükselen bir güç haline geldiğini ve değerler skalası içinde en yükseğe çıktığını gösteren en çarpıcı araştırmalardan biri psikolog Jean Twenge’in gençler üzerine yaptığı nesiller araştırmasıdır. Twenge yaptığı araştırmada modern çağda paranın Amerikan gençliğinin değer anlayışında neredeyse zirvedeki rakipsiz tek güç olduğunu ortaya koymaktadır. “1976’da lise son sınıf öğrencilerinin %16’sı “çok paraya sahip olmak” ifadesi için “son derece önemlidir” seçeneğini işaretlemişti.

Bu oran 2006’da %26’ya ulaştı. Lise öğrencileri “iyi maaşlı bir içe sahip olmak” ifadesinin “ahlaklı ve onurlu olmak” ifadesinden daha önemli olduğunu söylediler. Pew Araştırma Merkezi kısa bir süre önce 18-25 yaş arasındakilere kuşaklarının en önemli hedeflerini sorduğunda %81’i “zengin olmak” dedi. Bu oran “ihtiyacı olanlara yardım etmek” diyenlerin iki katından fazla “bir toplulukta lider olmak” diyenlerin dört katı ve “daha çok manevi değerlere sahip olmak” diyenlerinse sekiz katıydı. 1967’de üniversite birinci sınıf öğrencilerinin %45’i “maddi olarak iyi duruma gelmek” önemlidir demişken bu sayı 2006’da %75’e yükseldi... 90’lı yılların sonlarında Amerikalılar ayakkabılara mücevhere ve saatlere (80 milyar dolar) yüksek eğitimden (65 milyar dolar) daha fazla para harcadılar. 20 yaş altı kızlar %98 gibi inanılmaz bir oranda en sevdikleri faaliyetin alışveriş yapmak olduğunu söylüyor (Twenge, 2010: 231).

Kaynak:

Aydın, Ö, D, (2014), “Paranın Felsefesi”, Çeviri: Yavuz Alogan, Öykü Didem Aydın, İthaki Yayınları, İstanbul

Gürhan, N, Çetin, A, (2025), “Özgürlükten Bıkkınlığa: George Simmel’in Sosyolojik Perspektifinde Kent ve Duygu İlişkisi”, Gaziantep University Journal Of Social Science, Volume: 24, Issue: 2

Seyyar, A, Aysoy, M, (2023), “George Simmel’in Şehir Sosyolojisi Bağlamında Modern Topluma Yönelik Düşünceleri”, Hakİş Uluslar arası Emek ve Toplum Dergisi, Cilt: 12, Yıl: 12, Sayı: 33

Simmel, G, (2014), Paranın Felsefesi”, Çeviri: Y. Alogan, Ö. D. Aydın, İthaki Yayınları, İstanbul

Twenge, J, C, (2010), “Asrın Vebası Narsisizm İleti”, Çeviri: Öz. Korkmaz, Kaknüs Yayınları, İstanbul

MƏKTƏBİN İDARƏ OLUNMASINDA ÖZÜNÜAUDİTİN ROLU

THE ROLE OF SELF-AUDITION IN SCHOOL MANAGEMENT

Nazile Abdullazade

associate professor

Azerbaijan State Pedagogical University

pedaqogika üzrə fəlsəfə doktoru, dosent

Azərbaycan Dövlət Pedaqoji Universiteti

<http://ORCID.org/0000-0002-1829-7178>

nazile.s.m.d@mail.ru

ÖZET

Audit bir təşkilatın (bu halda məktəbin) fəaliyyətinin müəyyən edilmiş meyarlara, qanunvericiliyə və ya daxili qaydalara nə dərəcədə uyğun olduğunu müstəqil şəkildə yoxlamaq və qiymətləndirmək prosesidir. Məktəb kontekstində audit maliyyə auditi – məktəbin maliyyə sənədlərinin, xərclərinin və gəlirlərinin düzgünlüyünün yoxlanılması, inzibati audit – idarəetmə proseslərinin, sənəd dövriyyəsinin və kadr siyasətinin effektivliyinin qiymətləndirilməsi, təhsil audit – təlim-tərbiyə prosesinin keyfiyyətinin, nəticələrinin, kurikulumun tətbiqinin və müəllim heyətinin işinin qiymətləndirilməsini ehtiva edir.

Özünüaudit isə məktəbin öz daxili heyəti tərəfindən həyata keçirilən, öz fəaliyyətinin güclü və zəif tərəflərini müəyyən etmək üçün aparılan sistemli təhlil və qiymətləndirmə prosesidir. Özünüaudit məktəbin öz ehtiyaclarını və inkişaf sahələrini aşkar etməsinə kömək edir, xarici auditə daha yaxşı hazırlaşmağa imkan verir, təhsil prosesinin və idarəetmənin keyfiyyətini davamlı olaraq yoxlamağa və yaxşılaşdırmağa şərait yaradır. Özünüaudit adətən daha çevik olur və məktəbin inkişaf planının hazırlanmasında əsas rol oynayır.

Ümumtəhsil məktəblərində özünüaudit sistemi qanunvericilikdə qüvvədə olan normativ-hüquqi sənədlər əsasında təşkil olunur və aparılır. Özünüaudit qurumunun yaradılması mümkünlüyü qüvvədə olan həm qlobal, həm də ölkəmiqyaslı normativ-hüquqi sənədlər, o cümlədən standartlar əsasında təşkil edilməsi və aparılmasını diqqət mərkəzində olur. “Özünüaudit məktəbdaxili nəzarəti gücləndirmək, mövcud qüvvələri səfərbər etməklə təhsildə keyfiyyətin təminatına nail olmaq üçün: şərtlərə və standartlara uyğunluq; tələblərin ödənilməsi; məqsədlərə uyğunluq; davamlı uğur; inkişaf etdirilən proqram; nəzərdə tutulan məsələləri nöqsansız yerinə yetirmə; ölçülə bilən standart; istifadəyə uyğunluq kimi bir sıra öhdəlikləri hədəfləyir. Özünüaudit ümumtəhsil məktəblərinin idarə olunmasının keyfiyyət göstəricisi, təhsilin keyfiyyətinin yüksəldilməsi vasitələrindən biridir”.

Azərbaycan təhsil sistemində özünüaudit təcrübəsi Türkiyə və Rusiya təcrübəsi əsasında müqayisə edilərək təkmilləşdirilir. Xarici ölkələrdə özünüaudit modelləri ilə tanışlıq özəl məktəblərdə bu prosesin təşkili və həyata keçirilməsinə imkan verir. Bu mənada özəl məktəblərdə özünüaudit təhsilin keyfiyyətinin yüksəlməsinə daha ciddi təsir edir və valideynlərin uşaqlarının özəl məktəblərdə oxumalarına üstünlük vermələri səbəbi də bununla bağlıdır.

Özünüaudit məktəbin idarədilməsində təhsilin və tərbiyənin keyfiyyətinə təsir etməklə yanaşı, bu prosesdə çatışmazlıqlar da özünü göstərir. Belə ki:

- audit və özünüaudit sistemində əzarətin real təhsil prosesinin keyfiyyətinə və şagirdlərin bilik səviyyəsinin dərinliyinə deyil, sənədyönümlülüyüə kökləndiyi məlumdur;
- müəllimlər və rəhbər şəxslər özünüaudit prosesinə cəlb olunduqda tədrisdən yayınma halları baş verir;
- auditin nəticələri əsasında irəli sürülən tövsiyələrin tətbiqi üçün adekvat mexanizmlərin olmaması;
- bəzən audit nəticələrindən nöqsanları düzəltmək, inkişafa təkan vermək əvəzinə, cəza vasitəsi kimi istifadə olunur və s

Açar sözlər: məktəb, audit, özünüaudit, prinsiplər, təhsil, tərbiyə, keyfiyyət.

AHMET ÜMİT ROMANLARINDA İSTANBUL’UN MEKANSAL KURGUSU VE EDEBİYAT TURİZMİ POTANSİYELİ

Dr. Elanur MUTLU¹

¹ elanurmutlu@gmail.com – 0000-0002-4157-9245

ÖZET

Bu çalışma, edebiyat turizmi olgusunu Ahmet Ümit’in romanlarındaki İstanbul tasvirleri üzerinden ele almakta ve bu tasvirlerin turizm gelişimi açısından taşıdığı potansiyeli ortaya koymayı amaçlamaktadır. Edebiyat turizmi, yazarlara, kurgusal karakterlere veya edebi eserlere konu olan mekânların ziyaret edilmesi olarak tanımlanmakta ve kültürel miras turizminin alt dallarından biri olarak değerlendirilmektedir. Uluslararası literatürde bu kavram; yazar odaklı turizm, kurgu odaklı turizm, festival ve etkinlik temelli turizm gibi çeşitli tipolojilerle sınıflandırılmaktadır. Bu çalışma, söz konusu tipolojilerden özellikle kurgu ve yazar odaklı turizm boyutuna odaklanmaktadır. Çalışmada, Ahmet Ümit’in *İstanbul Hatırası*, *Beyoğlu Rapsodisi* ve diğer eserlerinde geçen mekânların tematik ve mekânsal işlevleri analiz edilmiştir. Ümit’in eserlerinde İstanbul yalnızca bir arka plan değil, anlatının adeta bir karakteri olarak kurgulanmakta; tarihi yarımadadan Beyoğlu’na, surlardan mezarlıklara kadar uzanan çok sayıda mekân olay örgüsünün akışını belirleyen ana unsurlar hâline gelmektedir. Bu anlatıların, edebiyatseverler için bir “edebi rota” oluşturduğu ve okurun mekânla kurduğu duygusal bağı güçlendirdiği görülmektedir. Çalışma, bu mekânların edebiyat turizmi kapsamında değerlendirilerek turistik ürünlere dönüştürülmesinin İstanbul’un destinasyon markalaşmasına katkı sunabileceğini tartışmaktadır. Edebi yürüyüş rotaları, dijital haritalar, sesli rehberler ve tematik turlar gibi uygulamaların geliştirilmesinin kültürel turizm çeşitliliğini zenginleştireceği vurgulanmaktadır. Ayrıca, bu tür bir gelişimin yalnızca turizm gelirlerini artırmakla kalmayıp, kentin kültürel mirasının korunmasına da katkı sağlayabileceği öne sürülmektedir. Sonuçta, yerel yönetimler, turizm işletmeleri ve kültürel kurumlar arasında kurulacak iş birliğinin sürdürülebilir turizm politikalarıyla

uyumlu olması gerektiği savunulmakta; İstanbul'un hem edebiyatseverler hem de genel ziyaretçiler için daha anlamlı ve deneyim odaklı bir destinasyona dönüşmesi hedeflenmektedir.

Anahtar Kelimeler : Edebiyat Turizmi, Ahmet Ümit, İstanbul, Mekansal Kurgu

THE LITERARY TOURIST APPEAL OF AHMET UMIT'S NOVELS AND SPATIAL CONSTRUCTION OF ISTANBUL IN THEM

Dr. Elanur MUTLU¹

¹ elanurmutlu@gmail.com – 0000-0002-4157-9245

ABSTRACT

This research looks at the literary depiction of Istanbul in the novels of Ahmet Ümit and attempts to illustrate the opportunities these representations offer for developing tourism. In the international literature, literary tourism is explained as travelling to places associated with the authors, the characters and the works, and is considered to be a subclass of cultural heritage tourism. In this regard, the typological categorization of author tourism, fiction tourism, and festival/event tourism is often encountered. This research, however, is positioned in the author and fiction tourism semicircles. The analysis investigates the thematic and spatial aspects of places in Ümit's works, such as İstanbul Hatırası and Beyoğlu Rapsodisi. These novels present a very different inclusion of the city in the narrative, as the author goes to great lengths to ensure the city is not just a backdrop for the story but rather a fully fledged character in the story, with the historic peninsula, Beyoğlu, the city walls and even the mosaics of the city tombs forming the bones of the narrative. Such visions of a city create for the reader a form of 'literary journey', a stimulation of the mind that arises from a deep emotional connection to the city. The argument claims these sites could be turned into tourist attractions, thus enhancing Istanbul's destination branding and diversifying its cultural tourism offer. The

proposal suggests developing literary walking routes, digital maps, and audio guides, along with thematic tours, to provide a more fulfilling experience. In addition, these initiatives would generate additional tourism revenue and promote public education and stewardship of the city's cultural heritage. Finally, the study calls for cooperation between local authorities, tourism businesses, and cultural organizations. Rather, this cooperation should promote Istanbul's sustainable tourism policies to provide these visitors, along with other literary and non-literary tourists, with an experience-rich destination.

Keywords: Literary Tourism, Ahmet Ümit, Istanbul, Spatial Narrative

AGROTURİZM YOLUYLA YAYLA KÜLTÜRÜNÜN CANLANDIRILMASI: KÜLTÜREL VE MEKANSAL BİR DEĞERLENDİRME

Dr. Elanur MUTLU¹

¹ elanurmutlu@gmail.com – 0000-0002-4157-9245

ÖZET

Bir zamanlar hayvancılık, tarım ve mevsimlik göçlerle sürdürülen kendi kendine yeterli bir yaşam biçiminin temsili olan yayla kültürü, güçlü toplumsal bağlar ve köklü bir tarih bilinciyle desteklenmekteydi. Bu çalışma, geleneksel yayla kültürünün son yıllarda turistik destinasyonlara dönüşüm süreciyle birlikte üretim ve yaşam odaklı işlevini yitirmesini irdelemekte ve agroturizmin bu kültürün canlandırılmasındaki potansiyel rolünü incelemeyi amaçlamaktadır. Yayla kültürü geçmişte hayvancılık, tarım ve mevsimlik göç pratikleri etrafında şekillenen, güçlü toplumsal dayanışma ve kültürel hafıza barındıran bir yaşam biçimiydi. Ancak yaylaların turizm baskısı altında rekreasyon ve kısa süreli ziyaret alanlarına dönüşmesi, kültürel mirasın aktarımında kesintilere yol açmaktadır. Çalışmada nitel bir yaklaşım benimsenmiş; öncelikle agroturizm kavramı ve literatürdeki tanımları incelenmiş, ardından agroturizmin yaylalarda uygulanabilecek etkinlikler üzerinden yerel topluluklara sağlayacağı ekonomik ve sosyo-kültürel katkılar değerlendirilmiştir. Bulgular, agroturizmin yalnızca turistik bir ürün değil, aynı zamanda kültürel mirasın korunması ve kırsal kalkınmanın desteklenmesi için önemli bir araç olduğunu göstermektedir. Bu doğrultuda, agroturizm uygulamaları yaylaların yalnızca turistik cazibe merkezleri olmaktan çıkıp yaşayan kültürel mekanlar olarak varlığını sürdürmesine katkıda bulunabilir. Sonuç olarak, planlama süreçlerinde paydaş iş birliği, ekolojik denge ve taşıma kapasitesi dikkate alınarak sürdürülebilir turizm politikalarının geliştirilmesi önerilmektedir.

Anahtar Kelimeler : Agroturizm, Yayla Kültürü, Kırsal Turizm, Kültürel Miras

REVITALIZING HIGHLAND CULTURE THROUGH AGRITOURISM: A CULTURAL AND SPATIAL ASSESSMENT

Dr. Elanur MUTLU¹

¹ elanurmutlu@gmail.com – 0000-0002-4157-9245

ABSTRACT

The remaining cultural highlands of the world used to embody a holistic, self-sufficient cycle of life formed around pastoralism, agriculture, seasonal movements, strong social relations, and a vivid memory of their past. This particular work focuses on the loss of the productive and sustenance-generating dimensions of traditional highland culture, which has increasingly become touristic destinations and seeks to determine the intricate working of agritourism in the potential revitalization of this culture. Animal husbandry, agriculture, and cultural recollection. The cultural highlands of the world, when constructed for recreational and shallow short-term tourism, erode the transmission of other people's cultural legacies. This study utilized qualitative methods; initially analyzing agritourism and its associated concepts in available literature, then gauging possible economic and socio-cultural impact of agritourism activities in the highlands. Results suggest that agritourism is much more than a touristic product; it also serves as a mechanism for cultural preservation and rural enhancement. Thus, agritourism activities have the potential of changing highlands from passive tourist hubs to active living cultural centers. As a final point, it is critical to emphasize that the planning of tourism to highlands should rest upon the building of collaborative and ecologically balanced frameworks for tourism development.

Keywords: Agritourism, Highland Culture, Rural Tourism, Cultural Heritage

RİTÜELDEN ESTETİĞE: HİTİTLERDE EVLİLİK GELENEKLERİNİN GÜNÜMÜZ ANADOLU KÜLTÜRÜ VE SANATINDAKİ İZLERİ

MEB, Doktora Öğrencisi, Uzm. Ahmet Göktuğ Kılıç¹, MEB, Merve Bakır²

¹ Gazi Üniversitesi, Eğitim Bilimleri Enstitüsü, ahmetgoktugkiloc34@gmail.com - 0000-0002-2831-789X

² Yıldız Teknik Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, sosyalmerve75@gmail.com - 0009-0002-1722-3561

ÖZET

Anadolu'nun en eski uygarlıklarından biri olan Hititler, sosyal ve kültürel yaşamda bıraktıkları izlerle günümüz Anadolu kültürünün oluşumuna önemli katkılar sağlamıştır. Hititlerden sonra Anadolu farklı uygarlıkların etkisi altına girmiş olsa da, Hitit kültürüne ait bazı gelenekler halk tarafından içselleştirilmiş, kuşaktan kuşağa aktarılmış ve günümüze kadar varlığını korumuştur. Bu çalışmanın amacı, Hititlerin evlilik geleneklerini günümüz Anadolu kültürüyle karşılaştırmalı olarak incelemek ve ritüel öğelerin estetik bir boyut kazanarak süreklilik gösterdiğini ortaya koymaktır. Araştırmada etnografik yöntemlerden **tarihsel yöntem** kullanılmıştır. Tarihsel yöntem; geçmişte meydana gelen olay, olgu ve durumların eleştirel bir bakışla incelenmesini, yorumlanmasını ve sentezlenmesini sağlayarak bilgi üretmeyi hedefler. Bu bağlamda Hitit dönemine ait evlilik ritüelleri yazılı belgeler, arkeolojik bulgular ve ikonografik veriler üzerinden değerlendirilmiş; günümüz Anadolu düğün gelenekleriyle karşılaştırılmıştır. Elde edilen bulgular, Hititlerden günümüze uzanan belirli geleneklerin sürekliliğini göstermektedir. Gelinin baba evinden davul ve zurna eşliğinde uğurlanması, evlilik törenlerinde koç ya da boğa adama geleneği, “beşik kertmesi” uygulaması, kız isteme ve nişan merasimi, “iç güveysi” olarak adlandırılan damadın kız ailesinin yanında yaşaması, başlık parası, düğün gecesinde geline takı ve gerdanlık takılması gibi unsurlar dikkat çekmektedir. Bu ritüeller, Anadolu toplumunda hem sosyal ilişkileri düzenleyen hem de sanatsal ve estetik boyut kazanan kültürel pratikler olarak karşımıza çıkmaktadır. Sonuç olarak, Hititlerden günümüze aktarılan evlilik gelenekleri, Anadolu coğrafyasında kültürel belleğin sürekliliğini göstermektedir. Bu çalışma, evlilik ritüellerinin yalnızca toplumsal bir kurum olarak değil, aynı zamanda estetik ve sanatsal bir ifade biçimi olarak da değerlendirilmesi gerektiğini ortaya koymaktadır.

Anahtar Kelimeler: Hititler, Anadolu Kültürü, Evlilik Gelenekleri, Ritüel, Estetik.

ENERGY DIPLOMACY AND GEOPOLITICAL LEVERAGE: RUSSIA–IRAN COOPERATION IN THE MIDDLE EAST

Khalid, Muhammad Munib ¹

Minhaj University Lahore. Faculty of Social Sciences & Humanities, School of Political
Science, Lahore, Pakistan.

¹ORCID ID: <https://orcid.org/0009-0008-1299-3448>

munibkhalid@mul.edu.pk, +92-320-4979509:

ABSTRACT

The shifting dynamics of global energy markets and the reconfiguration of power in the Middle East have amplified the strategic partnership between Russia and Iran. This study seeks to examine the contours of Russia–Iran cooperation through the lens of energy diplomacy and its broader geopolitical implications. The purpose is to analyze how both states leverage their hydrocarbon resources and mutual strategic interests to counterbalance Western influence, reinforce regional clout, and redefine the architecture of Middle Eastern geopolitics. This research employs a qualitative approach grounded in geopolitical analysis and international relations theory. The primary materials include bilateral agreements, official energy cooperation statements, and government reports from Russian and Iranian sources. Secondary data is drawn from peer-reviewed journal articles, expert policy analyses, and energy market databases. The study is theoretically underpinned by the concepts of neo-realism and resource geopolitics, providing a robust framework to interpret state behavior and alliance formation. The analysis reveals that Russia and Iran have developed a pragmatic and strategic partnership focused on cooperation in gas and oil sectors, nuclear energy, and infrastructure development. Both countries have coordinated stances within OPEC+ and have increasingly aligned their positions on regional conflicts, such as Syria and the Caucasus. This cooperation has enabled them to resist Western sanctions, challenge U.S. dominance in the region, and project influence in emerging energy corridors like the Caspian Sea and the Persian Gulf. The findings suggest that energy diplomacy is not merely an economic tool but a central pillar of Russia–Iran geopolitical strategy in the Middle East. Their collaboration represents a convergence of strategic autonomy, anti-Western alignment, and shared interests in shaping a multipolar regional order. The study concludes that this partnership is likely to endure and expand, particularly as global energy competition intensifies and traditional alliances continue to fragment in the wake of shifting geopolitical currents.

Keywords

Russia–Iran Relations; Energy Diplomacy; Geopolitical Strategy; Middle East Security; Neo-Realism

THE RELATIONSHIP BETWEEN RECREATIONAL ACTIVITY MOTIVATION AND AWARENESS IN YOUNG ADULTS

Research Assistant Alper Kaya¹, Dr. Hasan Suat Aksu²

¹Necmettin Erbakan University, Faculty of Tourism, akaya@erbakan.edu.tr - 0000-0002-0364-4122

²Selçuk University, Faculty of Tourism, gazihasansuat@gmail.com - 0000-0001-8196-129X

ABSTRACT

Recreational activities are considered experiential domains that positively influence the lives of young adults. The levels of activity motivation and recreational awareness within these activities can directly affect the outcomes of recreation. Particularly for young adults, examining the relationship between participation motivation and recreational awareness is important for the planning and implementation of recreational activities. Therefore, this study aimed to determine the relationship between activity motivation and recreational awareness among young adults who participate in recreational activities. The study was designed based on quantitative research methods and conducted using a correlational survey design. To determine participants' motivations for participating in recreational activities, the "Recreational Activity Motivation Scale (RAMS)" was used, while the "Recreational Awareness Scale (RAS)" was employed to assess their level of recreational awareness. The study population consisted of students at Selçuk University, and the sample included students who regularly participated in recreational activities during the 2025–2026 academic year. A total of 412 individuals participated in the study. A normality test was conducted to assess whether the data followed a normal distribution, and the results indicated that the data were normally distributed. To identify whether the measurement tools produced significant differences across variables, t-tests were performed. In addition, Pearson correlation analysis was used to examine the relationship between the measurement tools. The research findings showed that demographic variables produced significant differences in the measurement tools, and that there was a moderate positive correlation between activity motivation and recreational awareness. Consequently, it can be concluded that increased levels of recreational awareness among young adults participating in recreational activities also lead to higher levels of activity motivation.

Keywords: Activity Motivation, Recreational Awareness, Leisure.

1. INTRODUCTION

Emerging adulthood is considered a critical developmental period during which individuals make significant decisions regarding identity, career, social relationships, and lifestyle. The habits acquired during this period form the foundation for behavioral patterns that may persist throughout one's life. The time young adults spend in a university setting is viewed as a crucial context in shaping these patterns. In particular, leisure time usage and the recreational activities carried out during this time significantly influence individuals' psychological well-being, level of social interaction, and overall life satisfaction (Arnett, 2000; Caldwell, 2005; Mannell & Kleiber, 1997).

Given the considerable impact of recreational activities on young individuals' development, it is essential to examine the forms of participation and the psychological variables that drive such participation. Participation motivation is a key psychological construct that explains why individuals engage in an activity and what drives them to do so. It is typically discussed under the dimensions of intrinsic motivation, extrinsic motivation, and amotivation. Intrinsic motivation refers to participation driven by internal factors such as pleasure, curiosity, and the desire to learn; extrinsic motivation refers to engagement influenced by external factors such as social approval, rewards, or obligations. Amotivation, on the other hand, refers to participation without any sense of purpose or meaning, or the absence of participation altogether (Deci & Ryan, 1985; Vallerand, 1997). Understanding the type of motivation that drives young adults' engagement in activities is important in terms of the quality and sustainability of their recreational experiences.

Recreational awareness refers to an individual's level of consciousness regarding the concepts of leisure and recreation, as well as the impact of these concepts on quality of life (Ekinçi & Özdilek, 2019). Awareness is not limited to merely participating in an activity; it also includes recognizing the social, psychological, and physical benefits of the activity and the ability to integrate these benefits into one's daily life. A high level of recreational awareness not only enables individuals to participate more consciously in activities but also contributes to increased satisfaction derived from those activities (Henderson & Ainsworth, 2003). Therefore, a mutually reinforcing relationship between awareness and motivation levels is noteworthy.

In this context, identifying the relationship between university students' motivation to participate in recreational activities and their level of awareness regarding these activities holds both theoretical and practical significance. Accordingly, this study aimed to examine the relationship between recreational awareness and activity participation motivation among young adults who regularly engage in recreational activities. In line with the purpose of the study, the following research questions were addressed:

- Do participants' demographic variables lead to significant differences in the measurement tools?

- Is there a significant relationship between the measurement tools?

2. METHOD

2.1. Research Design

Since the aim of this study was to determine the relationship between recreational awareness and activity motivation among young adults who regularly participate in recreational activities, a correlational survey design was employed. The correlational survey model is commonly used to identify the fundamental relationship between two or more variables (Büyüköztürk, 2014).

2.2. Population and Sample

The population of the study consisted of university students enrolled at Selçuk University during the 2025–2026 academic year. In that academic year, Selçuk University had a total of 69,178 actively enrolled students. To represent the population with 95% confidence and a 5% margin of error, the minimum required sample size was calculated as 383 (SurveyMonkey, 2025).

In this study, data were collected from a total of 435 individuals; however, due to incomplete or incorrectly filled forms, 23 responses were excluded. Consequently, the final sample consisted of 412 participants. A convenience sampling method was used, and only young adults who regularly engage in recreational activities were included in the study.

Table 1. Demographic Characteristics of the Participants

Variables		n	%
Gender	Female	217	52,6
	Male	195	47,4
Type of Participation in Recreational Activities	Active	188	45,7
	Passive	224	54,3

According to Table 1, it was found that 52.6% of the participants were female, and 54.3% participated actively in recreational activities.

2.3. Data Collection Instruments

In the study, a personal information form developed by the researchers included the variables of gender and type of participation in recreational activities (active–passive). To assess participants' recreational awareness levels, the Recreational Awareness Scale (RAS) was used. To measure their motivation for participating in recreational activities, the Recreational Activity Participation Motivation Scale (RAPMS) was employed.

The Recreational Awareness Scale (RAS) was developed by Ekinci and Özdilek (2019) and consists of three subdimensions: Self-Development, Social-Success, and Pleasure-Fun. The scale includes 41 items and follows a 5-point Likert-type structure ranging from

“1 = Strongly Agree” to “5 = Strongly Disagree.” In this study, the Cronbach's alpha coefficients for the total scale and its subdimensions ranged between .77 and .85, indicating acceptable reliability.

The Recreational Activity Participation Motivation Scale (RAPMS) was developed by Özant et al. (2024) and includes 38 items across four subdimensions: Intrinsic Motivation, Benefit, Amotivation, and Extrinsic Motivation. The scale also uses a 5-point Likert format ranging from “1 = Strongly Disagree” to “5 = Strongly Agree.” The Cronbach's alpha coefficients for this scale ranged from .75 to .89.

2.4. Data Analysis

The data were analyzed using SPSS 24 statistical software. First, normality tests were conducted to determine whether the data were normally distributed. The results showed that the skewness and kurtosis values ranged between +1.5 and -1.5, indicating a normal distribution.

To examine whether there were statistically significant differences between the measurement tools and the variables of gender and type of participation in recreational activities, an independent samples t-test was applied. Additionally, the relationship between the two measurement tools was examined using Pearson correlation analysis.

3. FINDINGS

Table 2. Independent Samples t-Test Results by Gender Variable

Measurement Instruments	Gender	n	x	Ss	t	p																																																															
RAS – Pleasure and Fun	Female	217	3,45	0,52	1,14	0,001*																																																															
	Male	195	3,08	0,70			RAS – Social and Success	Female	217	3,35	0,82	0,84	0,003*	Male	195	3,03	0,94	RAS – Self-Development	Female	217	3,69	0,60	-0,24	0,000*	Male	195	3,36	0,48	RAPMS – Intrinsic Motivation	Female	217	3,59	0,67	1,86	0,003*	Male	195	3,34	0,79	RAPMS – Benefit	Female	217	3,16	0,86	-0,66	0,002*	Male	195	3,01	0,99	RAPMS – Amotivation	Female	217	3,24	0,83	0,71	0,054	Male	195	3,03	0,91	RAPMS – Extrinsic Motivation	Female	217	3,46	0,74	-0,46	0,002*	Male
RAS – Social and Success	Female	217	3,35	0,82	0,84	0,003*																																																															
	Male	195	3,03	0,94			RAS – Self-Development	Female	217	3,69	0,60	-0,24	0,000*	Male	195	3,36	0,48	RAPMS – Intrinsic Motivation	Female	217	3,59	0,67	1,86	0,003*	Male	195	3,34	0,79	RAPMS – Benefit	Female	217	3,16	0,86	-0,66	0,002*	Male	195	3,01	0,99	RAPMS – Amotivation	Female	217	3,24	0,83	0,71	0,054	Male	195	3,03	0,91	RAPMS – Extrinsic Motivation	Female	217	3,46	0,74	-0,46	0,002*	Male	195	3,15	0,88								
RAS – Self-Development	Female	217	3,69	0,60	-0,24	0,000*																																																															
	Male	195	3,36	0,48			RAPMS – Intrinsic Motivation	Female	217	3,59	0,67	1,86	0,003*	Male	195	3,34	0,79	RAPMS – Benefit	Female	217	3,16	0,86	-0,66	0,002*	Male	195	3,01	0,99	RAPMS – Amotivation	Female	217	3,24	0,83	0,71	0,054	Male	195	3,03	0,91	RAPMS – Extrinsic Motivation	Female	217	3,46	0,74	-0,46	0,002*	Male	195	3,15	0,88																			
RAPMS – Intrinsic Motivation	Female	217	3,59	0,67	1,86	0,003*																																																															
	Male	195	3,34	0,79			RAPMS – Benefit	Female	217	3,16	0,86	-0,66	0,002*	Male	195	3,01	0,99	RAPMS – Amotivation	Female	217	3,24	0,83	0,71	0,054	Male	195	3,03	0,91	RAPMS – Extrinsic Motivation	Female	217	3,46	0,74	-0,46	0,002*	Male	195	3,15	0,88																														
RAPMS – Benefit	Female	217	3,16	0,86	-0,66	0,002*																																																															
	Male	195	3,01	0,99			RAPMS – Amotivation	Female	217	3,24	0,83	0,71	0,054	Male	195	3,03	0,91	RAPMS – Extrinsic Motivation	Female	217	3,46	0,74	-0,46	0,002*	Male	195	3,15	0,88																																									
RAPMS – Amotivation	Female	217	3,24	0,83	0,71	0,054																																																															
	Male	195	3,03	0,91			RAPMS – Extrinsic Motivation	Female	217	3,46	0,74	-0,46	0,002*	Male	195	3,15	0,88																																																				
RAPMS – Extrinsic Motivation	Female	217	3,46	0,74	-0,46	0,002*																																																															
	Male	195	3,15	0,88																																																																	

*t test, $p < 0,05$

According to Table 2, a statistically significant difference was found in all subdimensions of the Recreational Awareness Scale ($p < 0.05$). Regarding the subdimensions of the Recreational Activity Participation Motivation Scale, no significant difference was found in the “Amotivation” subdimension ($p > 0.05$), whereas significant differences were identified in the other subdimensions ($p < 0.05$).

Table 3. T-Test Results Based on Type of Participation in Recreational Activities

Measurement Instruments	Type of Participation in Recreational Activities	n	x	Ss	t	p
RAS – Pleasure and Fun	Active	18	3,6	0,5	1,23	0,009 *
	Passive	8	5	5		
RAS – Social and Success	Active	22	3,2	0,7	1,24	0,001 *
	Passive	4	1	2		
RAS – Self-Development	Active	18	3,2	0,8	0,87	0,000 *
	Passive	8	4	3		
RAPMS – Intrinsic Motivation	Active	22	3,0	0,9	0,86	0,002 *
	Passive	4	9	1		
RAPMS – Benefit	Active	18	3,6	0,6	-	0,003 *
	Passive	8	7	2		
RAPMS – Amotivation	Active	22	3,4	0,7	0,49	0,066
	Passive	4	8	9		
RAPMS – Extrinsic Motivation	Active	18	3,7	0,6	-	0,001 *
	Passive	8	7	8		
RAPMS – Amotivation	Active	22	3,4	0,8	0,20	0,066
	Passive	4	1	0		
RAPMS – Extrinsic Motivation	Active	18	3,3	0,8	1,68	0,001 *
	Passive	8	7	8		
RAPMS – Amotivation	Active	22	3,2	0,9	-	0,066
	Passive	4	4	5		
RAPMS – Extrinsic Motivation	Active	18	3,4	0,7	1,68	0,001 *
	Passive	8	5	0		
RAPMS – Extrinsic Motivation	Active	22	3,1	0,7	-	0,066
	Passive	4	2	8		

*t testi, $p < 0,05$

According to Table 3, statistically significant differences were found in all subdimensions of the Recreational Awareness Scale (RAS) ($p < 0.05$). In the subdimensions of the Recreational Activity Participation Motivation Scale (RAPMS), no significant difference was found in the "Amotivation" subdimension ($p > 0.05$), while significant differences were observed in the other subdimensions ($p < 0.05$).

Table 4. Pearson Correlation Test Results Between Measurement Instruments

Measurement Instruments		1	2	3	4	5	6	7
RAS – Pleasure and Fun	R	1						
	P							
RAS – Social and Success	R	.421	1					
	P	.001**						
RAS – Self-Development	R	0,424	.601	1				
	P	.000**	.004**					
RAPMS – Intrinsic Motivation	R	.316	.647	.562	1			
	P	.000**	.001*	.000**				
RAPMS – Benefit	R	.318	.663	.603	.615	1		
	P	.000**	.003*	.000**	.000**			
RAPMS – Amotivation	R	.455	.628	.675	.512	.482	1	
	P	.000**	.000*	.000*	.000*	.000*		
RAPMS – Extrinsic Motivation	R	.466	.671	.710	.482	.671	.663	1
	P	.000**	.000*	.000**	.000**	.000*	.000*	

Note. n = 412. *p<0.05, **p<0.01, ***p<0.001

According to Table 4, a generally moderate and positive relationship was found between recreation awareness and recreational activity motivation.

4. DISCUSSION AND CONCLUSION

In this study, which examined the relationship between recreation awareness and activity participation motivation among young adults who regularly engage in recreational activities, significant differences were found in all subdimensions of the Recreation Awareness Scale (RAS) and the Recreation Activity Participation Motivation Scale (RAPMS)—except for the “Amotivation” subdimension—based on the gender variable (Table 2). According to the findings, female participants demonstrated higher levels of recreation awareness and motivation to participate in recreational activities compared to male participants. This may be attributed to the possibility that women have a higher level of awareness regarding the outcomes of participating in recreational activities than men. In a study conducted by Satılmış et al. (2022), a significant difference was found between gender and recreation awareness, with female participants showing higher awareness than males. Similarly, Cöhce et al. (2022) found that female participants scored higher in the subdimensions of self-development, social-success, and pleasure-fun compared to male participants. On the contrary, there are also studies in the literature reporting no significant differences between gender and recreation awareness (Ayyıldız Durhan et al., 2022; Bülbül et al., 2021). In another study by Karakaya and Akgül (2025), which investigated the effect of recreational activity motivation on recreational health, significant differences were found based on gender, with female participants scoring higher in intrinsic motivation, benefit, and extrinsic motivation subdimensions. However, contrary to these findings, Demir and Çetin (2023), in a study examining the motivation

levels of individuals participating in the Historic Peninsula Bicycle Tour, found no significant difference in recreational activity motivation based on gender.

In terms of the variable of recreational activity participation type, significant differences were found in all subdimensions of the Recreation Awareness Scale (RAS) and the Recreation Activity Participation Motivation Scale (RAPMS), except for the “Amotivation” subdimension (Table 3). According to the study findings, young adults who actively participate in recreational activities were found to have higher levels of recreation awareness and activity participation motivation compared to those who participate passively. This finding may be attributed to the fact that individuals who actively engage in recreational activities tend to gain more experience from the activities and feel more competent during and after participation, compared to passive participants. In a study conducted by Zorba et al. (2021) to determine adolescents' awareness of sports within a recreational activity context, it was found that individuals who actively participated in the activity had higher levels of awareness compared to those who participated passively. Looking at the correlation results between the Recreation Awareness Scale (RAS) and the Recreation Activity Participation Motivation Scale (RAPMS), a moderately positive and statistically significant relationship was identified between the two instruments (Table 4).

Participants' demographic characteristics—particularly gender and type of participation in recreational activities—showed significant differences in terms of the measurement instruments. It was found that female participants and those who actively engaged in recreational activities scored higher in both recreation awareness and activity motivation. A moderate, positive, and statistically significant relationship was found between recreation awareness and recreational activity motivation. In particular, strong correlations were observed between the subdimensions of “Pleasure–Fun,” “Social–Achievement,” and “Self-Development” and the subdimensions of “Intrinsic Motivation” and “Extrinsic Motivation.”

In conclusion, as recreation awareness increases, motivation to participate in recreational activities also rises. It can be stated that young adults who actively participate in recreational activities have higher levels of both awareness and motivation.

Recreation programs in universities should be diversified to enhance young adults' levels of motivation and awareness. Awareness campaigns highlighting the benefits of recreation, such as personal development and stress management, should be implemented. To encourage more active participation among passive students, volunteer-based and club-based activities should be supported. Additionally, improving recreational facilities on campus and increasing accessibility are essential steps to consider.

REFERENCES

- Arnett, J. J. (2000). Emerging adulthood: A theory of development from the late teens through the twenties. *American Psychologist*, 55(5), 469–480.
- Ayyıldız Durhan, T. A., Kayhalak, F., & Kurtipek, S. (2022). Rekreasyon farkındalığının rekreasyonel satın alma tarzları üzerine etkisi. *Uluslararası Güncel Eğitim Araştırmaları Dergisi*, 8(2), 460-477.
- Bülbül, A., Olcucu, B., & Akyol, G. (2021). Spor elemanlarının rekreasyon fayda farkındalığı ile bedenlerini beğenme düzeyleri arasındaki ilişki. *Karadeniz Uluslararası Bilimsel Dergi*, 1(50), 110-123.
- Büyüköztürk, Ş., Akgün, Ö. E., Demirel, F., Karadeniz, Ş., & Çakmak, E. K. (2014). *Bilimsel araştırma yöntemleri*. Ankara: Gazi Kitabevi.
- Caldwell, L. L. (2005). Leisure and health: Why is leisure therapeutic? *British Journal of Guidance & Counselling*, 33(1), 7–26.
- Cöhce, B., Duygun, S., Öztürk, E. N., & Kırşanlıoğlu, A. E. (2022). Lise öğrencilerinin rekreasyonel farkındalık düzeylerinin incelenmesi. *Anatolia Social Research Journal*, 1(1), 52-62.
- Deci, E. L., & Ryan, R. M. (1985). *Intrinsic motivation and self-determination in human behavior*. New York: Plenum.
- Demir, A., & Çetin, A. (2021). Rekreasyonel spor etkinliğine katılan ve profesyonel olmayan sporcuların motivasyon boyutları: Tarihi yarımada bisiklet turu üzerine bir araştırma. *Herkes için Spor ve Rekreasyon Dergisi*, 3(2), 73-82.
- Ekinci, N. E., & Ozdilek, C. (2019). Investigation of university students' awareness of recreational activities. *International Online Journal of Educational Sciences*, 11(2), 53-66.
- Henderson, K. A., & Ainsworth, B. E. (2003). A synthesis of perceptions about physical activity among older African American and American Indian women. *American Journal of Public Health*, 93(2), 313–317.
- Karakaya, B., & Akgül, B. E. Y. Z. A. (2025). Rekreasyonel etkinlik motivasyonunun rekreasyonel sosyal sağlık üzerindeki rolü: Voleybol örneği. *International Journal of Human Sciences*, 22(2), 295-310
- Mannell, R. C., & Kleiber, D. A. (1997). *A social psychology of leisure*. State College, PA: Venture Publishing.
- Özant, M. İ., Ayyıldız Durhan, T., Demirel, M., & Zorba, E. (2024). Recreational activity motivation scale development study. *Educational Administration: Theory and Practice*, 30(6), 410-418.

Satılmış, S. E., Ekinci, N. E., & Güler, Y. (2022). Pandemi sürecinde bireylerin rekreasyon farkındalık düzeyleri ile yaşam kalitesi arasındaki ilişki. *Mediterranean Journal of Sport Science*, 5(4), 769-784.

SurveyMonkey (2025). Sample size calculator.
<https://www.surveymonkey.com/mp/sample-size-calculator/>

Vallerand, R. J. (1997). Toward a hierarchical model of intrinsic and extrinsic motivation. *Advances in Experimental Social Psychology*, 29, 271–360.

Zorba, E., Türkmen, M., Yermakhanov, B., & Üstün, Ü. D. (2021). Ergenlerin bir rekreasyon etkinlik türü olarak spora yönelik farkındalıklarının incelenmesi. *Sportif Bakış: Spor ve Eğitim Bilimleri Dergisi*, 8(1), 132-142.

CHANGES IN RECREATION AND LEISURE EXPERIENCES DURING THE PROCESS OF GAMBLING ADDICTION: A PHENOMENOLOGICAL STUDY

Dr. Hasan Suat AKSU¹, Research Assistant Alper KAYA²

¹Selçuk University, Faculty of Tourism, hasansuat.aksu@selcuk.edu.tr –

0000-0001-8196-129X

²Necmettin Erbakan University, Faculty of Tourism, akaya@erbakan.edu.tr –

0000-0002-0364-4122

ABSTRACT

Gambling disorder represents a rapidly increasing public health concern in contemporary society, particularly affecting young adults. This study aimed to examine changes in leisure experiences among young individuals with gambling disorder and the role of recreational activities in the recovery process within the framework of Self-Determination Theory. The study employed a phenomenological design, conducting semi-structured interviews with 9 participants (aged 18-35) recruited through snowball sampling. Data were analyzed using Braun and Clarke's six-phase thematic analysis approach within the MaxQDA software. The analysis yielded five themes: "Leisure Richness," "Digital Drift," "Social Disconnection," "Quest Endeavors," and "Rediscovery." Findings demonstrate that the basic psychological needs of autonomy, competence, and relatedness are systematically compromised during the gambling disorder process. While the pre-gambling period was characterized by high intrinsic motivation and diverse recreational activities, the addiction process involved intensive focus on digital environments, social isolation, and loss of control. During the recovery process, the therapeutic effects of recreational activities were identified. The Recreational Recovery Model in Gambling Addiction (RRMGA) developed as a result of this research suggests that Self-Determination Theory-based recreational interventions can be utilized in gambling disorder treatment.

Keywords: Recreation, Leisure, Self-Determination Theory, Recreational Recovery Model in Gambling Addiction, Young adults

Kumar Bağımlılığı Sürecinde Rekreasyon ve Serbest Zaman Deneyimlerinin Değişimi: Fenomolojik Bir Araştırma

ÖZET

Kumar bağımlılığı günümüzde hızla artan bir halk sağlığı sorunu olup, genç yetişkinleri özellikle etkilemektedir. Bu araştırma, kumar bağımlısı genç bireylerin serbest zaman deneyimlerindeki değişimleri ve rekreasyonel aktivitelerin iyileşme sürecindeki rolünü Öz-Belirlenim Kuramı çerçevesinde incelemeyi amaçlamıştır. Fenomenolojik desende yürütülen çalışmada, kartopu örnekleme yöntemiyle 9 katılımcı (18-35 yaş) ile yarı-yapılandırılmış görüşmeler gerçekleştirilmiştir. Veriler Braun ve Clarke'ın altı aşamalı tematik analiz yöntemiyle MaxQDA programında analiz edilmiştir. Analiz sonucunda beş tema belirlenmiştir: "Serbest Zaman Zenginliği", "Dijital Kayış", "Sosyal Kopuş", "Arayış Çabaları" ve "Yeniden Keşif". Bulgular, kumar bağımlılığı sürecinde özerklik, yeterlik ve ilişkililik ihtiyaçlarının sistematik olarak bozulduğunu göstermektedir. Kumar öncesi dönemde yüksek içsel motivasyon ve çeşitli rekreasyonel aktiviteler gözlenirken, bağımlılık sürecinde dijital ortamlara yoğun odaklanma, sosyal izolasyon ve kontrol kaybı yaşanmıştır. İyileşme sürecinde ise rekreasyonel aktivitelerin terapötik etkisi belirlenmiştir. Araştırma sonucunda geliştirilen Kumar Bağımlılığında Rekreasyonel İyileşme Modeli (KRİM), Öz-Belirlenim Kuramı temelli rekreasyonel müdahalelerin kumar bağımlılığı tedavisinde kullanılabileceğini önermektedir.

Anahtar Kelimeler: Rekreasyon, Serbest Zaman, Öz-belirlenim kuramı, Kumar Bağımlılığında Rekreasyonel İyileşme Modeli, Genç yetişkinler

1. INTRODUCTION

Gambling disorder has emerged as a rapidly increasing and significant concern that seriously threatens public health in contemporary society. It is estimated that 0.1% to 5.8% of the adult population worldwide experiences gambling disorder (Calado & Griffiths, 2016). While research on this topic remains limited in Turkey, existing data are concerning. A comprehensive epidemiological study conducted in 2024 across 12 provinces in Turkey with 5,008 participants revealed that 6.81% of participants had gambled at least once in their lifetime, with 29.33% of these individuals continuing to gamble regularly during the data collection period (Altıntaş et al., 2024).

Gambling disorder is a multidimensional problem that extends beyond mere financial losses, profoundly affecting individuals' psychological health, social relationships, family life, and overall quality of life (Hodgins & el-Guebaly, 2004). According to DSM-5 diagnostic criteria, gambling disorder is characterized by loss of control over gambling behavior, prioritization of gambling over daily life activities, and continuation of gambling behavior despite negative consequences (American Psychiatric Association, 2013). Notably, gambling disorder rates among young adults are known to be 2-3 times higher than those among adults (Shaffer et al., 1997). This phenomenon is attributed to factors such as developmental characteristics of the youth period, risk-taking tendencies, and easy access to technology (Derevensky & Gupta, 2004). Furthermore, it is considered that the effects of gambling disorder on leisure activities and lifestyle are more pronounced in this age group.

From a recreation science perspective, leisure activities have significant impacts on individuals' physical, psychological, and social health (Henderson, 2010). Leisure represents a critical life domain where individuals shape their experiences through personal choices and achieve

personal development and satisfaction (Kleiber et al., 2011). Understanding the effects of gambling disorder in this domain is crucial for developing holistic treatment approaches.

There is a paucity of research examining the relationship between gambling disorder and recreation in the literature (Carruthers et al., 2006; Hood & Carruthers, 2007). Research on this topic is particularly insufficient in Turkey. A systematic review conducted by Kovan (2024) revealed that gambling disorder research in Turkey predominantly employs quantitative designs and that there are significant gaps in the psychotherapeutic intervention field.

This study aims to examine the lived experiences of young individuals with gambling disorder regarding recreational activities and leisure management through a phenomenological approach. The primary objective of this research is to gain an in-depth understanding of the changes experienced in young people's leisure experiences during the gambling disorder process, the meaning of these changes, and the recreational potential in the recovery process.

1.1. Theoretical Framework

This study is grounded in Self-Determination Theory (SDT) developed by Deci and Ryan (1985). The theory operates from three basic psychological needs in explaining human motivation and optimal functioning: autonomy, competence, and relatedness. Autonomy refers to a state where individuals' behaviors are aligned with their own values and interests and are driven by intrinsic motivation rather than external pressures (Ryan & Deci, 2000). Competence describes the sense of capacity to be effective in one's environment and to achieve desired outcomes (White, 1959). Relatedness encompasses the need to connect with others, to belong, and to be cared for (Baumeister & Leary, 1995).

Within the Self-Determination Theory framework, motivation is evaluated on a continuum extending from amotivation to intrinsic motivation (Ryan & Deci, 2000). Intrinsic motivation represents the most autonomous form of motivation, where participation in an activity occurs for the satisfaction derived from the activity itself. Extrinsic motivation refers to behaviors performed to obtain external rewards or avoid punishments. Amotivation is defined as the inability to establish connections between behavior and outcomes, characterized by a state of purposelessness.

In the context of gambling disorder, Self-Determination Theory offers a significant perspective in explaining how individuals' gambling motivations change over time. Research conducted by Carruthers et al. (2006) revealed that pathological gamblers experience intrinsic motivation in recreational activities while experiencing low self-determination and high amotivation in gambling. These findings suggest that recreational activities may serve as a potential resource in gambling disorder treatment.

Leisure activities are typically characterized by high autonomy, intrinsic motivation, and optimal experience (Iso-Ahola, 1980). According to Flow Theory developed by Csikszentmihalyi (1990), optimal experiences where individuals become completely focused on an activity, experience altered time perception, and feel a sense of self-transcendence typically occur during leisure activities. How gambling disorder affects and disrupts these optimal experiences constitutes an important research area.

Self-Determination Theory also emphasizes the role of supportive social environments in meeting basic psychological needs (Deci & Ryan, 2000). The deterioration of social relationships and withdrawal from recreational activities during the gambling disorder process may hinder the satisfaction of these basic needs. This situation may contribute to

the perpetuation of addiction. In the recovery process, as predicted by Self-Determination Theory, the integration of recreational activities that support basic psychological needs into the treatment process is of critical importance. These activities can help individuals regain their sense of autonomy, develop feelings of competence, and strengthen social connections (Caldwell, 2005).

In accordance with this theoretical framework, this study will examine how the leisure experiences of young individuals with gambling disorder change in terms of the fundamental principles of Self-Determination Theory and the meaning of this change in the recovery process.

2. METHOD

2.1. Research Design

This study was conducted using a phenomenological design from qualitative research methods to gain an in-depth understanding of the lived experiences of individuals with gambling disorder regarding recreational activities and leisure management. The phenomenological approach aims to discover the essence and meaning of individuals' experiences regarding a particular phenomenon (Creswell & Poth, 2018). In this study, how the recreational experiences of individuals experiencing gambling disorder change and what this change means to them was examined from a phenomenological perspective.

2.2. Participants and Sampling

The population of the study consists of young individuals aged 18-35 who have experienced or are experiencing gambling disorder in Turkey. Snowball sampling technique, one of the purposive sampling methods, was employed for sample selection. This technique is particularly preferred for accessing hard-to-reach and sensitive populations (Patton, 2015).

Inclusion Criteria

- Having gambling experience for at least one year
- Having acknowledged and recognized gambling disorder
- Being between 18-35 years of age
- Having sufficient Turkish communication skills
- Providing voluntary participation in the research
- Being willing to share experiences

Exclusion Criteria

- Being in an acute psychiatric crisis period
- Having severe cognitive impairment
- Being in a physical or mental condition that would prevent sustaining the interview
- Being under 18 or over 35 years of age

2.1.1. Sample Size and Snowball Process

In qualitative research, sample size is determined according to the principle of data saturation (Guest et al., 2006). In this study, a total of 9 participants were reached through snowball sampling method. The sample structure is as follows: 6 participants in the 18-22 age group, 2 participants in the 23-26 age group, and 1 participant in the 27-35 age group. Data saturation was evaluated as the situation where data obtained from new participants repeated existing themes and no new themes or concepts emerged (Fusch & Ness, 2015). The snowball sampling process began with 1 participant from an AMATEM (Alcohol and Substance Addiction Treatment and Training Center) in Istanbul and 1 participant from a private treatment center in Ankara. A chain was formed by obtaining recommendations of 1-2 people with similar experiences from each participant, and the process continued until maximum diversity was achieved. The snowball chain was completed with 4 branches.

2.3. Data Collection Instruments

Semi-Structured Interview Form: A semi-structured interview form developed in line with literature review and expert opinions was used. The interview form consists of five main sections:

1. Demographic Information: Age, gender, education level, occupation
2. Gambling History: Duration of gambling, types, treatment status
3. Past Recreational Experiences: Pre-gambling activities, hobbies, social participation
4. Changes During Gambling Period: Leisure time use, activity preferences, social relationships
5. Recovery Process: Treatment experiences, new activities, future plans

Main Interview Questions:

- How did you spend your leisure time before you started gambling?
- How did your relationship with other activities change after you started gambling?
- What do you feel during moments of free time?
- Which activities did you notice were beneficial for you during the recovery process?

Pilot Study

Pilot interviews were conducted with 2 participants outside the sample to evaluate the effectiveness of the interview form. Following the pilot study, the comprehensibility of questions and data collection potential were assessed, and the form was finalized.

2.3. Data Collection Process

Interviews were conducted between June and August 2025. Each interview lasted 35-50 minutes and was conducted in safe locations preferred by participants (treatment centers or quiet café areas). All interviews were recorded with a digital recording device with participants' permission.

Interview Protocol

- Signing of informed consent form before the interview

- Building rapport and establishing trust relationship (5-10 minutes)
- Asking main questions and probe questions
- Post-interview gratitude and sharing of contact information

Field Notes

Observation notes were taken during each interview, and details regarding participants' nonverbal communication characteristics, emotional reactions, and interview environment were recorded.

Data Analysis

Data analysis was conducted using Braun and Clarke's (2006) six-phase thematic analysis method with MaxQDA 2020 software:

1. Familiarizing with the Data: Repeated reading of all interviews after transcription
2. Generating Initial Codes: Systematic coding of data in MaxQDA
3. Searching for Themes: Grouping codes into categories
4. Reviewing Themes: Evaluating themes for consistency and coherence
5. Defining and Naming Themes: Determining the essence of each theme
6. Producing the Report: Systematic presentation of findings

Coding Process

All interviews were transcribed in Microsoft Word 2019 and then transferred to MaxQDA 2020 program. The coding process was conducted using an open coding approach, utilizing in-vivo codes. Independent coding was performed by two researchers, and disagreements were resolved through consensus method. Coding reliability was calculated as 0.84 using Cohen's Kappa.

2.4. Validity and Reliability

To ensure the validity and reliability of the research, four criteria proposed by Lincoln and Guba (1985) were applied. For credibility, member checking was conducted by sharing main findings with 4 participants, prolonged engagement was ensured through in-depth interviews averaging 58 minutes with each participant, and triangulation was applied using different data sources (interviews, field notes, observations). For transferability, detailed description of participant characteristics, detailed reporting of data collection and analysis processes, and presentation of rich descriptions in findings were implemented.

For dependability, systematic storage of MaxQDA project files, documentation of the research process, and expert review were conducted. For confirmability, reflexive evaluation of researcher subjectivity, transparent documentation of data analysis process in MaxQDA, and discussion of alternative explanations were carried out. Additionally, coding reliability was calculated as 0.84 using Cohen's Kappa, and this value was found to be at an acceptable level (Landis & Koch, 1977).

2.5. Ethical Considerations

This research was conducted in accordance with the ethical principles of the Declaration of Helsinki regarding research with human subjects (World Medical Association, 2013).

Written informed consent forms were obtained from all participants, and the principle of voluntary participation was adopted. Participants were provided with detailed information about the purpose, process, and potential risks of the research, and it was explained that they could withdraw at any time. To protect participant identities, all names were changed and coded (P1-P9), personal information was anonymized, and data were stored in a secure environment. Due to the sensitive nature of gambling disorder, it was stated that psychological support services would be provided when necessary in case participants developed negative emotional reactions during interviews, and relevant expert contact information was shared.

2.6. Researcher Positioning

The primary researcher holds a doctoral-level education in recreation and has experience in qualitative research methods. The researcher's prejudices and assumptions about the topic were monitored through a reflexive journal throughout the process, and analytical thoughts were recorded using the memo system in MaxQDA.

3. RESULTS

A total of 9 participants were included in the study. An examination of participants' demographic characteristics reveals that 7 were male (77.8%) and 2 were female (22.2%). Age distribution ranged from 18 to 35 years, with a mean age of 22.4 (SD=4.1). Of the participants, 6 were in the 18-22 age group (66.7%), 2 were in the 23-26 age group (22.2%), and 1 was in the 27-35 age group (11.1%). Regarding educational status, the majority of participants were university students or graduates. Duration of gambling experience ranged from 1 to 8 years, with a mean of 3.8 years.

Table 1. Demographic Characteristics of Participants

Code	Gender	Age	Education	Gambling Duration
P1	Male	20	University	2 years
P2	Male	19	High School	1 year
P3	Female	22	University	3 years
P4	Male	18	High School	2 years
P5	Male	24	University	5 years
P6	Female	21	University	3 years
P7	Male	26	University	6 years
P8	Male	31	University	8 years
P9	Male	22	University	4 years

An examination of participants' gambling characteristics revealed that the most preferred types of gambling were sports betting and online casino games.

Table 2. Types of Gambling Engaged in by Participants

Gambling Type	n	%
Sports Betting	8	88.9
Online Casino	6	66.7
Slot Games	5	55.6
Poker	3	33.3

Data analysis resulted in the identification of five main themes: "Leisure Richness," "Digital Drift," "Social Disconnection," "Quest Endeavors," and "Rediscovery." These

themes reflect changes in the needs for autonomy, competence, and relatedness within the framework of Self-Determination Theory.

3.1. Leisure Richness

When participants were asked "How did you spend your leisure time before you started gambling?", 88.9% of participants (n=8) indicated that they engaged in various recreational activities during the pre-gambling period. High autonomy and intrinsic motivation were observed during this period.

P1 described leisure activities as follows: "I was very active during my high school years. I played basketball, we constantly hung out on the court with my friends. I listened to music, tried to play guitar. Everything seemed more colorful back then." P3 emphasized social activities: "We were constantly doing something with my friends. We would go to the cinema, hang out at cafés. When I started university, I participated in club activities. I was very social." P7 focused on hobby activities: "I was into photography, I loved it very much. I shared on Instagram, I was very happy when I got likes. I especially loved taking nature photographs."

3.2. Digital Drift

With the development of gambling addiction, 100% of participants reported experiencing dramatic changes in their leisure experiences. This theme reflects the loss of autonomy and transition to extrinsic motivation. P2 described the change process as follows: "After gambling, I didn't want to do anything else. I couldn't hold anything other than my phone. I was constantly checking if there were any matches."

P5 described the change in time perception: "Hours flew by in front of the phone. I would start at 10 in the morning and realize it at 8 in the evening. I didn't even know what I ate in between." P9 expressed loss of control as follows: "I couldn't stop anymore. When I lost, I would bet more, and when I won, I would continue. It's like I'm a robot, I can't stop myself."

3.3. Social Disconnection

This theme, which describes the effects of gambling addiction on social life, demonstrates the failure to meet the need for relatedness. 77.8% of participants (n=7) indicated that their friendships were damaged.

P4 described the change in friend relationships: "My friends call me but I'm on the gambling site. I say 'I'll come in a bit,' then I forget. They don't even call anymore." P6 described the tension in family relationships as follows: "We constantly argue with my family. Because I'm on the phone, because I ask for money. I just sit alone in my room now." P8 shared social anxieties: "I have friends from whom I borrowed money. I don't know how to face them. I'm ashamed, I avoid them."

3.4. Quest Endeavors

During the recovery process, 66.7% of participants (n=6) indicated that they attempted to return to former activities or sought new activities. This theme reflects efforts to re-meet the need for competence.

P1 described the experience of returning to former activities: "I tried to return to basketball but I struggled a lot. My condition was very poor, and my friends were much ahead. Still, I forced myself." P3 described new pursuits as follows: "I started doing yoga. I do breathing exercises. It seemed very silly at first, but it calms my mind." P7 described the orientation toward creative activities: "I returned to photography but this time not to make money. I just take photos, I don't show them to anyone. For myself."

3.5. Rediscovery

This theme, which demonstrates the therapeutic effects of recreational activities during the recovery process, represents the re-satisfaction of basic psychological needs. 55.6% of participants (n=5) indicated that they experienced the healing effects of certain activities.

P5 shared the mental relief experience: "I started reading books. When I read, gambling doesn't come to mind. I dive into different worlds, that stress passes in a different way." P6 described the sense of achievement experience: "I started cooking. It was very bad at first, but then I started making good things. My family likes it too, I become very happy." P9 described the process of re-establishing social connections: "I started going to the gym. There are people I met there. I told them I don't gamble, they support me. It feels good."

The analysis results demonstrate that participants experienced systematic changes in their basic psychological needs during the gambling addiction process within the framework of Self-Determination Theory. While the "Leisure Richness" theme reflects high autonomy and intrinsic motivation, the "Digital Drift" and "Social Disconnection" themes indicate loss of autonomy, extrinsic motivation, and failure to meet the need for relatedness. The "Quest Endeavors" and "Rediscovery" themes reveal the potential for re-meeting these needs during the recovery process. These findings suggest that recreational activities can serve as an important resource in gambling addiction treatment as predicted by Self-Determination Theory.

4. DISCUSSION

This study examined changes in leisure experiences among young individuals with gambling disorder through a phenomenological approach within the framework of Self-Determination Theory. The findings demonstrate that systematic disruptions occur in basic psychological needs (autonomy, competence, relatedness) during the gambling disorder process, and that recreational activities may play a significant role in re-meeting these needs during the recovery process. Field notes taken during interviews revealed the emotional intensity and sensitivity participants experienced when addressing gambling-related topics.

4.1. Theoretical Contributions within the Self-Determination Theory Framework

The research findings show significant parallels with results obtained by Carruthers et al. (2006). It was determined that participants experienced high intrinsic motivation and autonomy during the pre-gambling period, while amotivation and extrinsic motivation became dominant during the gambling disorder process. This situation can be explained by the motivation continuum model proposed by Ryan and Deci (2000). However, the current study makes an original contribution to the literature by adapting this theoretical framework to the young adult population.

The "Digital Drift" theme particularly reflects the characteristic features of gambling disorder in the digital age. Interview notes revealed that participants entered an almost hypnotic state when discussing gambling and became aware of how severely their time perception was distorted. This observation supports the concept of "salience" from the behavioral addiction criteria defined by Griffiths (2003). The transformation of gambling into life's most important activity and the relegation of other activities to secondary status represents a concrete indicator of the loss of autonomy predicted by Self-Determination Theory.

The findings emerging from the "Social Disconnection" theme demonstrate how the need for belonging emphasized by Baumeister and Leary (1995) is hindered during the gambling disorder process. The shame and regret emotions participants displayed when describing losses in their social relationships were notable in interview notes. Considering the critical importance of social relationships during the young adult period (Arnett, 2000), the negative impact of gambling disorder on social development becomes even more pronounced.

4.2. Therapeutic Potential of Recreational Activities

The findings obtained from the "Rediscovery" theme reveal the therapeutic potential of recreational activities in the recovery process. A particularly notable point is the emotional transformation participants experienced when describing recreational activities. According to interview notes, positive changes were observed in the vocal tones and body language of participants who shared their activity experiences. These observations support the concept of optimal experience defined by Csikszentmihalyi (1990).

When evaluated within the framework of the "Leisure and Well-being Model" proposed by Hood and Carruthers (2007), it appears that recreational activities enhanced participants' coping skills and contributed to identity reconstruction. A significant finding emerging from interview data is the effect of physical activities (basketball, yoga) on emotional regulation. This situation can be evaluated within the framework of embodied cognition theory (Wilson, 2002) and emphasizes the role of mind-body integration in the recovery process.

4.3. Unique Characteristics of Gambling Disorder in the Digital Age

A striking finding in the research is that all participants preferred online forms of gambling. This preference cannot be explained solely by accessibility; it also reflects the digital native characteristics of young adults (Prensky, 2001). The anonymous nature of digital gambling environments highlighted by Gainsbury (2015) particularly increases the motivation to avoid family and social pressure within the collectivist structure of Turkish culture.

The ambivalent attitude participants displayed when describing their technology use was notable in interview notes. While acknowledging that technology led to gambling disorder on one hand, their orientation toward technology-supported activities (digital photography, online yoga classes) during the recovery process on the other hand demonstrates that technology can be both a risk and protective factor.

4.4. In-Depth Analysis of Cultural Dimensions

The shame and secrecy dimensions of gambling disorder in the Turkish cultural context deepen participants' social isolation experiences. In interview notes, it was observed that participants who made references to religious values (P8 and P9) experienced particular internal conflict. This situation can be evaluated within the framework of social stigma theory (Goffman, 1963) and cultural identity theory (Tajfel & Turner, 1979).

It can be argued that the collectivist culture characteristics defined by Hofstede (1980) cause participants to experience deteriorations in family relationships more profoundly. This situation, when compared with individualistic cultures, demonstrates that the social dimension of recreational interventions is more critical in the Turkish context.

4.5. Methodological Challenges and Inferences

The methodological challenges experienced during the snowball sampling process reveal the stigmatizing nature of gambling disorder. The difficulties encountered in reaching initial participants and the last-minute withdrawal of some potential participants reflect societal taboos regarding this issue. This observation emphasizes the critical importance of trust-building processes in future research.

A notable point in interview environments was that participants spoke more comfortably in treatment centers while behaving more cautiously in public spaces such as cafés. This situation demonstrates the impact of physical environment on data quality and provides practical contributions to qualitative research methodology.

4.6. Evaluation from a Developmental Perspective

When evaluated within the framework of emerging adulthood theory (Arnett, 2000), the fact that participants' age group (18-31) is in a period of identity exploration and instability illuminates the findings from a different perspective. The negative impact of gambling disorder on identity formation during this critical developmental period may affect not only the current situation but also future life trajectory.

A significant finding emerging from interview data is the performance anxiety experienced by young participants regarding returning to former activities. This situation demonstrates the necessity of gradual approaches in meeting the need for competence and represents a factor that should be considered in the design of therapeutic recreation programs.

4.7. Theoretical Synthesis and New Model Proposal

The findings of this research offer the possibility of a new synthesis between Self-Determination Theory and Flow Theory in the context of gambling disorder. The findings emerging from the "Digital Drift" theme demonstrate that the pseudo-flow experience during gambling differs from genuine flow experience. This distinction emphasizes the importance of designing authentic flow experiences in recreational interventions.

Based on the findings of this research, the Recreational Recovery Model in Gambling Addiction (RRMGA) has been developed and proposed. The model developed as a result of this study envisions systematically reconstructing the three basic needs of Self-Determination Theory—autonomy (freedom of choice), competence (gradual achievement), and relatedness (social connection)—through recreational activities.

5. CONCLUSION AND RECOMMENDATIONS

This study has revealed the dramatic changes experienced in leisure experiences among young individuals with gambling disorder and the potential of recreational activities in the recovery process. The findings obtained within the framework of Self-Determination Theory demonstrate that gambling disorder systematically disrupts the needs for autonomy, competence, and relatedness. Observations obtained during the interview process revealed that the emotional transformation participants experienced when sharing their recreational experiences constitutes concrete evidence of the therapeutic potential of these activities.

5.1. Theoretical Contributions and Model Proposal

This research provides significant theoretical contributions in terms of demonstrating the applicability of Self-Determination Theory in the field of gambling disorder. The findings show how the motivation continuum is disrupted during the gambling disorder process and the role of recreational interventions in reconstructing this continuum. The research establishes a foundation for the Recreational Recovery Model in Gambling Addiction (RRMGA) and proposes the three-phase structure of this model. This structure consists of (1) Recognition of basic needs, (2) Gradual recreational intervention, and (3) Sustainable lifestyle development. Additionally, by bringing a gambling disorder perspective to recreation science literature, it has contributed to the expansion of the therapeutic recreation field. The findings obtained in the Turkish cultural context emphasize the critical importance of the social dimension of recreational interventions in collectivist cultures and offer a unique perspective to cross-cultural recreation research.

5.2. Recommendations for Practical Applications

For Treatment Centers and Clinicians: The development of Self-Determination Theory-based recreational therapy programs in AMATEMs is an urgent necessity. These programs should begin with individual assessment, and each participant's leisure history should be analyzed in detail. A significant finding emerging from interview data is that participants' past recreational experiences serve as reference points in the recovery process. Therefore, integration of "recreational history assessment" modules into individual treatment plans is recommended.

A careful approach is required regarding the inclusion of technology-supported recreational activities in the treatment process. Findings demonstrate that technology can be both a risk and protective factor. Therefore, the development of hybrid recreational programs that teach controlled technology use is recommended.

For Educational Institutions and Academics: Organizing awareness programs about gambling disorder risk factors in universities is of critical importance. However, these programs should be designed not only with an information-focused approach but also adopting experiential learning approaches. The "peer influence" factor emerging in interview findings supports the effectiveness of peer support programs.

The inclusion of leisure education courses in curricula holds strategic importance from a preventive approach perspective. These courses should be built upon the fundamental principles of Self-Determination Theory and should equip students with healthy motivation management skills.

For Policymakers and Decision Makers: The expansion of gambling disorder prevention programs in youth centers is critical for the success of early intervention strategies. These programs should not focus solely on gambling addiction but should aim to develop general life skills and healthy recreation habits.

Legal and financial support for the inclusion of recreation specialists in addiction treatment teams is necessary for strengthening the multidisciplinary approach. Pilot projects should be initiated in this regard, and cost-effectiveness analyses should be conducted. Regarding strengthening access controls to online gambling platforms, educational approaches should be adopted alongside technological solutions. The "digital native" characteristic in the findings demonstrates that policies focused solely on blocking will not be sufficient.

For Recreation Specialists and Therapists: The development of specialized training programs on gambling disorder is an urgent need. These trainings should encompass not only theoretical knowledge but also practical intervention skills. The emotional sensitivity observed during the interview process reveals the necessity for specialists to develop special communication skills in this field.

Evidence-based protocols should be developed regarding the adaptation of therapeutic recreation approaches to gambling disorder treatment. These protocols should adopt the

principle of gradual intervention and be designed to focus on one component of Self-Determination Theory at each stage.

5.3. Methodological Contributions and Future Research Recommendations

This research reveals the challenges and solutions for conducting qualitative research with sensitive populations. The difficulties experienced during the snowball sampling process emphasize the importance of trust-building strategies in future research. The impact of interview environment on data quality provides practical contributions to qualitative research methodology.

The use of longitudinal designs in future research is recommended. Particularly, long-term follow-up of the recovery process from gambling disorder will enable a better understanding of the effectiveness of recreational interventions. Supporting qualitative findings with quantitative data through mixed-methods approaches is also recommended. Additionally, studies on different age groups, socioeconomic levels, and gambling types will increase the generalizability of findings. Cross-cultural comparative studies will contribute to the development of cultural adaptations of recreational interventions.

5.4. Social Impact and Societal Transformation

The research findings reveal the necessity of a paradigm shift in combating gambling disorder. A transition from solely pharmacological treatment-focused approaches to holistic and preventive models is inevitable. This transformation requires change not only in the treatment field but also in societal perception.

Particularly, the development of early intervention programs for young adults has the potential to reduce both individual and societal costs. The "identity conflict" factor emerging in interview findings demonstrates the critical importance of reducing stigma related to gambling disorder in Turkish society.

5.5. Limitations and Points of Consideration

When evaluating the results of this research, several important limitations should be considered. Selection bias inherent in the snowball sampling method limits the generalizability of findings. Additionally, the fact that all participants were in the treatment process indicates that experiences from different stages of gambling disorder may not be fully reflected.

Recall bias and social desirability effects that may emerge during retrospective data collection should also be considered. Particularly, it should be noted that gambling disorder, being a culturally sensitive topic, may have affected participants' open and honest sharing.

5.7. Final Remarks

The most important message of this research is that gambling disorder cannot be resolved simply by "not gambling." Instead, it is necessary to enrich individuals' lives with alternative experiences that make them feel meaningful, autonomous, and connected.

Recreational activities constitute one of the most powerful tools in this enrichment process and can play a critical role in helping future generations develop healthy lifestyles.

It should be acknowledged that the RRMGA proposed in this study currently constitutes a conceptual framework and has aspects that need development in terms of practical applicability. For the model to become fully ready for use, detailed implementation protocols, standardized assessment tools, individualization mechanisms, and pilot implementation results must be developed. The transformation of this conceptual framework into an operational treatment model by future research is of critical importance for the systematic use of recreational interventions in the field of gambling disorder. This transformation holds the potential to serve not only as an academic contribution but also as a practical guide in the recovery process of individuals with gambling disorder.

REFERENCES

- Altıntaş, M., Başgül, Ş. S., Avcu, A., Macit, R., Büyüköztürk, Ş., Dinçer, D., ... & Öztürk, M., A Study on Gambling Behavior in Türkiye: Perceptions, Attitudes, Thoughts, and Behaviors Toward Gambling, *Psychiatry and Clinical Psychopharmacology*, 34(4), 2024.
- American Psychiatric Association, *Diagnostic and Statistical Manual of Mental Disorders (5th ed.)*, American Psychiatric Publishing, 2013.
- Arnett, J. J., Emerging Adulthood: A Theory of Development from the Late Teens Through the Twenties, *American Psychologist*, 55(5), 2000.
- Baumeister, R. F., & Leary, M. R., The Need to Belong: Desire for Interpersonal Attachments as a Fundamental Human Motivation, *Psychological Bulletin*, 117(3), 1995.
- Braun, V., & Clarke, V., Using Thematic Analysis in Psychology, *Qualitative Research in Psychology*, 3(2), 2006.
- Calado, F., & Griffiths, M. D., Problem Gambling Worldwide: An Update and Systematic Review of Empirical Research (2000-2015), *Journal of Behavioral Addictions*, 5(4), 2016.
- Caldwell, L. L., Leisure and Health: Why is Leisure Therapeutic?, *British Journal of Guidance & Counselling*, 33(1), 2005.
- Carruthers, C., Platz, L., & Busser, J., Gambling Motivation of Individuals Who Gamble Pathologically, *Therapeutic Recreation Journal*, 40(3), 2006.
- Creswell, J. W., & Poth, C. N., *Qualitative Inquiry and Research Design: Choosing Among Five Approaches (4th ed.)*, SAGE Publications, 2018.
- Csikszentmihalyi, M., *Flow: The Psychology of Optimal Experience*, Harper & Row, 1990.

- Deci, E. L., & Ryan, R. M., *Intrinsic Motivation and Self-Determination in Human Behavior*, Plenum Press, 1985.
- Deci, E. L., & Ryan, R. M., The "What" and "Why" of Goal Pursuits: Human Needs and the Self-Determination of Behavior, *Psychological Inquiry*, 11(4), 2000.
- Derevensky, J. L., & Gupta, R., *Gambling Problems in Youth: Theoretical and Applied Perspectives*, Kluwer Academic/Plenum Publishers, 2004.
- Fusch, P. I., & Ness, L. R., Are We There Yet? Data Saturation in Qualitative Research, *The Qualitative Report*, 20(9), 2015.
- Gainsbury, S. M., Online Gambling Addiction: The Relationship Between Internet Gambling and Disordered Gambling, *Current Addiction Reports*, 2(2), 2015.
- Goffman, E., *Stigma: Notes on the Management of Spoiled Identity*, Prentice-Hall, 1963.
- Griffiths, M., Internet Gambling: Issues, Concerns, and Recommendations, *CyberPsychology & Behavior*, 6(6), 2003.
- Guest, G., Bunce, A., & Johnson, L., How Many Interviews are Enough? An Experiment with Data Saturation and Variability, *Field Methods*, 18(1), 2006.
- Henderson, K. A., Leisure Studies in the 21st Century: The Sky is Falling?, *Leisure Sciences*, 32(4), 2010.
- Hodgins, D. C., & el-Guebaly, N., Retrospective and Prospective Reports of Precipitants to Relapse in Pathological Gambling, *Journal of Consulting and Clinical Psychology*, 72(1), 2004.
- Hofstede, G., *Culture's Consequences: International Differences in Work-Related Values*, SAGE Publications, 1980.
- Hood, C. D., & Carruthers, C. P., Enhancing Leisure Experience and Developing Resources: The Leisure and Well-Being Model, Part II, *Therapeutic Recreation Journal*, 41(4), 2007.
- Iso-Ahola, S. E., *The Social Psychology of Leisure and Recreation*, William C. Brown Company Publishers, 1980.
- Kleiber, D., Walker, G., & Mannell, R., *A Social Psychology of Leisure (2nd ed.)*, Venture Publishing, 2011.
- Kovan, A., The Phenomenon of the Three Monkeys of Turkish Society: A Systematic Review of Gambling Addiction, *Journal of Gambling Issues*, 50, 2024.
- Landis, J. R., & Koch, G. G., The Measurement of Observer Agreement for Categorical Data, *Biometrics*, 33(1), 1977.
- Lincoln, Y. S., & Guba, E. G., *Naturalistic Inquiry*, SAGE Publications, 1985.
- Patton, M. Q., *Qualitative Research & Evaluation Methods (4th ed.)*, SAGE Publications, 2015.

- Prensky, M., Digital Natives, Digital Immigrants, *On the Horizon*, 9(5), 2001.
- Ryan, R. M., & Deci, E. L., Self-Determination Theory and the Facilitation of Intrinsic Motivation, Social Development, and Well-Being, *American Psychologist*, 55(1), 2000.
- Shaffer, H. J., Hall, M. N., & Vander Bilt, J., Estimating the Prevalence of Disordered Gambling Behavior in the United States and Canada: A Research Synthesis, *American Journal of Public Health*, 89(9), 1999.
- Tajfel, H., & Turner, J., *An Integrative Theory of Intergroup Conflict*, W. G. Austin & S. Worchel (Ed.), *The Social Psychology of Intergroup Relations*, Brooks/Cole, 1979.
- White, R. W., Motivation Reconsidered: The Concept of Competence, *Psychological Review*, 66(5), 1959.
- Wilson, M., Six Views of Embodied Cognition, *Psychonomic Bulletin & Review*, 9(4), 2002.
- World Medical Association, World Medical Association Declaration of Helsinki: Ethical Principles for Medical Research Involving Human Subjects, *JAMA*, 310(20), 2013.

SOSYAL MEDYA ETKİLEYİCİLERİNİN TACİR STATÜSÜNE YÖNELİK DEĞERLENDİRME

Öğr. Gör. Dr. GÜLŞAH İSLAMOĞLU

Avrasya Üniversitesi, islamoglugulsah@gmail.com, ORCID ID: 0000-0002-3785-4603

ÖZET

Dijitalleşmenin gelişmesiyle günümüzde sosyal medya ile ticari hayatın merkezinde yer alan yeni iş modelleri ve pazarlama stratejileri doğmuştur. Bu bağlamda “sosyal medya etkileyicileri” markaların ürün ve hizmetlerinin tanıtımında önemli rol oynayan aktörler hâline gelmiştir. Söz konusu faaliyetlerin Türk Ticaret Kanunu (TTK) çerçevesinde hangi hukuki statüye karşılık geldiği ve sosyal medya etkileyicilerinin tacir sayılıp sayılmayacağı meselesi öğretilerde tartışılmaktadır. Çalışmada, TTK m. 11 ve m. 12 hükümlerinde düzenlenen tacir sıfatının kazanılması için gerekli unsurlar; gelir sağlama amacı, süreklilik, bağımsızlık ve esnaf faaliyeti sınırlarının aşılması sosyal medya etkileyicilerinin faaliyetleri bağlamında incelenmiştir. Sponsorluk anlaşmaları, sonuca katılmalı iş birlikleri, marka elçiliği veya ücretsiz ürün tanıtımı gibi farklı çalışma modelleri analiz edilerek bu faaliyetlerin çoğunlukla ticari işletme niteliği taşıdığı ve bu sebeple tacir sıfatı doğurabileceği sonucuna ulaşılmıştır. Ancak her somut olay açısından söz konusu sosyal medya etkileyicileri ayrı ayrı incelenmelidir. Tacir sıfatının kazanılması, sosyal medya etkileyicileri açısından yalnızca ekonomik bir statü değil, aynı zamanda bir dizi hukuki yükümlülüğü getirmektedir. Bunlar arasında ticaret siciline tescil, ticaret ünvanı seçme ve kullanma, basiretli iş insanı gibi davranma yükümlülüğü ve ticari işlerde ücret ile faiz talep etme hakkı yer almaktadır. Bu sektörün geliştiği Amerika Birleşik Devletleri’nde (ABD) sosyal medya etkileyicilerinin hukuki statüsü, Türk hukukundaki “tacir” kavramından farklıdır. Onlar çoğunlukla bağımsız yüklenici statüsünde değerlendirilir; bu şekilde şirket çalışanı değil, kendi adına faaliyet gösteren kişi olarak kabul edilir. Vergi hukuku bakımından serbest meslek erbabı sayılırlar ve bu sebeple pek çok sosyal medya etkileyicisi gelirlerini daha düzenli yönetebilmek için küçük işletme yapıları kurar. Federal Ticaret Komisyonu düzenlemeleri kapsamında ise sosyal medya etkileyicileri, ürün veya hizmeti tanıtan önerici kişi sıfatıyla kabul edilir ve özellikle şeffaflık yükümlülüğü altında olup sponsorlu içeriklerini açıkça belirtmeleri zorunludur. Sözleşme ilişkilerinde ise “marka elçisi”, “ortaklık ortağı” veya “destek anlaşması tarafı” gibi ünvanlarla anılabilirler. ABD’de çoğunlukla bağımsız çalışan, küçük işletme sahibi ve şeffaflık yükümlülüğü taşıyan bir pazarlama aktörü şeklinde özetlenebilir. Bu çalışmada sosyal medya etkileyicilerinin tacir statüsü ticari işletmenin unsurları kapsamında değerlendirilip ABD hukukuyla karşılaştırılarak incelenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Sosyal medya etkileyicisi, tacir, ticari işletme.

ASSESSMENT OF THE TRADER STATUS OF SOCIAL MEDIA INFLUENCERS

ABSTRACT

With the advancement of digitalization, new business models and marketing strategies have emerged that are now central to commercial life through social media. In this context, “social media influencers” have become key players in promoting brands' products and services. The question of what legal status these activities correspond to under the Turkish Commercial Code (TCC) and whether social media influencers are considered merchants is a matter of debate in academia. This study examines the elements necessary to acquire the status of a merchant as regulated in Articles 11 and 12 of the TCC: the purpose of generating income, continuity, independence, and exceeding the limits of artisan activity in the context of the activities of social media influencers. Different working models, such as sponsorship agreements, result-based collaborations, brand ambassadorship, or free product promotion, were analyzed, leading to the conclusion that these activities mostly have the nature of a commercial enterprise and may therefore give rise to the status of a merchant. However, each social media influencer must be examined separately in each specific case. Acquiring the status of a merchant entails not only an economic status for social media influencers but also a series of legal obligations. These include registration in the commercial registry, selecting and using a trade name, the obligation to act as a prudent businessperson, and the right to demand fees and interest in commercial transactions. In the United States (US), where this sector has developed, the legal status of social media influencers differs from the concept of “merchant” in Turkish law. They are mostly considered independent contractors; thus, they are not regarded as company employees but as individuals acting on their own behalf. They are considered self-employed for tax purposes, and for this reason, many social media influencers establish small business structures to manage their income more efficiently. Under Federal Trade Commission regulations, social media influencers are recognized as endorsers promoting a product or service and are subject to transparency obligations, specifically required to clearly disclose sponsored content. In contractual relationships, they may be referred to by titles such as “brand ambassador,” “partnership partner,” or “support agreement party.” In the US, they can be summarized as marketing actors who are mostly independent contractors, small business owners, and subject to transparency obligations. This study evaluates the merchant status of social media influencers within the scope of commercial enterprise elements and examines it in comparison with US law.

Key Words: Social media influencer, merchant, commercial enterprise.

TİCARİ İŞLETMENİN ANONİM ŞİRKETE DÖNÜŞÜMÜ

Öğr. Gör. Dr. GÜLŞAH İSLAMOĞLU

Avrasya Üniversitesi, islamoglugulsah@gmail.com, ORCID ID: 0000-0002-3785-4603

ÖZET

Ticari işletmenin anonim şirkete dönüşmesi, ekonomik ve hukuki bakımdan bir gereklilik hâline gelebilmektedir. Tek kişinin mülkiyetinde ve sınırsız sorumluluğunda faaliyet gösteren ticari işletme, belirli bir büyüklüğe ulaştığında kurumsallaşma talebi doğmaktadır. Artan sermaye ihtiyacı, profesyonel yönetim kadrosu gereksinimi, yatırımcı çekme arzusu ve sınırsız sorumluluğun doğurduğu riskler, işletme sahibini anonim şirket çatısı altında korunmaya yöneltir. Anonim şirketin sağladığı sınırlı sorumluluk, pay devrinin kolaylığı ve geniş finansman imkânları sayesinde işletme hem daha güvenli bir hukuki zemine kavuşur hem de sürdürülebilir büyüme fırsatlarını değerlendirme imkânı bulur. Bu tebliğde, ticari işletmenin 6102 sayılı Türk Ticaret Kanunu (TTK) m. 194 uyarınca anonim şirkete dönüşmesi kurumu ele alınmaktadır. Ticari işletme, tüzel kişiliği bulunmayan bir ekonomik organizasyon iken anonim şirket sermaye şirketleri arasında en gelişmiş yapıya sahip, tüzel kişilikli bir formdur. Bu sebeple ticari işletmeden anonim şirkete geçiş, işletme sahibinin hukuki sorumluluğu, borçların devri ve ortaklık yapısının değişimi bakımından önem arz etmektedir. Çalışmada öncelikle dönüşümün hukuki niteliği tartışılmakta, “devredici tür değiştirme” ve “biçim değiştirici tür değiştirme” ayrımı üzerinden ticari işletmenin tüzel kişiliğe geçişindeki sorunlar değerlendirilmektedir. İsviçre hukukundaki “hukuki fiksiyon” yaklaşımının Türk hukukunda da benimsendiği, ticari işletmeden sermaye şirketine dönüşümde sürekliliğin sağlandığı vurgulanmaktadır. Borçlardan sorumluluk bakımından, Türk Borçlar Kanunu m. 202’deki iki yıllık müteselsil sorumluluk ile TTK m. 158’deki üç yıllık sorumluluk rejimi karşılaştırılmakta, dönüşümün TTK’daki özel düzenleme kapsamında değerlendirilmesi gerektiği sonucuna varılmaktadır. Böylelikle ticari işletme sahibi, dönüşümden önce doğmuş borçlardan üç yıl süreyle sorumlu olmaya devam etmektedir. Tebliğ ayrıca anonim şirkete dönüşümün pratik sonuçlarını da incelemekte; ortaklık yapısının çeşitlenmesi, sınırlı sorumluluk ilkesinin işletmeye sağladığı koruma, finansmana erişim kolaylıkları ve kurumsallaşma imkânları ön plana çıkarılmaktadır. Dönüşümün, tasfiye yapılmaksızın işletmenin faaliyetlerine kesintisiz devam etmesini sağladığı ve ekonomik hayatın dinamiğine uyum açısından önemli bir araç olduğu sonucuna ulaşılmaktadır. Sonuç olarak ticari işletmenin anonim şirkete dönüşmesi hem borçluların korunması hem de girişimcinin ekonomik faaliyetlerini kurumsallaştırarak sürdürmesi açısından çift yönlü fayda sağlayan, TTK ile sistematik bir zemine oturtulmuş yenilikçi bir düzenlemedir.

Anahtar Kelimeler: Anonim şirket, ticari işletme, tür değişikliği.

CONVERSION OF A COMMERCIAL ENTERPRISE INTO A CORPORATION

ABSTRACT

The conversion of a commercial enterprise into a corporation may become an economic and legal necessity. A commercial enterprise owned and operated by a single person with unlimited liability will require institutionalization once it reaches a certain size. Increasing capital requirements, the need for professional management, the desire to attract investors, and the risks arising from unlimited liability will lead the business owner to seek protection under the umbrella of a joint-stock company. Thanks to the limited liability provided by the joint-stock company, the ease of share transfer, and the extensive financing opportunities, the business gains a more secure legal foundation and the opportunity to evaluate sustainable growth opportunities. This circular addresses the conversion of a commercial enterprise into a joint-stock company in accordance with Article 194 of the Turkish Commercial Code (TCC) No. 6102. A commercial enterprise is an economic organization without legal personality, while a joint-stock company is a form with legal personality and the most advanced structure among capital companies. For this reason, the transition from a commercial enterprise to a joint-stock company is significant in terms of the legal liability of the business owner, the transfer of debts, and the change in the partnership structure. The study first discusses the legal nature of the conversion, evaluating the problems in the transition of a commercial enterprise to legal personality through the distinction between “transfer-type conversion” and “form-changing conversion.” It emphasizes that the “legal fiction” approach in Swiss law has also been adopted in Turkish law, ensuring continuity in the conversion from a commercial enterprise to a capital company. In terms of liability for debts, the two-year joint and several liability under Article 202 of the Turkish Code of Obligations is compared with the three-year liability regime under Article 158 of the Turkish Commercial Code, and it is concluded that the conversion should be evaluated within the scope of the special regulation in the Turkish Commercial Code. Thus, the owner of the commercial enterprise remains liable for debts incurred prior to the conversion for a period of three years. The Circular also examines the practical consequences of conversion to a joint-stock company, highlighting the diversification of the partnership structure, the protection afforded to the business by the principle of limited liability, easier access to financing, and opportunities for institutionalization. It is concluded that the conversion allows the business to continue its activities without interruption and without liquidation, and is an important tool in terms of adapting to the dynamics of economic life. In conclusion, the conversion of a commercial enterprise into a joint-stock company is an innovative regulation systematically grounded in the Turkish Commercial Code, providing dual benefits in terms of both protecting creditors and enabling entrepreneurs to continue their economic activities in an institutionalized manner.

Key Words: Corporation, commercial enterprise, change of type.

TENDÜREK VOLKANI CİVARINDAKİ GÜNCEL MİKRO DEPREMLERİN ODAK MEKANİZMASI ÇÖZÜMLERİ VE GERİLME TRANSFERİ: TEKTONİK-VOLKANİK ÇIKARIM

**MSc., AYŞEGÜL ALKAN¹, Prof. Dr., İSMAİL AKKAYA²,
Doç. Dr., HAMDİ ALKAN³**

¹ Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü,
aysegul6122@gmail.com, 0009-0006-4238-7145

² Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi,
iakkaya@yyu.edu.tr, 0000-0002-7682-962X

³ Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi,
hamdialkan@yyu.edu.tr, 0000-0003-3912-7503

ÖZET

Türkiye'nin doğusu aktif tektonizma ve volkanizma açısından oldukça önemli bir bölgedir. Avrasya ve Arap plakaları, arasındaki Tetis'in kapanmasına bağlı olarak, Orta Miyosen'den itibaren Bitlis-Zagros Kenet Kuşağı boyunca Anadolu'ya doğru bindirmeye başlamıştır. K-G yönlü deformasyonla ilişkili olarak, deniz seviyesine göre bölgede 2-3 km yükselme, sığ deprensellik, farklı tipte faylar (Kuzey Anadolu Fay Zonu ve Doğu Anadolu Fay Zonu gibi) ve kabuksal kalınlaşma/kısalma meydana gelmiştir. Eş zamanlı olarak, K-G yönünde başlayan açılma çatlakları boyunca volkanik malzeme yukarıya doğru çıkmaya başlamış ve volkanizmanın gelişmesine yol açmıştır. Doğu Anadolu'daki volkanizmanın, Arap-Avrasya levhalarının kıta-kıta çarpışması ile ilişkili olarak Miyosen dönemde (yaklaşık 11-13 milyon yıl önce) başladığı düşünülmektedir. Kuvaterner yaşlı volkanik merkezler (Nemrut, Süphan, Tendürek ve Ağrı) kalkan ve stratavolkan tipine sahiptirler. Bu çalışmada, yaklaşık 3500 m yüksekliğe sahip olan Van ve Ağrı il sınırları içerisinde bulunan ikiz konili Tendürek Volkanı ve yakın çevresinde 2020 yılından sonra meydana gelmiş mikro depremlerin odak mekanizması çözümleri incelenmiştir. Bu amaç için Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı'na ait 3-bileşen deprem istasyonlarının kayıtları kullanılarak, 22 adet yerel ve küçük depremin odak mekanizması parametreleri (doğrultu, eğim açısı, kayma açısı, derinlik, büyüklük, enlem, boylam) hesaplanmıştır. Hesaplanan odak mekanizması çözümlerinin kullanılmasıyla, Tendürek Volkanı ve civarındaki gerilme transferinin ve deprenselliğin kaynağı araştırılmıştır. Depremlerin odak mekanizması sonuçları genel olarak normal fay tipindedir. Bunun yanında, bölgede volkanik merkez civarında doğrultu atımlı fay mekanizmasına sahip Balıkgözü, Çaldıran ve Doğubeyazıt fayları ile birlikte normal fay tipinde Tendürek fayı da bulunmaktadır. Özellikle sığ kabuksal derinliklerdeki (0-10 km) Coulomb gerilme değişimi haritalarına incelendiğinde, volkanik merkezin hemen altında yukarı-aşağı yönlü pozitif gerilmeler gözlemlenmişken, GD-KB yönünde ise negatif gerilme lobları belirgindir. Sonuç olarak, hesaplanan sismotektonik parametreler ile Tendürek Volkanı ve civarının güncel deprenselliği ortaya çıkarılmaya çalışılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Tendürek volkanı, odak mekanizması, Coulomb gerilme değişimi

FOCAL MECHANISM SOLUTIONS AND STRESS TRANSFERS OF RECENT MICROEARTHQUAKES AROUND TENDÜREK STRATAVOLCANO: TECTONIC-VOLCANIC IMPLICATION

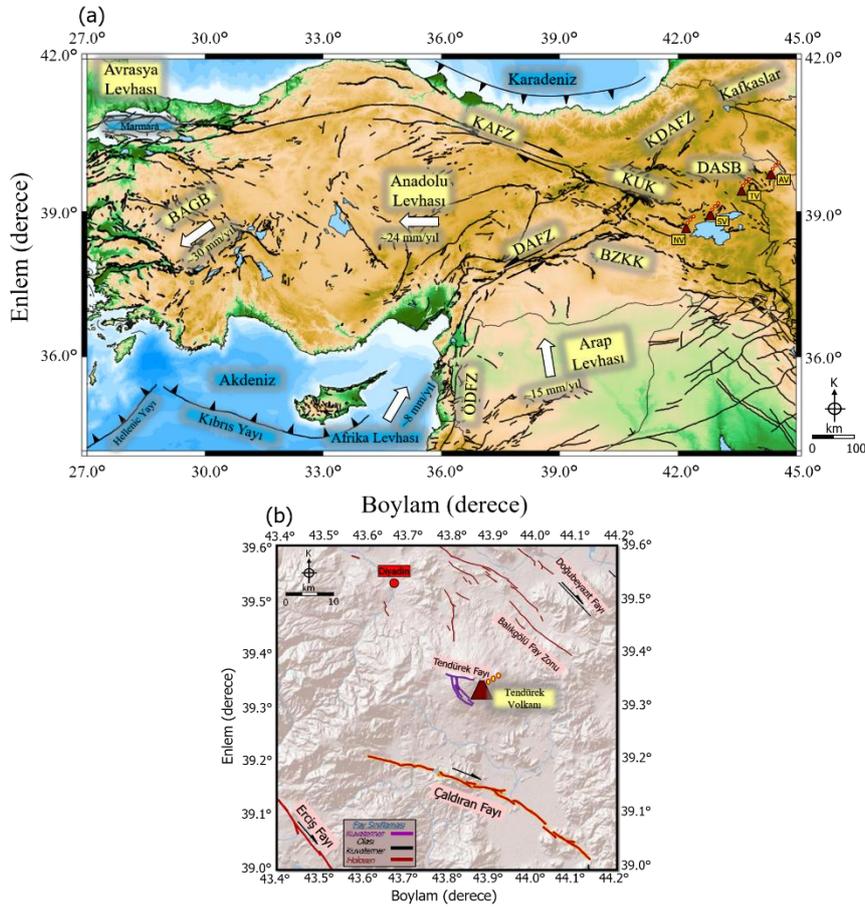
ABSTRACT

The eastern region of Türkiye is of considerable geotectonic significance due to ongoing tectonic and volcanic activity. Since the Middle Miocene, following the closure of the Tethys Ocean, the Arabian and Eurasian plates have been converging along the Bitlis-Zagros Suture Zone, exerting compressional forces on the Anatolian Plate. This north-south compressional regime has resulted in a regional uplift of approximately 2-3 km relative to sea level, increased shallow seismicity, the development of various fault systems (e.g., the North Anatolian and East Anatolian Fault Zones), and substantial crustal shortening and thickening. Concurrently, volcanic activity emerged as magma ascended through extensional fractures oriented in a north-south direction. Volcanism in Eastern Anatolia is thought to have initiated during the Miocene epoch (approximately 11-13 million years ago), associated with the continental collision between the Arabian and Eurasian plates. Quaternary volcanic centers such as Nemrut, Süphan, Tendürek, and Ağrı exhibit both shield and stratovolcano morphologies. This study focuses on the analysis of focal mechanism solutions for microearthquakes that occurred after 2020 in and around the twin-cone Tendürek Volcano, which is situated at an elevation of approximately 3,500 meters within the Van and Ağrı provinces. The focal mechanism parameters- strike, dip, rake, depth, magnitude, latitude, and longitude- of 22 local microearthquakes were determined using data from three-component seismic stations operated by the Disaster and Emergency Management Authority. These solutions were then used to assess the regional stress regime and seismicity around Tendürek Volcano. The results indicate that normal faulting predominates in the region. In addition, strike-slip faulting is observed along faults such as Balıkgöl, Çaldıran, and Doğubeyazıt, whereas the Tendürek Fault is characterized primarily by normal faulting. Coulomb stress change maps, particularly at shallow depths (0-10 km), reveal positive stress accumulation beneath the volcanic center in the vertical direction, while negative stress lobes extend along a southeast-northwest orientation. Ultimately, this study aims to enhance the understanding of the current seismotectonic behavior of Tendürek Volcano and its surrounding area through a detailed evaluation of earthquake focal mechanisms.

Keywords: Tendürek volcano, focal mechanism, Coulomb stress change

1. GİRİŞ

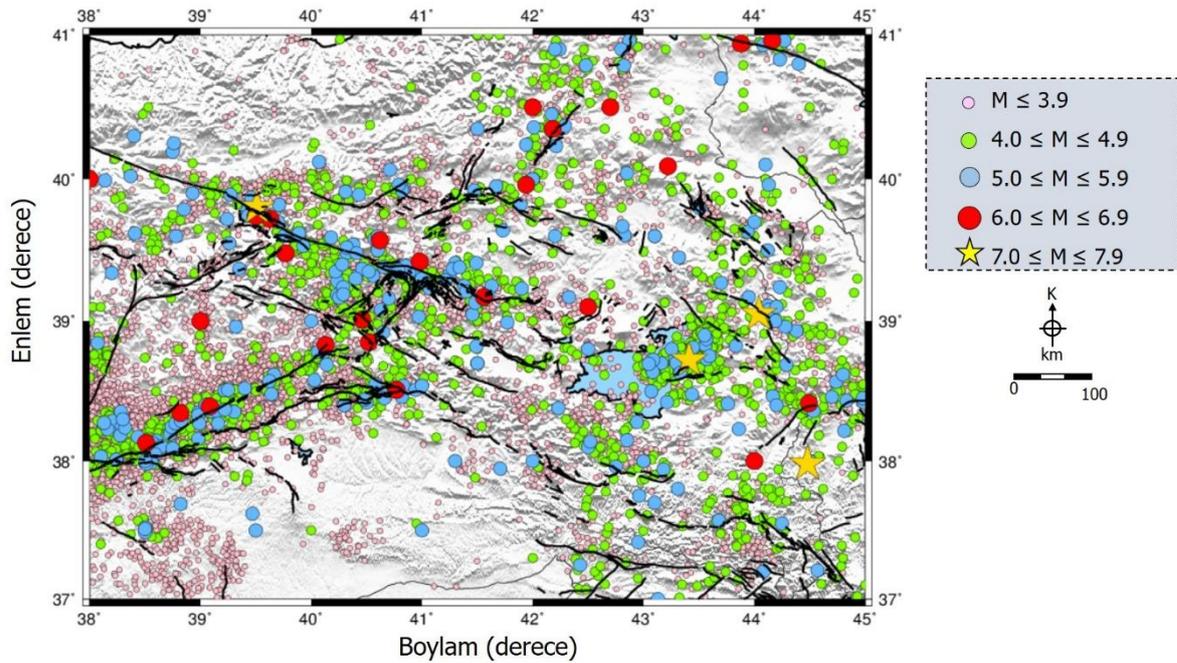
Avrasya-Anadolu-Arap plakalarının göreceli hareketleri ve meydana getirdikleri deformasyon Bitlis-Zagros Kenet Kuşağı (BZKK) boyunca Doğu Anadolu Sıkışma bölgesinde (DASB), dikkate değer şekilde tektonizma, volkanizma ve deprenselliğe neden olmaktadır. Bunun yanında, günümüzde Anadolu levhasının batıya doğru göçü ve aynı zamanda saat yönü tersine rotasyonu Kuzey Anadolu Fay Zonu (KAFZ) ve Doğu Anadolu Fay Zonu (DAFZ) boyunca devam etmektedir. Aynı zamanda, Batı Anadolu’da horst-graben sistemlerinden meydana gelen genişleme bölgesi ortaya çıkmaktadır. Bununla birlikte, Afrika levhasının Avrasya levhasına doğru kuzey yönlü dalımı, Doğu Akdeniz’de Hellenic ve Kıbrıs yaylarının gelişmesine sebep olmuştur. Anadolu ve yakın civarındaki diğer önemli tektonik yapılar ise Ölü Deniz Fay Zonu (ÖDFZ), Kuzey-Doğu Anadolu Fay Zonu (KDAFZ) ve Karlıova Üçlü Kesişimi (KUK) olarak verilebilir (Görsel 1a).



Görsel 1. (a) Anadolu ve civarı için temel tektonik yapılar (Emre vd., 2018 ve Alkan vd., 2021’den değiştirilerek alınmıştır). Beyaz oklar levhaların yıllık hareketini göstermektedir (Reilinger vd., 2006). Kısaltmalar: BAGB: Batı Anadolu Genişleme Bölgesi, BZZK; Bitlis-Zagros Kenet Kuşağı, DAFZ; Doğu Anadolu Fay Zonu, DASB; Doğu Anadolu Sıkışma Bölgesi, KAFZ: Kuzey Anadolu Fay Zonu, KDAFZ: Kuzey-Doğu Anadolu Fay Zonu, KUK; Karlıova Üçlü Kesişimi, ÖDFZ; Ölü Deniz Fay Zonu. Volkanlar: NV; Nemrut volkanı, SV; Süphan volkanı, TV; Tendürek volkanı, AV; Ağrı volkanı (b) Tendürek Volkanı ve civarındaki aktif diri faylar (Emre vd., 2018’den alınmıştır).

Anadolu ve civarının genel tektonik birliklerine ek olarak, Doğu Anadolu bölgesinde, Arap-Avrasya levhalarının göreceli hareketi neticesinde meydana gelen kuzey-güney yönlü deformasyonla ilişkili olarak önemli Senozoyik volkanik merkezlerde bulunmaktadır. Bu volkanik merkezler güney batıdan kuzey doğuya doğru sırası ile Nemrut, Süphan, Tendürek ve Ağrı olarak verilebilir. Tendürek Volkanı, Doğu Anadolu'daki en büyük Kuvaterner volkanlardan bir tanesidir. Volkanik masifin en üst kesiminde, mükemmel korunmuş kraterlere sahip Büyük Tendürek (3549 m) ve Küçük Tendürek (3313 m) olmak üzere iki büyük koni yer alır (Lebedev vd., 2016). Bu çalışma kapsamında, özellikle Tendürek Volkanı ve civarında Holosen yaşlı fay ve fay zonlarına dikkat çekilmiştir. Bu fay ve fay zonları; Erciş Fayı (EF), Çaldıran Fayı (ÇF), Balıkgözü Fay Zonu (BFZ), Doğubeyazıt Fayı (DF) ve Tendürek Fayıdır (TF) (Görsel 1b). Bu tektonik yapıların fay mekanizmaları doğrultu atımlı ve normal fay tipindedir (Emre vd., 2018).

Doğu Anadolu ve civarı depremsellik açısından Alp-Himalaya orojenik kuşağındaki önemli bölgelerden bir tanesidir. Bölgede aletsel dönemde önemli sayıda büyük/yıkıcı depremler meydana gelmiştir. Görsel 2'de Kandilli Rasathanesi Deprem Araştırma Enstitüsü (KRDAE) deprem kataloğundan alınmış, 1900-2025 yılları arasında meydana gelmiş farklı magnitüdüdeki yaklaşık 50,000 adet depremin episantr lokasyonları gösterilmiştir. Özellikle 1939 Erzincan depremi ($M_w=7.9$), 1976 Çaldıran depremi ($M_w=7.5$) ve 2011 Van depremi ($M_w=7.2$) yıkıcı/hasar verici tektonik depremlerin başında gelmektedir. Bu yıkıcı depremlere doğrultu atımlı fay tipine sahip KAFZ, ÇF ve Van Fay Zonu gibi bölgedeki önemli tektonik yapılar neden olmuştur. Bu bahsedilen tektonik olaylara ek olarak, bölgedeki aktif volkanik kuşak üzerinde bulunan genç volkanik yapılarda yıkıcı ya da hissedilemeyen olsa bile, bir dizi küçük ölçekte deprem meydana gelmektedir. Bu duruma örnek olarak Nemrut stratovolkanı gösterilebilir. Alkan vd. (2024) Nemrut kalderası civarındaki volkanik depremleri incelemişlerdir. Alkan vd. (2024) elde ettikleri sonuçlara göre, kaldera altında yaklaşık 4 km civarındaki derinlikte bulunan magma odacıkları civarında depremlerin meydana geldiği ve bu depremlerin normal ve ters fay mekanizmasına sahip olduğunu belirlemişlerdir. Bunun yanında bu volkanik depremlerin yukarı-aşağı yönlü pozitif gerilme değişimine neden olduğunu belirlemişlerdir.



Görsel 2. Doğu Anadolu civarında 1900-2025 yılları arasında meydana gelen ~50,000 adet depremin ($1.0 \leq M \leq 7.9$) episantr dağılım haritası (KRDAE web sitesinden alınmıştır).

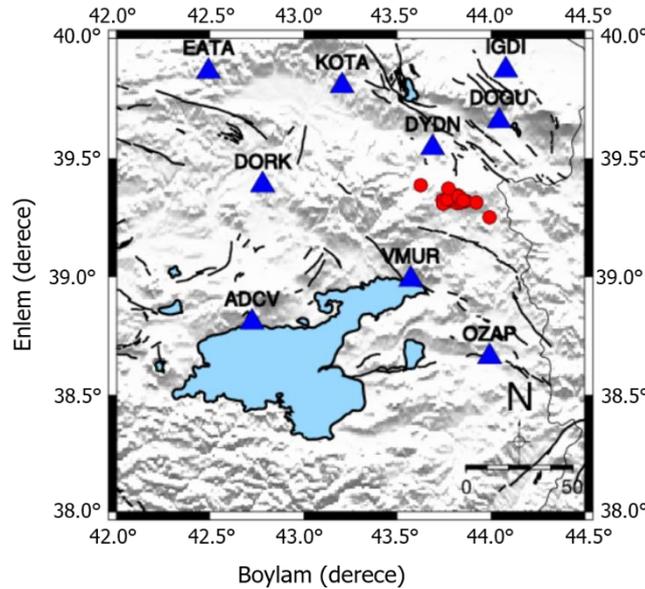
Magnitüd değişimleri farklı sembollerle gösterilmiştir.

Bu çalışma kapsamında, 2020-2025 yılları arasında Tendürek Volkanı ve civarında meydana gelmiş küçük magnitüdü ($1.0 \leq M \leq 2.7$) depremlerin odak mekanizması çözümlerinin hesaplanarak, bölgenin Coulomb gerilme değişimi analizi yapılmıştır. Dolayısıyla, yeniden hesaplanan deprem episantr lokasyonu, hiposantr derinliği ve odak mekanizması parametreleri ile Tendürek volkanı ve civarındaki güncel depremselliğin bir değerlendirilmesi yapılmıştır.

2. VERİ VE YÖNTEM

Küçük magnitüde sahip depremlerin odak mekanizması çözümleri yer bilimleri enstitüleri tarafından genellikle paylaşılmamaktadır. Fakat meydana gelmiş bir mikro depremin lokasyon ve zaman bilgilerine ulaşmak mümkündür. Dolayısıyla, herhangi bir depremin 3-bileşen deprem istasyonu kaydına da bu zaman bilgisini kullanarak erişilebilir. Bu doğrultuda, Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı (AFAD) hem mikro depremlerin episantr parametrelerine hem de farklı band-tipindeki 3-bileşen kayıtlarına erişimi açık şekilde sağlamaktadır. Görsel 3’de gösterildiği gibi, AFAD tarafından bölgede işletilen ADCV, VMUR, OZAP, DORK, DYDN, DOGU, IGDI, KOTA ve EATA 3-bileşen geniş bantlı deprem istasyonlarına ait 22 adet depremin (Görsel 3, kırmızı daireler) sayısal kayıtlarına erişilmiştir. Bu seçilmiş istasyonların ve depremlerin detaylı bilgileri AFAD web sitesinde bulunabilir. AFAD’tan fseed formatında indirilen ham 3-bileşen veriler ilk olarak Seismic Analysis Code (SAC) (Helffrich vd., 2013) paket programı ile bir dizi ön-veri işlem aşamasından geçirildikten sonra, SEISAN paket yazılımında (Ottmoller vd., 2021) okutulabilecek miniSEED formatına

dönüştürülmüştür. SEISAN ara yüzünde bulunan filtreleme seçenekleri ile P-dalgası ve S-dalgası ilk varışları ile birlikte koda ve süre sınırlaması yapılabilecek hale getirilmiştir.



Görsel 3. Çalışma bölgesinde AFAD tarafından işletilen deprem istasyonlarının konumları (mavi üçgenler) ve odak mekanizması çözümleri yapılmış olan depremlerin (kırmızı daireler) AFAD tarafından verilen episentr noktaları.

2.1. Depremlerin Odak Mekanizması Çözümleri: PINV ve FPFIT

Seçilmiş depremlerin lokasyonları için SEISAN paket yazılımında bulunan PINV ve FPFIT odak mekanizması algoritmaları kullanılmıştır. SEISAN temel olarak P-dalgası hareketinin gelişinin (sıkışma veya genişleme) analizine dayanır. 1-D hız modeli için ise crust1.0'den (Laske vd., 2013) referans hız modeli kullanılmıştır. FPFIT algoritması (Reasenberg ve Oppenheimer, 1985) fazların ilk hareket polaritelerini kullanır ve ters çözüm ilk hareket polaritesi değişimlerinin normalize edilmiş ağırlıklı toplamını en aza indirgeyerek ve bir grid yöntemi kullanılarak kaynak model için gerçekleştirilir. Sonuç olarak, P-dalgası polaritelerinden en optimum çözüm bulunur. PINV algoritması (Suetsugu, 1998) ise FPFIT'e benzerdir fakat sadece P-dalgası polaritelerini kullanır. PINV'de kutuplara dayalı bir başlangıç odak mekanizması çözümü oluşturulur ve diğer odak mekanizması çözümlerine yardımcı olma hedeflenir. PINV olası bir fay düzlemi çözümü hakkında fikir verebilir ve gözlemlerle ideal olarak genel tutarlılık kontrol edilir (Gok ve Polat, 2014).

2.2. Coulomb Gerilme Değişimi

Nemrut ya da Tendürek gibi volkanik bölgelerde meydana gelen sismik aktivitenin tektonik bir süreçle mi yoksa volkanizma ile ilişkili olduğunu ayırt etmek bölgenin güncel sismik risk potansiyelini anlamak için oldukça önemlidir. Bir volkan kalderasının hemen altında ya da yakın civarında meydana gelmiş bir dizi depremin odak

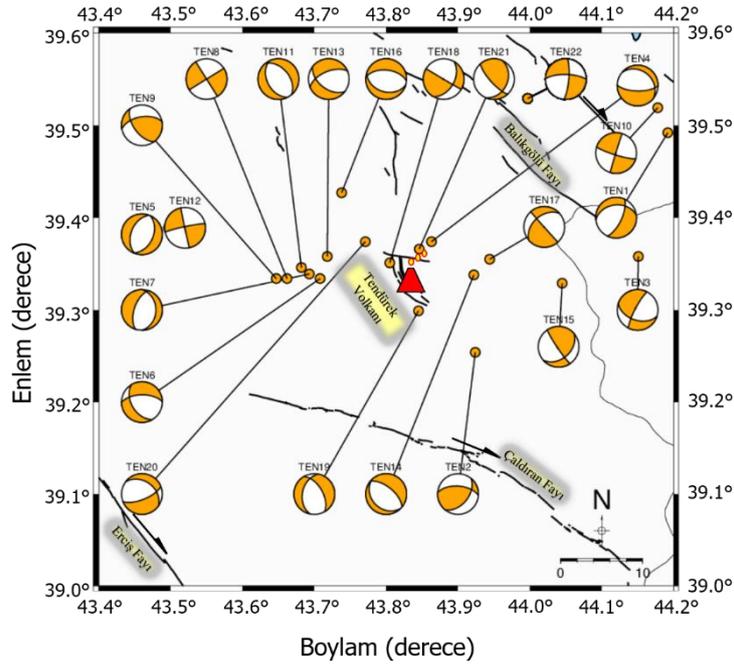
mekanizması tipi yanında, pozitif/negatif gerilme transferinin karakterini de anlamak bu bağlamda oldukça önemlidir. Literatürde, Troise vd. (2003), Walter ve Amelung (2006), Bonali vd. (2015) ve Gregg vd. (2018) gibi önemli çalışmalar bulunmaktadır. Coulomb gerilme yenilmesi ($\Delta\tau_{cfs}$) herhangi bir fayda bir depremin tetiklemeyle eşik gerilme değerinin aşıldığı bir durumda hesaplanabilir ve takip eden eşitlik ile formülize edilir (King vd., 1994; Toda vd., 2011):

$$\Delta\tau_{cfs} = \Delta\tau + \mu (\Delta\sigma_n + \Delta P) \quad (1)$$

Eşitlikte, $\Delta\tau$ kayma yönündeki pozitif kesme gerilmesi ve $\Delta\sigma_n$ faydaki normal gerilmeyi temsil etmektedir. ΔP gözenek basıncı ve μ ise gözenek basınç değişimini temsil eden efektif sürtünme katsayısıdır. Gargani vd. (2006)'ya göre, bir volkanın viskoelastik elemanları ile ilişkili sürtünme katsayısının 0.75 olduğu varsayılmaktadır.

3. BULGULAR VE TARTIŞMA

Görsel 4'de Tendürek volkanı ve civarındaki seçilmiş depremlerin relokasyon (turuncu daireler) ve odak mekanizması çözümleri (turuncu plaj topları) gösterilmektedir. Tendürek volkanı civarında, genellikle normal fay tipine sahip depremlerin kümelenildiği görülmüşken, özellikle kuzey doğuda bulunan Balıkgözü fayı civarında doğrultu atımlı fay tipine sahip depremler belirgindir. Bu durum, volkanın hemen yanında bulunan depremlerin normal fay bileşenli Tendürek fayı ve volkanın kendisi ile ilişkili olduğu, diğer taraftan, diğer depremlerin doğrultu atımlı karaktere sahip çevre faylarla (Balıkgözü fayı ve Doğubeyazıt fayı gibi) ilişkili olduğunu göstermektedir. Bathke vd. (2014), kalderaların yapısal olarak eğim atımlı olduğu düşünülen normal ve/veya ters faylarla sınırlı olduğunu ifade etmişlerdir.

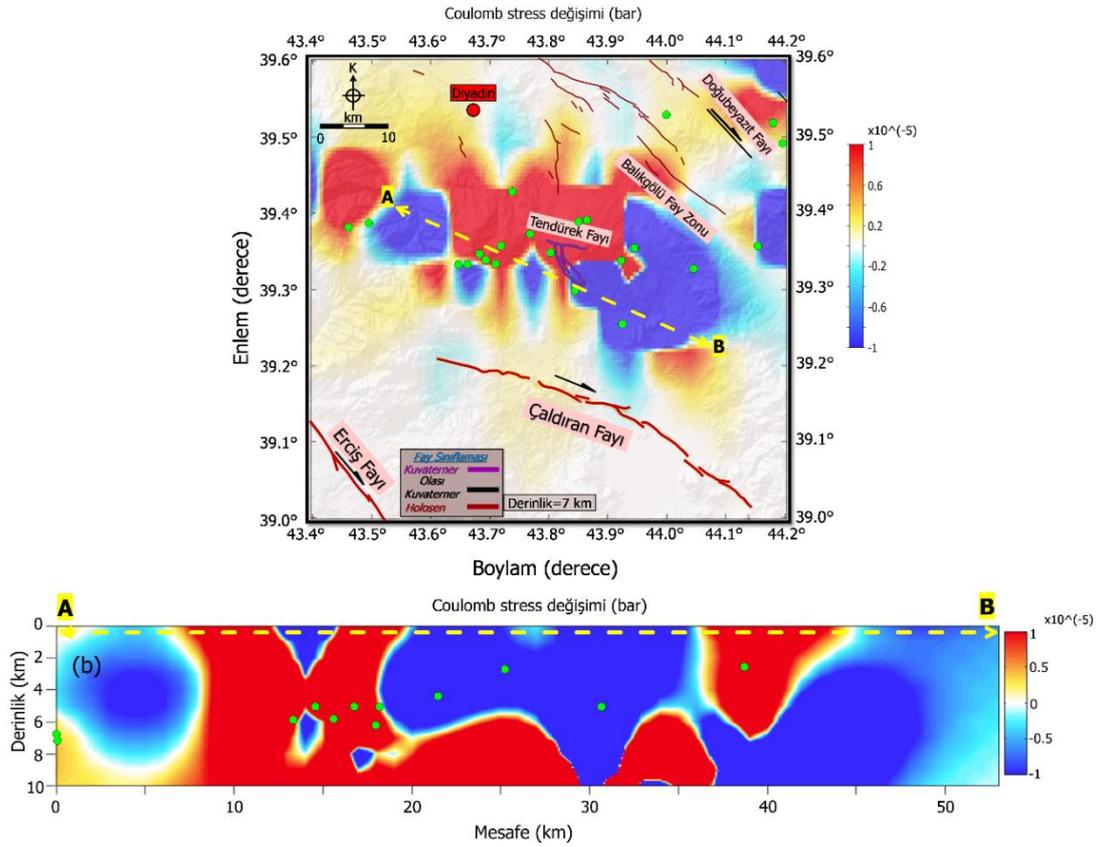


Görsel 4. Tendürek volkanı civarında meydana gelmiş mikro depremlerin yeni episentr noktaları (turuncu daireler) ve odak mekanizması (turuncu plaj topları) çözümleri.

Görsel 5’de referans derinlik (7 km) için seçilmiş depremlerden faydalanılarak hesaplanan Coulomb gerilme değişimi haritası gösterilmiştir. Aynı zamanda, A-B profili boyunca (sarı kesikli çizgi) 10 km derinlik aralığı için pozitif-negatif gerilme değişimleri de gösterilmiştir. Görsel 5’de gösterilen yeşil daireler, depremlerin yeniden hesaplanan episentr ve hiposentr noktalarını temsil etmektedir. Coulomb stress haritasına bakıldığında (Görsel 5a), pozitif gerilme loblarının volkanın hemen civarında ve KB doğrultusunda olduğunu göstermektedir. Lebedev vd. (2016), mevcut jeolojik ve jeomorfolojik verilere göre, Tendürek Volkanının potansiyel olarak aktif olduğunu ifade etmiştir. Aynı zamanda, Ulusoy (2016), Tendürek kraterleri için hesaplanan bağlı ısı akısı değerlerinin dünyadaki diğer aktif volkanlar için benzer yaklaşımlarla hesaplanan değer aralığına girdiğini ifade etmiştir. Buna ek olarak, özellikle çalışma alanının kuzey doğusunda bulunan Balıkgölü ve Doğubeyazıt fayları civarında diri-fay izleri boyunca pozitif gerilme değerleri göze çarpmaktadır. Bunun aksine, negatif gerilme lobları Tendürek volkanının hemen GD’su ile çalışma alanının doğusunda gözlemlenebilir.

0-10 km derinlik değerleri arasında ve A-B doğrultusu boyunca oluşturulan profilde (Görsel 5b), volkanın hemen altında ve KD doğrultusunda pozitif gerilme değerlerinin varlığı açıkça gözlemlenebilir. Çobanoğlu (2023) Tendürek volkanının kuzeyinde K-G yönlü sıkışma tektonik rejimine bağlı olarak açılma çatlaklarının varlığından bahsetmiş ve kuzeye doğru devam ettiğini ifade etmiştir. Aynı zamanda deprem oluş derinlikleri de (yeşil daireler) pozitif gerilme değişimi derinliklerine (~6 km) karşılık gelmektedir. Bu durum yukarı-aşağı yönlü pozitif gerilme transferi olarak yorumlanabilir. Negatif gerilme

değişimleri ise 3 ayrı lob olarak gözlemlenebilir. İlk negatif lob kuzey batı doğrultusunda, ikinci negatif lob volkanın hemen civarında ve üçüncü negatif lob ise çalışma bölgesine göre GD doğrultusundadır.



Görsel 5. Odak mekanizması çözümleri yapılmış depremlerin kullanılmasıyla Tendürek Volkanı ve civarındaki stress değişimi haritası. (a) Ortalama derinlik seviyesi için gerilme değişimi, (b) A-B profili (sarı kesikli çizgi) boyunca derinlik kesitini temsil etmektedir. Fay sınıflaması Emre vd., 2018'den alınmıştır. Yeşil daireler depremlerin episantr ve hiposantr lokasyonlarını temsil etmektedir. Gerilme değişimi -1×10^{-5} ile 1×10^{-5} arasındadır. Mavi alanlar düşük gerilme bölgelerini ve kırmızı alanlar pozitif gerilme bölgelerini göstermektedir.

4. SONUÇLAR

Bu çalışmada, Tendürek volkanı civarındaki yerel sismik aktivitenin kaynağı odak mekanizması çözümleri ve Coulomb stress değişimi modellemesi ile araştırılmıştır. Statik gerilme değişimi haritası ve derinlik profili seçilmiş ve çözümleri yapılmış mikro-depremlerin odak mekanizması parametrelerinden faydalanılarak oluşturulmuştur. Gerilme değişimleri incelendiğinde, özellikle volkanın civarında yukarı-aşağı yönlü pozitif gerilme transferinin ortaya çıktığı görülmektedir. Buna ek olarak, Balıkgözü fayı ve Doğubeyazıt fayı civarında da pozitif gerilme değişimleri gözlemlenmektedir.

Odak mekanizması çözümleri Tendürek volkanı civarında genellikle normal fay tipini temsil etmekteyken, çevre fay ve fay zonlarına yakın episantrlara sahip depremlerin odak mekanizması tipleri doğrudan atımlı olarak elde edilmiştir. Bu sonuçlar, Tendürek volkanı altındaki depremlerin volkanik birimler ile ilişkili olabileceğini işaret etmektedir. Bunun yanında çevre bölgelerde meydana gelen depremlerin ise ilgili faylar ile uyumlu olduğunu ve tektonik kökenli olduğu çıkarımını desteklemektedir. Sonuç olarak, Tendürek volkan kalderası altındaki magma aktivitesi küçük magnitüdü volkanik-tektonik depremlere neden olabilirken, çevre fay zonlarının da tektonik deprem üretkenliği devam etmektedir.

KAYNAKÇA

- Alkan, H., Büyüksaraç, A., Bektaş, Ö., Işık, E. Coulomb stress change before and after 24.01.2020 Sivrice (Elazığ) Earthquake (Mw = 6.8) on the East Anatolian Fault Zone, Arab. J. Geosci., 14-2648, 2021.
- Alkan, H., Bektaş, Ö., Büyüksaraç, A. Coulomb Stress Analysis in Nemrut Caldera (East Anatolia, Türkiye), Bitlis Eren Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi, 13(3), 788-797, 2024.
- Bathke, H., Nikkhoo, M., Holohan, E. P., Walter, T.R., *Oblique-slip faulting at Tendürek volcano observed by using InSAR*, In EGU General Assembly Conference Abstracts, 12934, 2014.
- Bonali, F.L., Tibaldi, A., Corazzato, C. Sensitivity analysis of earthquake-induced static stress changes on volcanoes: the 2010 Mw 8.8 Chile earthquake, Geophysical Journal International, 201(3), 1868-1890, 2015.
- Çobanoğlu, S. *Tendürek Dağı (Ağrı-Van) ve Yakın Çevresinin Jeomorfolojisi*, Yüksek Lisans Tezi, Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Van, 2023.
- Emre, Ö., Duman, T.Y., Özalp, S., Şaroğlu, F., Olgun, Ş., Elmacı, H., Çan, T. Active fault database of Turkey, Bulletin of Earthquake Engineering, 16(8), 3229-3275, 2018.
- Gargani, J., Geoffroy, L., Gac, S., Cravoisier, S. Fault slip and Coulomb stress variations around a pressured magma reservoir: consequences on seismicity and magma intrusion, Terra Nova, 18(6) 403-411, 2006.
- Gok, E., Polat, O. An assessment of the microseismic activity and focal mechanisms of the Izmir (Smyrna) area from a new local network (IzmirNET), Tectonophysics, 635, 154-164, 2014.
- Gregg, P.M., Le Mével, H., Zhan, Y., Dufek, J., Geist, D., Chadwick Jr, W.W. Stress triggering of the 2005 eruption of Sierra Negra volcano, Galápagos, Geophysical Research Letters, 45(24), 13-288, 2018.
- Helfrich, G., Wookey, J., Bastow, I. The seismic analysis code: a primer and user's guide, Cambridge University Press, 2013.
- King, G.C., Stein, R.S., Jin, L. Static stress changes and the triggering of earthquakes, Bulletin of the Seismological Society of America, 84(3):935-953, 1994.

- Lebedev, V.A., Sharkov, E.V., Ünal, E., Keskin, M. Late pleistocene Tendürek volcano (Eastern Anatolia, Turkey): I. Geochronology and petrographic characteristics of igneous rocks, *Petrology*, 24, 127-152, 2016.
- Laske, G., Masters, G., Ma, Z., Pasyanos, M. Update on CRUST1.0- A 1-degree Global Model of Earth's Crust, *Geophys. Res., Abstracts* 15., EGU2013-2658, 2013.
- Ottmöller, L., Voss, P.H., Havskov, J. SEISAN Earthquake Analysis Software for Windows, Solaris, Linux and Macosx, Version 12.0. 607, University of Bergen, ISBN 978-82-8088-501-2, 2021.
- Reasenber, P., Oppenheimer, D. Fpt, fppplot, and fppage: Fortran computer programs for calculating and displaying earthquake fault plane solutions, Technical report, U.S. Geol. Survey, 1985.
- Reilinger, R., McClusky, S., Vernant, P., Lawrence, S., Ergintav, S., Cakmak, R., Ozener, H., Kadirov, F., Guliev, I., Stepanyan, R., Nadariya, M., Hahubia, G., Mahmoud, S., Sakr, K., ArRajehi, A., Paradissis, D., Al-Aydrus, A., Prilepin, M., Guseva, T., Evren, E., Dmitrota, A., Filikov, S.V., Gomez, F., Al-Ghazzi, R., Karam, G. GPS constraints on continental deformation in the Africa-Arabia-Eurasia continental collision zone and implications for the dynamics of plate interactions, *Journal of Geophysical Research: Solid Earth*, 11, 2006.
- Suetsugu, D. Practice on source mechanism, iisee lecture note, Technical report, Tsukuba, Japan, 1998.
- Toda, S., Stein, R.S., Sevilgen, V., Lin, J. Coulomb 3.3 Graphic-rich deformation and stress-change software for earthquake, tectonic, and volcano research and teaching-user guide. U.S. Geological Survey Open-File Report 2011-1060, 63, 2011.
- Troise, C., Pingue, F., De Natale, G. Coulomb stress changes at calderas: Modeling the seismicity of Campi Flegrei (southern Italy), *Journal of Geophysical Research: Solid Earth*, 108(B6), 2003.
- Ulusoy, I. Temporal radiative heat flux estimation and alteration mapping of Tendürek volcano (eastern Turkey) using ASTER imagery, *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 327, 40-54, 2016.
- Walter, T.R., Amelung, F. Volcano-earthquake interaction at Mauna Loa volcano, Hawaii, *Journal of Geophysical Research: Solid Earth*, 111(B5), 2006.

MUŞ VE CİVARINDAKİ (TÜRKİYE) GÜNCEL VE GELECEK DEPREM POTANSİYELİ/TEHLİKESİ ÜZERİNE İSTATİSTİKSEL BİR DEĞERLENDİRME

MSc., ECENUR CANSU ŞİMŞEK¹, Prof. Dr., SERKAN ÖZTÜRK²,
Doç. Dr., HAMDİ ALKAN³

¹ İçişleri Bakanlığı, Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı,
ecansu.yildiz@afad.gov.tr, 0009-0009-8584-7422

² Gümüşhane Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi,
serkanozturk@gumushane.edu.tr, 0000-0003-1322-5164

³ Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi,
hamdialkan@yyu.edu.tr, 0000-0003-3912-7503

ÖZET

Bu çalışma kapsamında, Muş ve civarındaki (Türkiye) güncel deprem potansiyeli ile gelecek deprem oluşumları için istatistiksel analizler gerçekleştirilmiş ve 2025 yılı başlangıcındaki sismik aktivite değişimleri değerlendirilmiştir. Bu amaçla, deprem oluşumlarının magnitüd-frekans dağılımını tanımlayan b -değeri, oluşma olasılıkları, tekrarlama periyodları ve deprensellik oran değişimlerini tanımlayan standart normal sapma Z -değeri gibi deprem istatistiğinin temel parametreleri arasındaki ilişkiler dikkate alınmıştır. Muş ve civarında 2020 yılından sonra meydana gelen iki güçlü 14 Haziran 2020 ($M_w=5.8$) ve 17 Şubat 2023 ($M_w=5.0$) depremleri, Türkiye'nin bu bölgesindeki güncel deprem potansiyelini/tehlikesini net bir şekilde ortaya koymaktadır. İstatistiksel analizler için, 12 Kasım 1934-31 Aralık 2024 yılları arasında yaklaşık 90.13 yıllık süreçte, 38.2°K - 39.6°K enlemleri ile 40.0°D - 43.0°D boylamları arasında moment magnitüdüleri $1.0 \leq M_w \leq 6.9$ arasında değişen 15.312 deprem kullanılmıştır. Tamlık magnitüdü M_c -değeri 2.7 olarak kabul edilmiş ve b -değeri 0.77 ± 0.04 olarak hesaplanmıştır. Bu değer, magnitüd-frekans dağılımının ortalama $b \sim 1.0$ ile önerilen değerinden nispeten küçüktür ve buda Muş ve civarında artan bir gerilmeye işaret edebilir. Güçlü/yıkıcı depremler için $M_w=5.0, 5.5, 6.0, 6.5$ ve 6.9 büyüklüğündeki depremlerin orta vadede (10 yıl) oluşma olasılıkları sırasıyla $\sim 97\%$, $\sim 75\%$, $\sim 43\%$, $\sim 21\%$ ve $\sim 11\%$ olarak tahmin edilmiştir. Bu büyüklükteki depremlerin tekrarlama periyodları ise sırasıyla ~ 3 yıl, ~ 7 yıl, ~ 18 yıl, ~ 43 yıl ve ~ 86 yıl olarak hesaplanmıştır. Sismik durgunluk analizi için $M_w \geq 2.7$ alınarak ayrıştırılmış ve 3471 depremden oluşan katalog kullanılmıştır. 2025 yılı başlangıcında, yüksek Z -değerleri (sismik durgunluk alanları) Yedisu ve Kargapazarı segmentleri arasında, Bingöl ve Kavakbaşı Fay zonu civarında,

Varto Fay zonu, Akdoğan Gölü fayı, Haçlı Gölü fayı ve Malazgirt fayını içeren alanlarda gözlenmiştir ve bu bölgeler gelecekteki deprem oluşumları için olası bölgeler olarak yorumlanabilir. Sonuç olarak, tüm parametrelerin birlikte değerlendirilmesi, Muş ve civarındaki güncel ve orta vadede deprem potansiyelinin ve tehlikesinin ortaya konulmasına katkıda bulunacaktır.

Anahtar Kelimeler: Muş, *b*-değeri, deprem olasılığı, tekrarlama periyodu, sismik durgunluk

A STATISTICAL APPRAISAL ON THE CURRENT AND FUTURE EARTHQUAKE POTENTIAL/HAZARD IN MUŞ AND ITS VICINITY (TÜRKİYE)

ABSTRACT

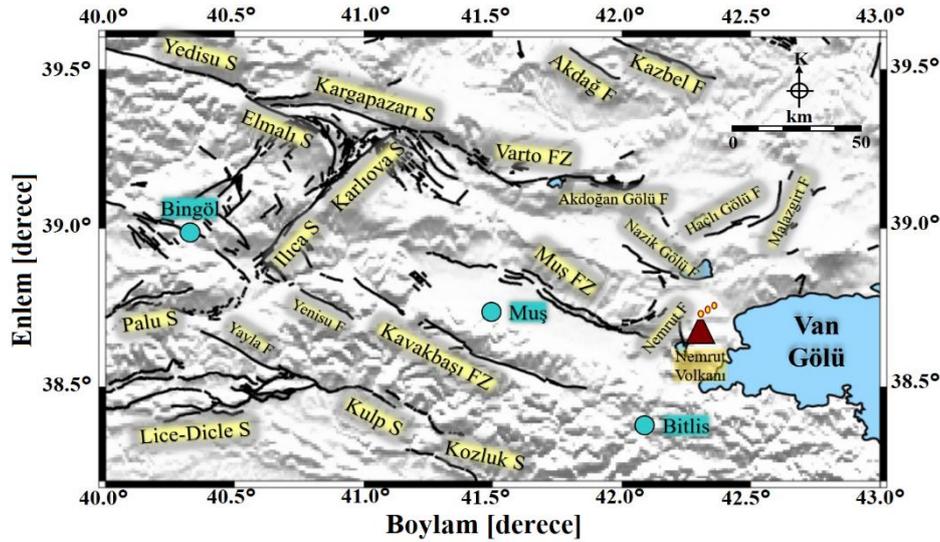
In the scope of this work, statistical analyses of current earthquake potential and future earthquake occurrences in Muş and its surroundings, Türkiye, were performed and the changes in seismic activity at the beginning of 2025 were evaluated. For this purpose, the relationships between the basic parameters of earthquake statistics such as *b*-value, which defines the magnitude-frequency distribution of earthquake occurrences, occurrence probabilities, recurrence periods and standard normal deviation *Z*-value, which defines the seismicity rate changes, were taken into consideration. Two strong earthquakes that occurred in and around Muş after 2020, on June 14, 2020 ($M_w=5.8$) and February 17, 2023 ($M_w=5.0$), clearly reveal the current earthquake potential/hazard in this region of Türkiye. For the statistical analyses, 15,312 earthquakes with moment magnitudes ranging from $1.0 \leq M_w \leq 6.9$ between the latitudes of 38.2°N - 39.6°N and longitudes of 40.0°E - 43.0°E , over a period of approximately 90.13 years between November 12, 1934 and December 31, 2024, were used. Magnitude of completeness *M_c*-value was accepted as 2.7 and *b*-value was calculated as 0.77 ± 0.04 . This value is relatively smaller than the suggested value of magnitude-frequency distribution with the average $b \sim 1.0$ and this may indicate an increasing stress in and around Muş. For the occurrence probabilities of strong/destructive earthquakes with magnitudes $M_w=5.0, 5.5, 6.0, 6.5$ and 6.9 in the intermediate-term (10 years) were estimated as $\sim 97\%$, $\sim 75\%$, $\sim 43\%$, $\sim 21\%$ and $\sim 11\%$, respectively. Recurrence periods of the events with these magnitudes were calculated as ~ 3 years, ~ 7 years, ~ 18 years, ~ 43 years and ~ 86 years, respectively. For seismic quiescence analysis, a catalog that was declustered by considering $M_w \geq 2.7$ and including 3471 earthquakes was utilized. At the beginning of 2025, large *Z*-values (seismic quiescence areas) were observed between Yedisu and Kargapazarı segments, in and around Bingöl and Kavakbaşı Fault zone, including Varto Fault zone, Akdoğan Gölü fault, Haçlı Gölü fault and Malazgirt fault, and these regions may be interpreted as possible areas for the future earthquake occurrences. As a result, appraisal of all parameters together will contribute to revealing the current and intermediate-term earthquake potential and hazard in and around Muş.

Keywords: Muş, b -value, earthquake probability, recurrence period, seismic quiescence

1. GİRİŞ

Depremselliğin bölgesel ve zamana bağlı değişimleri üzerine yapılan değerlendirmeler deprem istatistiğindeki en önemli uygulamalardan biridir. Deprem oluşumları rastgele değildir ve nicel bir deprem tehlike değerlendirmesi ile deprem potansiyelinin tanımlanması için Gutenberg-Richter b -değeri, fraktal boyut D_c -değeri, standart normal sapma Z -değeri, gerilme analizleri, depremlerin oluşma olasılıkları ve tekrarlama periyodları gibi farklı değişkenler, modeller veya güç yasaları kullanılmaktadır (örneğin, Ogata vd., 1991; Chouliaras ve Stavrakakis, 2001; Scholz, 2015; Nanjo, 2020; Öztürk ve Alkan, 2023; Tinti ve Gasperini, 2024; Alkan vd., 2025). Bu parametreler kullanılarak deprem tahmini/kestirimi iki şekilde yapılabilir: (i) öncü değişimlere ait deneysel gözlemler, (ii) deprem aktivitesinin istatistiksel analizleri. Eğer sismik davranışlar istatistiksel bir tabana oturtulabilirse, bölgesel ve zaman bağlı analizler güncel deprem potansiyeli/tehlikesi için oldukça önemli hale gelir.

Türkiye'nin sismo-tektonik açıdan dünyanın en aktif bölgelerinden biri olduğu bilinir ve buna bağlı olarak Türkiye'nin farklı zonlarındaki deprem potansiyelini/tehlikesini ortaya koyabilmek için çok sayıda araştırma yapılmaktadır. Son yıllarda, özellikle Türkiye'nin Doğu Anadolu Bölgesi (DAB) güçlü/yıkıcı deprem oluşumları açısından önemli bir potansiyele sahiptir. DAB'nde Avrasya-Anadolu-Arap levhalarının göreceli hareketleri ve Bitlis-Zagros Bindirme Zonu (BZBZ) boyunca meydana gelen deformasyon, bu bölgede ek tektonizma ve sismik aktiviteye neden olmaktadır. 2011 Van depremi ve sonrasındaki artçı şokları, Van Gölü havzasının doğu kısmında meydana gelen ve sıkışma rejimiyle ilişkili önemli tektonik aktivitelerdir. Muş Fay zonu (MFZ), Kavakbaşı Fay zonu (KBZ) ve Varto Fay zonu (VFZ), Muş ve civarının tektoniğinde önemli etkiye sahiptir. Muş ili ve çevresindeki bazı önemli tektonik yapılar Yayla, Yenisu, Akdağ, Kazbel, Akdoğan Gölü, Haçlı Gölü, Nazik Gölü, Malazgirt ve Nemrut fayları olarak verilebilir. Ayrıca, Kargapazarı, Elmalı, Karlıova, Ilıca, Palu, Lice-Dicle, Kulp ve Kozluk gibi birçok segment de bu ana fayların hareketlerini kontrol etmektedir (Görsel 1). Bu tektonik yapıların faylanma mekanizmaları esas olarak doğrultu atımlı ve normal faylanma göstermektedir (Emre vd., 2018). Dolayısıyla, Muş ve civarı karmaşık bir tektoniğe sahiptir ve yakın geçmişte çok sayıda güçlü/yıkıcı depreme maruz kalmıştır. Bu depremlerden bazıları, 29 Nisan 1903 Muş-Malazgirt ($M_w6.7$, moment magnitudü), 31 Mayıs 1946 Muş-Varto ($M_w5.9$), 19 Ağustos 1966 Muş-Varto ($M_w6.8$), 22 Mayıs 1971 Bingöl ($M_w6.9$), 1 Mayıs 2003 Bingöl ($M_w6.4$), 8 Mart 2010 Kovancılar ($M_w6.0$) ve 15 Haziran 2020 Bingöl ($M_w5.6$) depremleri olarak verilebilir (KRDAE, Boğaziçi Üniversitesi, Kandilli Rasathanesi ve Deprem Araştırma Enstitüsü).

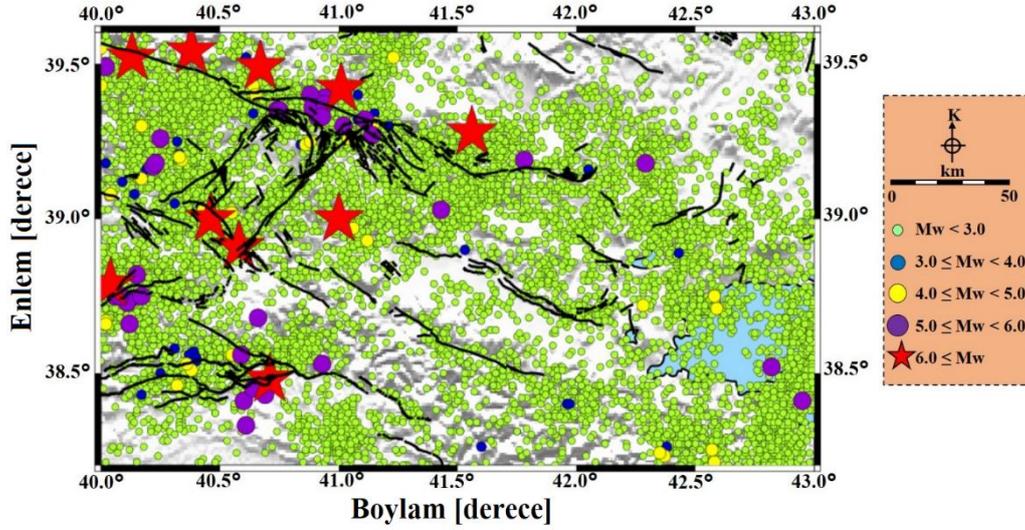


Görsel 1. Muş ve civarı için ana tektonik yapılar ve yerleşim merkezleri (Faylar ve isimleri Emre vd., 2018'ten alınmıştır. F: Fay, FZ: Fay Zonu, S: Segment).

Bu çalışmanın temel amacı, 2025 yılı başlangıcında Muş ve civarındaki depremselliğin bölgesel ve zamana bağlı davranışlarını analiz ederek deprem potansiyeli/tehlikesi için farklı bir bakış açısı sunmaktır. Bunun için magnitüd-frekans içeriğini tanımlayan b -değeri, depremlerin geri dönüşüm periyodları ve oluşma olasılıkları ve sismik durgunluk Z -değeri gibi istatistiksel parametrelerin değerlendirilmesi gerçekleştirilmiştir. İstatistiksel analizler için ZMAP-6 (Wiemer, 2001), Coulomb-3.4 (Toda vd., 2011) ve Generic Mapping Tools, GMT (Vessel vd., 2019) yazılımları kullanılmıştır. Elde edilen bulgular yalnızca deprem davranışlarını tanımlamaya değil aynı zamanda çalışma alanındaki deprem oluşumlarının anlaşılmasına da katkıda bulunacaktır. Sonuç olarak, bu parametreler Muş ve civarı için deprem potansiyeli/tehlikesinin ve gelecekte olması muhtemel depremlerin bölgesel ve zaman bağlı araştırmaları için ön bulgular sağlayacaktır.

2. VERİ VE YÖNTEM

Bu çalışmada, istatistiksel analizleri gerçekleştirebilmek için moment magnitüdüne (M_w) göre homojen bir deprem kataloğu kullanılmıştır ve bu katalog kapsamında 1905-2019 yılları arasındaki deprem verisi Tan (2021)'den alınmıştır. Bu veriye ek olarak, 2019-2025 yılları arasında yerel magnitüde (M_L) sahip kısmı ise KRDAE web sayfasından (<http://www.koeri.boun.edu.tr/sismo/2/tr/>) temin edilmiştir. 2019-2025 yılları arasında M_w 'ye göre homojen bir katalog hazırlayabilmek için Tan (2021) tarafından önerilen bağıntı ($M_w = 1.017 * M_L - 0.012$) kullanılmıştır. Böylece, 1905-2025 yılları arasında Türkiye ve civarı için 542.172 depremi içeren bir veri seti elde edilmiştir. Daha sonra, çalışma alanındaki depremler seçilmiş ve 12 Kasım 1934-31 Aralık 2024 yılları arasında yaklaşık 90.13 yıllık bir zaman dilimi içerisinde 38.2°K - 39.6°K enlemleri ve 40.0°D - 43.0°D boylamları arasında $1.0 \leq M_w \leq 6.9$ arasında değişen 15.312 depremi içeren bir katalog hazırlanmıştır (Görsel 2).



Görsel 2. Muş ve civarında 1934-2025 yılları arasında $1.0 \leq M_w < 6.9$ olan 15.312 depremin episantr haritası. Magnitüd değişimleri farklı sembollerle gösterilmiştir.

2.1. b -değeri (Gutenberg-Richter ilişkisi) ve M_c -değeri (tamlık magnitüdü)

Depremlerin magnitüd-frekans dağılımı, Gutenberg ve Richter (1944) tarafından önerilen ampirik ilişki ile tanımlanır ve aşağıdaki denklemle verilir:

$$\log_{10}N(M) = a - bM \quad (1)$$

Gutenberg-Richter (G-R) ilişkisinin b -değeri olarak bilinen bu ifade $N(M)$; magnitüdü M 'den büyük veya ona eşit olan belirli periyottaki depremlerin kümülatif sayısıdır. a ve b -değerleri ilişki katsayıları olup, a -değeri deprem aktivitesi, çalışma alanının boyutu ve katalogun süresi ile, b -değeri ise G-R ilişkisinin eğimi ile ilişkilidir. b -değerindeki değişimler, küçük ve büyük depremlerin rölatif oranları, sismo-tektonik ortamların özellikleri ve gerilme değişimleri gibi birçok parametre ile ilişkilidir. Ayrıca, jeolojik karmaşa, çatlak yoğunluğu, malzeme heterojenitesi, sismik dalga hız değişimleri, fay uzunluğu ve soğurulma, yamulma koşulları, atım dağılımları, tektonik özellikler ve termal gradyan gibi ortamın değişen özellikleri b -değeri üzerinde etkilidir. Literatür çalışmaları, b -değerinin farklı tektonik zonlar için 0.3 ile 2.0 arasında değişim gösterdiğini, ortalama b -değerinin ise 1.0 civarında olduğunu ortaya koymuştur (Frohlich ve Davis, 1993). b -değerinin tahmininde ve deprensellik oran değişimlerinin analizinde güvenilir sonuçlar için çok sayıda veri kullanımı önemlidir. Dolayısıyla tamlık (kesme) magnitüdü (M_c) önemli bir parametredir ve analizlerin öncesinde hesaplanmalıdır. M_c -değeri, bir deprem kaydının en küçük magnitüd değeri olarak tanımlanır ve hesaplamalarda verinin %90-95'inin temsil edilebildiği değer olarak kabul edilir ve magnitüd-deprem sayısı dağılımına dayalı olarak yapılır (Wiemer ve Wyss, 2000).

2.2. Deprem oluşma olasılığı ve tekrarlama periyodu

G-R ilişkisi deprem istatistiğinin temel bağıntısıdır çünkü depremlerin meydana gelme olasılıklarının ve tekrarlama periyodlarının tahmini için kullanılır. Belirli dönemlerde ve farklı büyüklüklerdeki depremler için oluşma olasılıkları G-R ilişkisi kullanılarak aşağıdaki denklemle verilir (Tabban ve Gençoğlu, 1975):

$$P(M) = 1 - e^{-N(M) \cdot Tr} \quad (2)$$

Bu denklemde $P(M)$; en azından bir depremin belirli Tr periyodlarındaki oluşma olasılığıdır. $N(M)$ ve M değerleri 1. denklemden elde edilir. 2. denklem Poisson dağılımının bir ifadesidir. $N(M)$ ayrıca, yıl olarak olayların sayısını ifade eder. Bununla birlikte, belirli büyüklükteki herhangi bir olayın tekrarlama (geri dönüşüm) periyodu ise aşağıdaki formülle verilir (Tabban ve Gençoğlu, 1975):

$$Q = 1/N(M) \quad (3)$$

Burada Q ; bir depremin tekrarlama periyodudur ve magnitudü M' 'ye eşit ve ondan büyük olan bir depremin oluşumu için tahmin edilen zaman aralığıdır.

2.3. Ayırıştırma işlemi ve deprensellik oran değişimleri (sismik durgunluk, Z -değeri)

Deprensellik oran değişimlerinin analizinde tekdüze bir deprem verisi elde edebilmek için kataloglara ayırıştırma işlemi uygulanmalıdır. Bu ayırıştırma işlemi birbirine bağımlı bütün olayları her bir gruptan ayırır ve bütün birincil olaylar farklı bir deprem olarak kaydedilir. Böylece, öncü şok, artçı şok, deprem yığılımı ve patlatma gibi bağımlı ve bağımsız olaylar birbirinden ayrılır. Bu çalışmada, deprem kataloğunun ayırıştırılabilmesi için, Reasenberg (1985) tarafından tanımlanan ve $ZMAP$ yazılımında mevcut olan ayırıştırma algoritması kullanılmıştır. Deprem aktivitesindeki durgunluk hipotezi ilk kez Wyss ve Habermann (1988) tarafından önerilmiştir ve deprem aktivitesinde önemli bir azalmı ifade eder. $ZMAP$ tekniği, deprem aktivitesinde mevcut olan durgunluğu ortaya koyabilmek için kullanılır. Z -testi (standart normal sapma), standart sapma biriminde güven düzeyinin istatistiksel olarak değerlendirilebilmesi için $LTA(t)$ fonksiyonunu (Long Term Average, Uzun Vadeli Ortalama) kullanır:

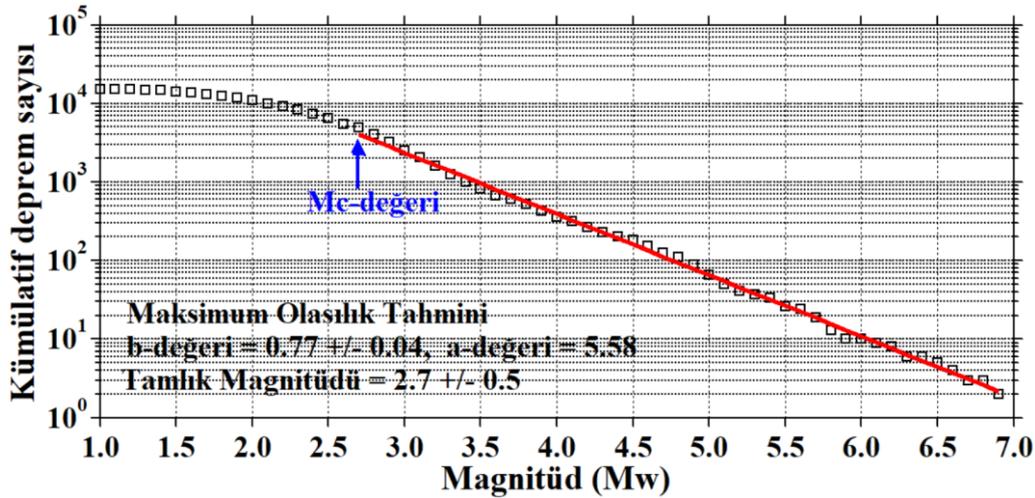
$$Z(t) = \frac{R_{tüm} - R_{wl}}{\sqrt{(S_{tüm}^2/N_{tüm}) + (S_{wl}^2/N_{wl})}} \quad (4)$$

Bu denklemde $R_{tüm}$; tüm periyodlardaki ortalama aktivite oranını (deprem sayısı), R_{wl} ; düşünülen zaman aralığındaki ortalama deprensellik oranıdır. $S_{tüm}$ ve S_{wl} ; bu periyodlardaki deprem yoğunluk fonksiyonlarının standart sapmaları, $N_{tüm}$ ve N_{wl} ise

ölçülen sismik aktivite oranı için örneklerin sayısı ile ilişkili parametrelerdir. Sonuçta, Z -değeri (sismik durgunluk) zamanın bir değişkeni olarak hesaplanır ve LTA olarak tanımlanır.

3. BULGULAR VE TARTIŞMA

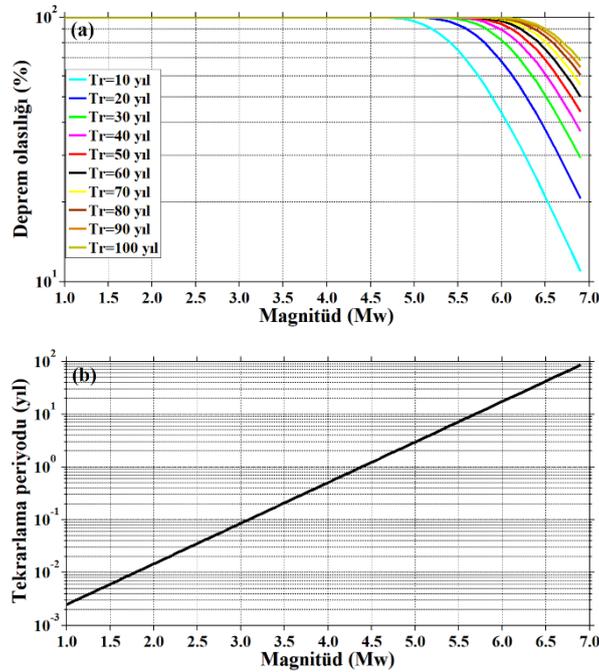
Bu çalışma, 2025 yılı başlangıcında Muş ve civarındaki deprem potansiyeli/tehlikesi hakkında istatistiksel olarak bir ön değerlendirme yapmayı amaçlamaktadır. Depremlerin büyüklükleri 1.0-6.9 arasında değişmektedir ve büyüklükleri 1.0-3.0 arasında değişen depremlerin sayısında belirgin bir artış olduğu görülmüştür. $M_w < 3.0$ olan 12.768 deprem, $3.0 \leq M_w < 4.0$ olan 2188 deprem, $4.0 \leq M_w < 5.0$ olan 292 deprem, $5.0 \leq M_w < 6.0$ olan 54 deprem, $M_w \geq 6.0$ olan 10 deprem mevcuttur ve en büyük deprem $M_w = 6.9$ 'tur. Depremlerin magnitüd-frekans dağılımı ve G-R ilişkisinin b -değeri Görsel 3'te verilmiştir. b -değeri tüm depremleri içeren orijinal katalog kullanılarak ve tamlık magnitüdü $M_c = 2.7$ alınarak maksimum olasılık yöntemi ile 0.77 ± 0.04 olarak hesaplanmıştır. Görsel 3'te görüldüğü gibi deprem dağılımları G-R ilişkisi ile iyi bir şekilde temsil edilmektedir ve hesaplanan değer, ortalama b -değerinin 1.0 olarak önerildiği dikkate alındığında, nispeten küçük olduğu söylenebilir. Dolayısıyla bu durum, Muş ve civarı için artan bir gerilmenin varlığına işaret edebilir.



Görsel 3. Muş ve civarındaki deprem aktivitesi için G-R ilişkisi ve b -değeri. b -değeri ve standart sapması, a -değeri, M_c -değeri ve standart sapması şekil üzerinde verilmiştir.

Muş ve civarındaki tüm deprem aktivitesi kullanılarak elde edilen deprem oluşma olasılıkları ve tekrarlamaya periyodları Görsel 4'te verilmiştir. $T_r = 10-100$ yıl arasındaki zaman aralıkları için %~90-100 arasında değişen yüksek oluşma olasılıkları $1.0 \leq M_w \leq 5.0$ aralığındaki depremler için tahmin edilmiştir. $M_w = 5.5$ büyüklüğündeki bir depremin farklı T_r periyotlarındaki oluşma olasılıkları ise %~75-100 arasında değişim göstermektedir. Elde edilen bulgulara göre $M_w = 6.0, 6.5$ ve 6.9 büyüklüğündeki depremlerin orta vadede (10 yıl) oluşma olasılıkları sırasıyla ~%43, ~%21 ve ~%11 olarak tahmin edilmiştir. Bu belirli magnitüd değerlerine ek olarak bütün magnitüd

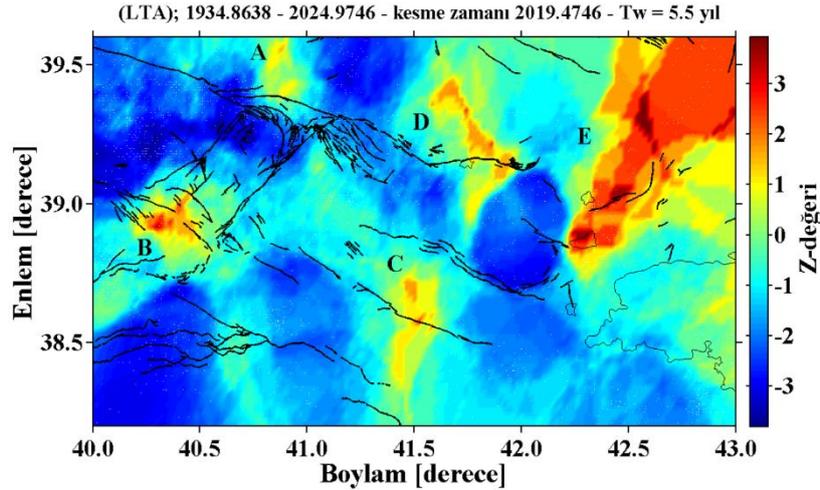
değerleri için farklı T_r periyodlarındaki oluşma olasılıkları Görsel 4a'dan tahmin edilebilir. Ayrıca tüm magnitüd seviyeleri için depremlerin tekrarlar periyodları Görsel 4b'de verilmiştir. Yaklaşık 1 yıldan daha küçük tekrarlar periyodları $M_w=1.0-4.5$ arasındaki depremler için gözlenirken, ~1-10 yıl arasında tekrarlar periyoduna sahip depremler $M_w=4.5-5.7$ arasında değişim göstermektedir. ~10-30 yıl arasındaki tekrarlar periyodları $M_w=5.7-6.3$ aralığındaki depremler için tahmin edilmişken, 30 yıldan daha uzun tekrarlar periyoduna sahip depremler ise $M_w=6.3$ 'ten büyüktür. Elde edilen bulgulara göre, $M_w=6.0$, 6.5 ve 6.9 büyüklüğündeki depremlerin tekrarlar periyodları ise sırasıyla ~18 yıl, ~43 yıl ve ~86 yıl olarak tahmin edilmiştir. Bu belirli magnitüd değerlerine ek olarak bütün magnitüd değerleri için tekrarlar periyodları Görsel 4b'den tahmin edilebilir. Sonuç olarak, bu tahminler Muş ve civarındaki deprem potansiyeli/tehlikesini ortaya koymada birincil ve güvenilir bulgular sağlayabilir.



Görsel 4. (a) $T_r=10, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90$ ve 100 yıllık periyodlar için depremlerin oluşma olasılıkları. (b) Tekrarlar periyodları.

Sismik durgunluk analizi için 1934-2025 yılları arasında $M_w \geq 1.0$ olan toplam 15.312 depremi içeren veri setine ayrıştırma işlemi uygulandıktan sonra 11.659 deprem ($\approx 23.86\%$) katalogdan çıkarılmıştır. $M_c=2.7$ kabul edilerek, ayrıştırılmış katalog içerisindeki $M_w < 2.7$ olan 8188 deprem de katalogdan çıkarılmıştır. Ayrıştırma işlemi ve M_c -değeri dikkate alınarak yapılan çıkarma işlemi sonucunda toplamda 11.571 ($\approx 77.33\%$) deprem katalogdan çıkarılmış ve Z-değeri hesabı için 3471 depremi içeren homojen ve tek düze bir veri seti elde edilmiştir. Bu veri seti kullanılarak elde edilen Z-değeri haritası Görsel 5'te verilmiştir. Z-değeri haritasını oluşturabilmek için çalışma bölgesi $0.02^\circ \times 0.02^\circ$ lik grid aralıklarına bölünmüş ve zaman penceresinin uzunluğu $T_w=5.5$ yıl ve buna bağlı olarak ta kesme zamanı 2019.4746 olarak alınmıştır. Görsel 5'te

görüldüğü gibi, 2025 yılı başlangıcında sismik durgunluk gözlenen beş bölge tespit edilmiştir. Bu bölgeler, Yedisu ve Kargapazarı segmentleri arasında (A Bölgesi), Bingöl (B Bölgesi) ve Kavakbaşı Fay zonu (C Bölgesi) civarında, Varto Fay zonu (D Bölgesi), Akdoğan Gölü fayı, Haçlı Gölü fayı ve Malazgirt fayı arası (E Bölgesi) olarak verilebilir. Sonuç olarak, 2025 yılı başlangıcı itibariyle sismik durgunluğun gözlemlendiği bu bölgeler gelecek deprem oluşumları açısından önemli olabilir ve standart normal sapma Z-testi sonuçları Muş ve civarı için gelecek deprem potansiyeli/tehlikesi için öncü belirtilerin güvenilirliğini artırabilir.



Görsel 5. Bölgesel sismik durgunluk (Z-değeri). 2025 yılı başlangıcında durgunluk gösteren bölgeler (A, B, C, D ve E) şekil üzerinde gösterilmiştir.

Çalışma kapsamında istatistiksel olarak değerlendirilen sismo-tektonik parametreler, orta vadede deprem potansiyeli/tehlikesini belirlemede önemli bulgular ortaya koymaktadır. Öncel ve Wyss (2000), Polat vd., (2008), Öztürk ve Alkan (2023) tarafından yapılan çalışmalarda, düşük *b*-değeri ile temsil edilen bir bölgenin artan gerilme ile ilişkili olabileceği, yüksek Z-değerine sahip alanların ise yakın gelecekte olabilecek bir deprem için en olası bölgeler olabileceği ifade edilmiştir. Ayrıca, güçlü/yıkıcı depremler için tahmin edilen yaklaşık %50'den büyük oluşma olasılıkları ile yaklaşık 5-10 yıl gibi orta vadede tekrarlama periyodları, Muş ve civarındaki güncel deprem potansiyeli ve tehlikesinin yüksek olduğunu ortaya koymaktadır. Bu sonuçlar dikkate alındığında, yüksek Z-değerlerini gözlemlendiği Yedisu ve Kargapazarı segmentleri, Bingöl ve Kavakbaşı Fay zonu, Varto Fay zonu, Akdoğan Gölü, Haçlı Gölü ve Malazgirt faylarını içeren alanlar orta vadede deprem oluşumları için olası yerler olarak değerlendirilebilir. Dolayısıyla, farklı sismo-tektonik parametreler arasındaki istatistiksel analizler güncel deprem potansiyeli/tehlikesinin tahmin edilmesinde katkı sağlayabilir ve anormal değişimlerin gözlemlendiği bu bölgelere dikkat edilmelidir.

4. SONUÇLAR

Bu çalışmada, Muş ve civarı (Türkiye) için güncel deprem potansiyelinin ile gelecek deprem tehlikesinin belirlenebilmesi amacıyla, 2025 yılı başlangıcında bölgedeki deprem aktivitesinin davranışları ortaya konulmaya çalışılmıştır. Bu kapsamda, deprem istatistiğinin en sık kullanılan parametreleri olan sismo-tektonik b -değeri, sismik durgunluk Z -değeri, depremlerin oluşma olasılıkları ve tekrarlama periyodları arasındaki ilişkiler analiz edilerek bu parametrelerde gözlenen değişimlerin gelecek deprem oluşumlarının bölge-zaman-magnitüd olarak tahmin edilmesinde kullanılabilirliği araştırılmıştır. İstatistiksel analizler için 1934-2025 yılları arasındaki magnitüdüleri $1.0 \leq M_w \leq 6.9$ aralığında değişen 15.312 depremi içeren, yaklaşık 90.13 yıllık periyotta, 38.2°K - 39.6°K enlem ve 40.0°D - 43.0°D boylamları arasındaki deprem verisi kullanılmıştır. Çalışma alanı için tamlık magnitüdü $M_c=2.7$ alınarak b -değeri 0.77 ± 0.04 olarak hesaplanmıştır. Ortalama b -değerinden (~ 1.0) nispeten küçük olan bu değer bölgedeki büyük magnitüdü deprem oluşumlarıyla ilişkili olarak açıklanabilir ve bölgedeki artan gerilme dağılımına işaret edebilir. $M_w=5.0, 5.5, 6.0, 6.5$ ve 6.9 büyüklüğündeki depremlerin 10 yıl içerisinde oluşma olasılıkları sırasıyla $\sim 97\%$, $\sim 75\%$, $\sim 43\%$, $\sim 21\%$ ve $\sim 11\%$ olarak, bu büyüklükteki depremlerin tekrarlama periyodları ise sırasıyla ~ 3 yıl, ~ 7 yıl, ~ 18 yıl, ~ 43 yıl ve ~ 86 yıl olarak hesaplanmıştır. 2025 yılı başlangıcında, Yedisu ve Kargapazarı segmentleri arasında, Bingöl ve Kavakbaşı Fay zonu civarında, Varto Fay zonu, Akdoğan Gölü fayı, Haçlı Gölü fayı ve Malazgirt fayını içeren alanlarda sismik durgunluklar gözlenmiştir. Muş ve civarının geçmiş depremselliği, hesaplanan deprem tekrarlama periyodu ve oluşma olasılıkları dikkate alındığında, 2025 yılı itibari ile orta vadede (~ 10 yıl) magnitüdü 5.0'ten büyük bir depremin meydana gelme ihtimali oldukça yüksektir. Sonuç olarak, farklı istatistiksel parametreler arasındaki ilişkiler Muş ve civarındaki güncel ve gelecek gelecek deprem potansiyeli/tehlikesinin ve olası deprem bölgelerinin tahmininde katkı sağlayabilir.

KAYNAKÇA

- Alkan, H., Öztürk, S., Büyüksaraç A., Bektaş, Ö., Statistical and seismotectonic analyses of the Marmara region under existing stresses in the west of the NAFZ, Acta Geophysica, 73(2), 1117-1136, 2025.
- Chouliaras, G., Stavrakakis, G.N., Current seismic quiescence in Greece: Implications for seismic hazard, Journal of Seismology, 5(4), 595-608, 2001.
- Emre, Ö., Duman, T.Y., Özalp, S., Şaroğlu, F., Olgun, Ş., Elmacı, H., Çan, T., Active fault database of Turkey, Bulletin of Earthquake Engineering, 16(8), 3229-3275, 2018.
- Frohlich, C., Davis, S., Teleseismic b -values: Or, much ado about 1.0, Journal of Geophysical Research, 98(B1), 631-644, 1993.
- Gutenberg, B., Richter, C.F., Frequency of earthquakes in California, Bulletin of the Seismological Society of America, 34, 185-188, 1944.

- Nanjo, K.Z., Were changes in stress state responsible for the 2019 Ridgecrest, California, earthquakes? *Nature Communication*, 11(3082), 1-10, 2020.
- Ogata, Y., Imoto, M., Katsura, K., 3-D spatial variation of *b*-values of magnitude-frequency distribution beneath the Kanto District, Japan, *Geophysical Journal International*, 104, 135-146, 1991.
- Öncel, A.O., Wyss, M., The major asperities of the 1999 Mw=7.4 Izmit earthquake defined by the microseismicity of the two decades before it, *Geophysical Journal International*, 143(3), 501-506.
- Öztürk, S., Alkan, H., Multiple parameter analysis for assessing and forecasting earthquake hazards in the Lake Van region, Turkey, *BALTICA*, 36(2), 133-154, 2023.
- Polat, O., Gök, E., Yılmaz, D., Earthquake hazard of the Aegean Extension region (West Turkey), *Turkish Journal of earth Sciences*, 17, 593-614.
- Reasenber, P.A., Second-order moment of Central California seismicity, 1969-1982, *Journal of Geophysical Research*, 90(B7), 5479-5495, 1985.
- Scholz, C.H., On the stress dependence of the earthquake *b*-value, *Geophysical Research Letters*, 42, 1399-1402, 2015.
- Tabban, A., Gencoğlu, S., Earthquake and its parameters, *Bulletin of the Earthquake Research Institute of Turkey*, 11, 7-83, 1975.
- Tan, O., A homogeneous earthquake catalogue for Turkey, *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 21(7), 2059-2073, 2021.
- Tinti, S., Gasperini, P., The estimation of *b*-value of the frequency-magnitude distribution and of its 1σ intervals from binned magnitude data, *Geophysical Journal International* 238, 433-458, 2024.
- Toda, S., Stein, R.S., Sevilgen, V., Lin, J., Coulomb 3.3 Graphic-rich deformation and stress-change software for earthquake, tectonic, and volcano research and teaching-user guide. U.S. Geological Survey Open-File Report 2011-1060, 63 p, available at <https://pubs.usgs.gov/of/2011/1060/>, 2011.
- Wessel, P., Luis, J.F., Uieda, L., Scharroo, R., Wobbe, F., Smith, W.H.F., Tian, D., The Generic Mapping Tools version 6, *Geochemistry Geophysics Geosystems*, 20, 5556-5564, 2019.
- Wiemer, S., A software package to analyze seismicity: ZMAP, *Seismological Research Letters*, 72(2), 373-382, 2001.
- Wiemer, S., Wyss, M., Minimum magnitude of completeness in earthquake catalogs: Examples from Alaska, the Western United States, and Japan, *Bulletin Seismological Society of America*, 90(4), 859-869, 2000.
- Wyss, M., Habermann, R.E., Precursory seismic quiescence, *Pure and Applied Geophysics*, 126(2-4), 319-332, 1988.

MONITORING AND CONTROL VIA THE NODE-RED PLATFORM WITH ARM-BASED PROCESSORS

Ümit GÜLER¹, Mohammad Ruhul Amin BHUIYAN², Hayati MAMUR³

¹ Öztas Global Cooling, Manisa, Türkiye, umit.guler@oztasdemir.com.tr – ORCID ID:
0000-0002-8765-5303

² Islamic University, Electrical and Electronic Engineering, Kushtia 7003, Bangladesh,
mrab_eee@iu.ac.bd, ORCID ID: 0000-0001-7335-4158

³ Manisa Celal Bayar University, Electrical and Electronics Engineering, Manisa,
Türkiye, hayati.mamur@cbu.edu.tr, ORCID ID: 0000-0001-7555-5826

ABSTRACT

The Internet of Things (IoT) has accelerated the widespread adoption of monitoring and control systems across various industries by enabling devices to communicate with each other and generate meaningful information. This article addresses an embedded system solution focused on developing IoT-based remote monitoring and control mechanisms. The developed system utilizes an STM32F407VGT6 ARM-based microcontroller and a SIMCOM A7670E GSM module to provide real-time data transmission and monitoring via an MQTT (Message Queuing Telemetry Transport) broker. Precise temperature and humidity measurements are performed using the SHT30 sensor, built on a CMOSens sensor chip, while bidirectional communication capabilities, such as visualization on the Node-RED platform and remote RGB LED control, are integrated. This study offers a low-cost, low-energy, user-friendly, and flexible solution that combines embedded systems with IoT, highlighting its application potential in fields such as agriculture, industry, and security.

Keywords: STM32, ARM, IoT, A7670E GSM Module, MQTT Protocol.

1. INTRODUCTION

The Internet of Things (IoT), one of today's most popular and rapidly developing technologies, is having a profound impact on every aspect of our lives. IoT solutions are used across a wide range of platforms, from smart home devices and industrial automation to health monitoring systems and smart city solutions, and this technology offers significant advantages such as increased productivity, more efficient use of resources, and improved quality of life [1]. This technology integrates the physical world around us into the digital environment by establishing a constant connection between devices.

Achieving high performance and low power consumption in IoT-based embedded systems is critical to the successful implementation of this technology. The STM32 series of ARM-based microcontrollers offers high processing power and flexibility to meet these requirements, providing an excellent platform for IoT applications [2]. These microcontrollers enable integration with a wide range of peripherals while also providing energy efficiency, enabling long-term operation of IoT devices. These advantages offered by the STM32 make systems more reliable, functional, and efficient, and optimize device performance [3].

The capabilities provided by the IoT, such as efficiency, remote control, and automation, have become indispensable for both individual users and industrial applications. For example, in an IoT-based application developed for the battery management system in electric vehicles, an STM32-based microcontroller was integrated for real-time monitoring of battery parameters and transmission of data to the server. Supported by 4G/LTE technology, this system ensured fast and reliable data transmission [4]. In a similar study, a smart bird cage developed using ESP8266 and STM32F4 series microcontrollers provided a user-friendly experience by optimizing the cage environment with IoT control [5]. In another study, the authors proposed field monitoring and control of manufactured medical refrigerators via the ESP32 Wi-Fi module [6]. In the designed system, a medical product installed by the end user can notify the manufacturer of any errors and provide real-time tracking. Such projects demonstrate the potential of IoT in critical areas such as healthcare, the environment, and energy.

Studies developed in the healthcare field have become particularly interesting. In one study addressing the drawbacks of real-time disease monitoring in traditional disease diagnosis and treatment methods, the authors designed a wearable wireless body area network monitoring system based on the low-power, high-speed STM32 processor [7]. Another study proposed monitoring human vital signs in real time and transmitting them to users via mobile devices. The system, consisting of a pulse and oximetry sensor, a temperature sensor, and a pressure sensor, transmits data wirelessly [8].

Meanwhile, in a study developed in the environmental field, an STM32F4 microcontroller-based system designed to monitor the environmental conditions of 5G base stations combined temperature, humidity, and particulate measurement modules to achieve effective environmental control [9]. These projects demonstrate that the IoT offers significant benefits in every aspect of life and will have a broader impact in the future.

Because wireless communication is primarily used in IoT-based embedded system applications, connecting devices to the internet is a fundamental component of the system. SIM card modules play a critical role, especially in applications requiring connection via mobile networks [10]. In this study, the SIMCOM A7670E GSM module was used to enable IoT devices to communicate with cloud-based platforms. With its wide network

coverage and reliable connection features, the A7670E module meets the need for real-time communication over mobile data.

The system's communication protocol is the MQTT protocol. The MQTT protocol is a lightweight and efficient protocol designed for IoT devices, enabling data transfer with low bandwidth and energy consumption [11]. Integrated with the A7670E module, this protocol allows the system to efficiently perform bidirectional data transmission. The flexibility and reliability provided by MQTT, particularly in remote monitoring and control scenarios, increases the scalability of IoT systems.

The Node-RED platform was chosen for data visualization and remote control. By offering a user-friendly interface and powerful visualization tools, Node-RED simplifies the process of visualizing and controlling real-time data from IoT devices [12]. This platform offers an accessible solution for both technically savvy users and end users.

The aim of this study is to develop a reliable, low-cost, and energy-efficient communication infrastructure for IoT-based embedded systems. The components and protocols used enable the integration of embedded systems with mobile networks, while also aiming for high accuracy and low latency in data transmission. The system obtained as a result of the study is aimed at providing a model that can be widely used in applications such as remote monitoring and control.

2. MATERIAL AND METHODS

2.1. Material

In this study, the embedded hardware and software components that form the basis of an IoT-based system were carefully selected and integrated. The system design utilized various hardware components, including the STM32F407G-DISC1 development board, SIMCOM A7670E GSM module, SHT30 temperature and humidity sensor, and RGB LED. The integration of these components aimed to create a flexible, low-cost, and energy-efficient system that meets the requirements of IoT applications.

The STM32F407G-DISC1 development board offers an ideal platform for IoT applications with its high-performance ARM Cortex-M4 processor. This development board provides the processing power needed in embedded systems while offering flexibility in system design with low power consumption and extensive peripheral support. This board is particularly suitable for applications requiring simultaneous control of multiple peripherals, and its high data processing capacity ensures reliable and fast operation of IoT systems [1].

The designed system uses the STM32F407G-DISC1 development board to provide interaction with peripherals. UART (Universal Asynchronous Receiver/Transmitter), I²C (Inter-Integrated Circuit), and three output pins are used in this context.

The SIMCOM A7670E GSM module communicates via UART at 115200 baud, while the SHT30 sensor transmits data at 100 kHz via the I²C bus. Additionally, three output pins are assigned for controlling the RGB LED. This structure is designed to efficiently

facilitate data communication between various sensors and modules. The SIMCOM A7670E module is a communication solution optimized for scenarios requiring mobile data connectivity in IoT applications. It offers wide coverage and high data transfer speeds thanks to 4G LTE support. Low power consumption and reliable connectivity make this module an ideal choice for energy-sensitive applications. Furthermore, its extensive AT command set allows users to customize the module and easily integrate it with various IoT protocols and platforms. With its robust connectivity and compatibility, the A7670E ensures uninterrupted performance in real-time data transmission.

One of the most significant problems encountered in IoT systems is the need for a local network if the system doesn't provide internet access via a SIM card. If the end user doesn't have a local network connection to receive internet service, the IoT system cannot function. The SIMCOM A7670E GSM module used allows IoT devices to connect to the internet via mobile networks. Communication between the module and the STM32F407G-DISC1 card is implemented via AT commands over the UART protocol. This integration enables reliable transmission of real-time data and communication with a cloud-based broker via the MQTT protocol.

The SHT30 temperature and humidity sensor was selected to measure temperature and humidity values. This sensor offers increased intelligence, reliability, and improved accuracy compared to its predecessors. The sensor includes advanced signal processing, two user-selectable I²C protocol addresses, and functionality supporting communication speeds of up to 1 MHz. Therefore, data exchange between the STM32F407G-DISC1 and the SHT30 sensor is implemented via the I²C protocol. I²C is widely used in sensor-based IoT systems due to its low pin count and high-speed data transfer.

An RGB LED module is used in the system for visual notifications and user interaction. This module is controlled via three digital output pins from STM32F407G-DISC1. The color combinations are configured to indicate the status of the IoT system and provide feedback to users. The purpose of using RGB LEDs symbolizes the use of different outputs within the control structure. In this context, a temperature and humidity-dependent device can be operated for each output in smart home systems.

2.2. Methods

The core functions of this study are implemented on the STM32F407VGT6 series microcontroller. The STM32CubeIDE code development environment was used for software development, and the embedded system software was created using the STM32 HAL (Hardware Abstraction Layer) library. The HAL library facilitates the management of peripherals on the microcontroller by providing a hardware-independent abstraction. The STM32 microcontroller transmits temperature and humidity values obtained from the SHT30 via I²C protocol to the A7670 GSM module via AT commands over UART. The A7670 module then transmits sensor data to an MQTT broker over the cellular network. The SIMCOM A7670E module sends a series of AT commands to initialize the

cellular network connection and configure basic settings. The response to each command is then checked to determine if an error has occurred.

After establishing a cellular network connection, data arriving via the MQTT broker is observed on the debugging screen. There are three message tags and message content. Each tag represents the color the motherboard wants to turn on or off. If two colors are received, the RGB LED displays the combined color. The information that the red color will be active in UART communication via AT commands. The information returned from the A7670E module as a long string structure is distinguished from each other by their tags.

MQTT is a lightweight, low-bandwidth protocol that is widely preferred, especially in IoT applications. An MQTT broker is a server that enables communication between devices operating with the MQTT protocol. MQTT uses a publish/subscribe model for data transmission, which efficiently organizes communication between devices. The broker, the central component of the MQTT protocol, is the server responsible for data transmission. It receives messages sent by publishers and forwards them to the relevant subscribers.

Node-RED platform provides a visual programming environment, allowing users to easily create flowcharts that enable data transmission, control, and monitoring between devices. Flows are visual components that represent communication between devices and enable management of data transmission, processing, and control processes. With Node-RED, users can quickly define and control data flow between different devices, APIs, and online services using a visual interface.

By combining all the hardware and software mentioned in the Materials and Methods section, the targeted IoT-based embedded system was achieved. **Figure 1** shows the overview of the prototype created using the STM32F407G-DISC1 development board, SIMCOM A7670E module, SHT30 sensor, and an RGB LED.

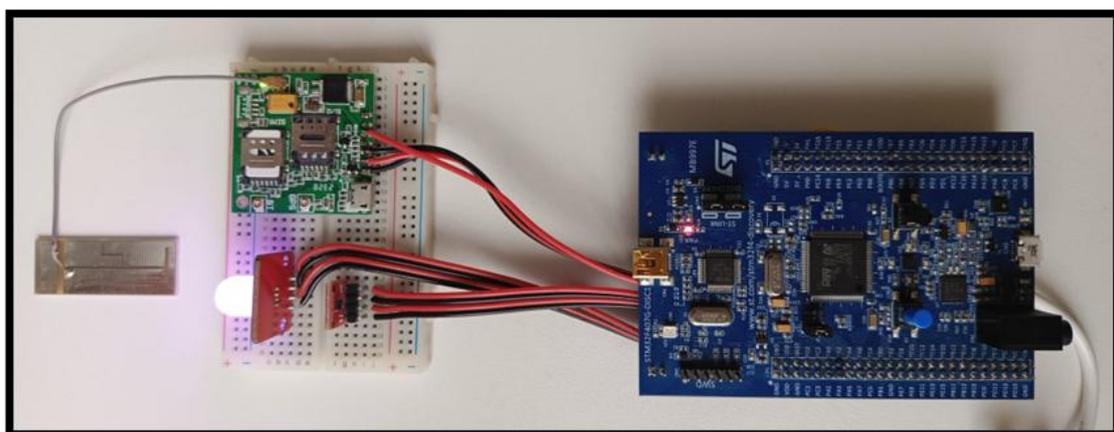


Figure 1. System setup

3. RESULTS AND DISCUSSION

On nod-red control panel temperature and humidity values can be observed graphically via remote access, as seen in **Figure 2a**. Additionally, three color buttons allow you to change the desired color values. For example, as seen in **Figure 2a**, the “Red” and “Blue” color information is sent to the STM32 board via the MQTT broker, and the RGB LED on the motherboard becomes “Purple”, as seen in **Figure 1**. The “Purple” color is then returned to the interface as a response. Two types of graphical displays were chosen: instantaneous and recorded data. For example, **Figure 2b** shows the instantaneous humidity value within acceptable limits, while **Figure 2c** shows the humidity value outside acceptable limits. **Figure 2d** shows all the information recorded up to that date. Clicking on the graph displays the current value, as shown in **Figure 2e**. In **Figure 2f**, the color information sent to the A7670E module via the MQTT broker is displayed, while in **Figure 2g**, the response information sent via STM32 is displayed.

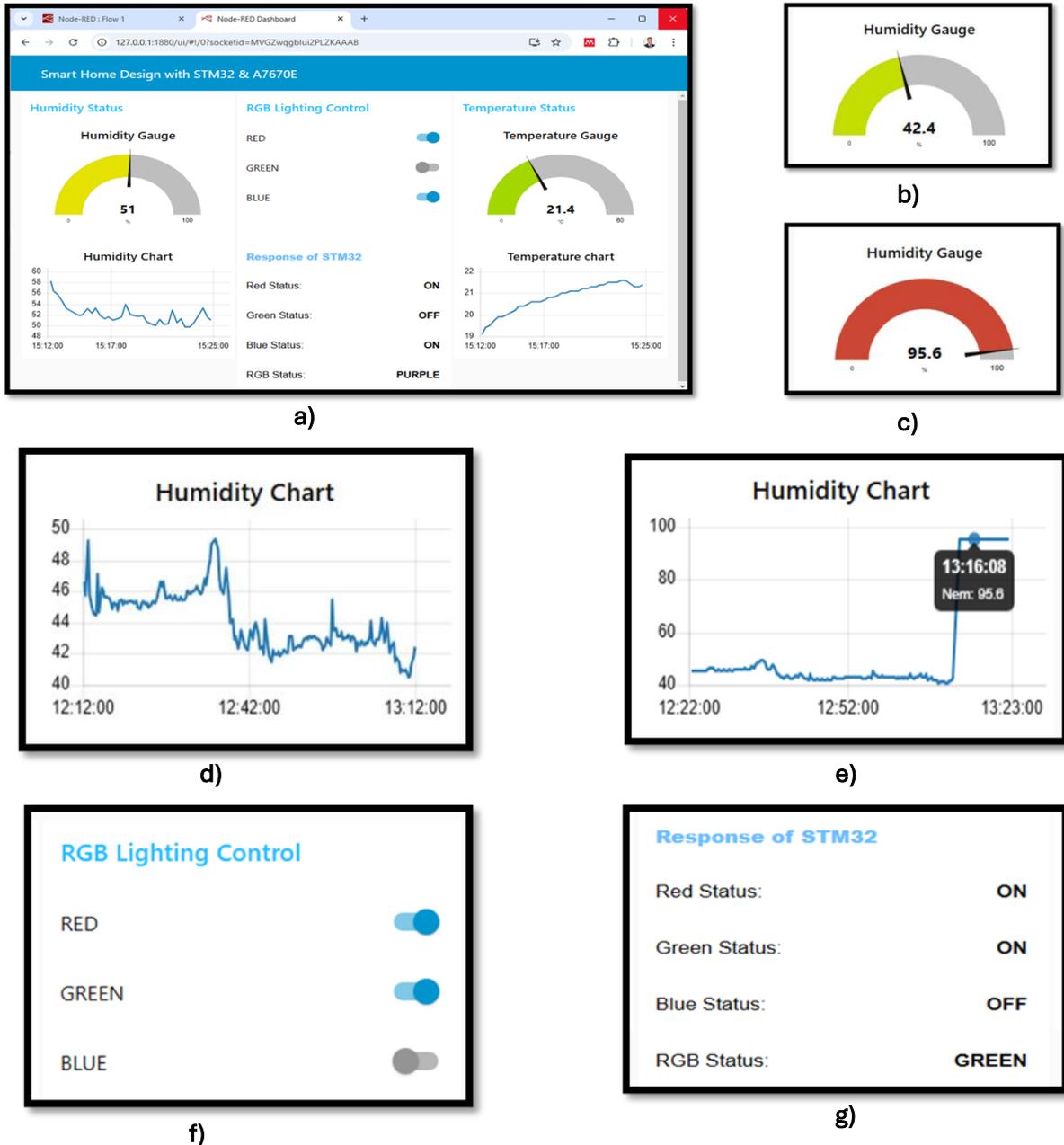


Figure 2. Screens a) Nod-RED control panel, b) instantaneous humidity, c) humidity value outside acceptable limits, d) humidity information recorded up to that date, e) humidity current value, f) RGB lighting control ve g) response of STM32.

4. CONCLUSION

In this study, a reliable, low-cost, and energy-efficient communication infrastructure was developed for IoT-based embedded system applications. The developed system aims to increase the effectiveness of wireless connectivity, a critical component for IoT applications, by enabling IoT devices to communicate with cloud-based platforms over mobile networks. The SIMCOM A7670E GSM module used in this context stands out with its wide network coverage and reliable connection features. The module's real-time communication capabilities over mobile data increased the system's performance and

sustainability in various application scenarios. The MQTT protocol used in the system's communication infrastructure stands out with its lightweight architecture optimized for IoT devices. This protocol, which meets the requirements of low bandwidth and energy consumption, ensures the system is both efficient and scalable. High performance was achieved, particularly in remote monitoring and control applications with bidirectional data transfer, providing a solution capable of responding to the dynamic requirements of IoT systems. The Node-RED platform was chosen for data visualization and user-friendly system design. Node-RED offers powerful visualization tools that facilitate real-time data analysis and control, making the system accessible to both technical and end users. The platform's drag-and-drop interface allows users to easily manage complex data flows and expands the system's usability. This developed system not only demonstrates the effective use of mobile networks in IoT applications but also provides a model that meets key requirements such as low energy consumption, reliable communication, and scalability. This system, distinguished by its applicability in diverse areas such as agriculture, industry, and smart cities, serves as a benchmark that can contribute to the wider adoption of IoT solutions.

Future work is poised to further expand the system's potential. Integrating with different sensors and platforms will enhance the system's usability in more complex IoT applications. Furthermore, improvements in areas such as energy efficiency and data security will strengthen the system's compatibility with modern IoT requirements. This work provides significant value to technology and industry by offering an innovative model that not only meets current IoT requirements but also contributes to the growth of the IoT ecosystem. Future work aims to transform this system from a structure that simply addresses current needs to a leading platform offering innovative solutions in IoT technologies. Research conducted in this context will contribute to the wider adoption of IoT in a wide range of areas, including agriculture, industry, and smart cities.

REFERENCES

- [1] Zhang, Y., Hu, T., Zhang, J., Li, G., Wang, Q., Xu, C., & Zhang, Y. (2023, December). Intelligent Home Environment Monitoring System Based on STM32 Microcontroller. In 2023 IEEE International Conference on Electrical, Automation and Computer Engineering (ICEACE) (pp. 434-438). IEEE.
- [2] Su, Y., Huang, Z., & Wen, R. (2023, December). Design of home health monitoring system based on STM32. In 2023 IEEE 6th International Conference on Automation, Electronics and Electrical Engineering (AUTEED) (pp. 1175-1179). IEEE.
- [3] MingRui, X., & Chang, S. (2024, May). Design of Health Monitoring System Based on STM32. In 2024 IEEE 9th International Conference on Smart Cloud (SmartCloud) (pp. 66-71). IEEE Computer Society.
- [4] Shaikh, T., Kadam, S., Sonawane, S., Narkar, P., Mhatre, P., & Muthu, M. (2023, June). Implementation of IoT-based Real-time Monitoring of Battery Management

- System for Electric Vehicles. In 2023 8th International Conference on Communication and Electronics Systems (ICCES) (pp. 32-39). IEEE..
- [5] Rifadil, M. M., Putra, P. A. M., Hakim, O. S., & Adila, A. F. (2022, August). IoT Monitoring and Control System for Smart Cage Turtledove Bird. In 2022 11th Electrical Power, Electronics, Communications, Controls and Informatics Seminar (EECCIS) (pp. 292-297). IEEE..
- [6] Güler, Ü., & Sokullu, R. (2023, June). Remote Monitoring and Control of Refrigerators Through MQTT Protocol with AES Encryption. In 2023 International Balkan Conference on Communications and Networking (BalkanCom) (pp. 1-6). IEEE.
- [7] Hu, M., & Wang, Y. (2020, September). Design of wearable wireless body area network monitoring system. In 2020 IEEE 3rd International Conference on Information Systems and Computer Aided Education (ICISCAE) (pp. 585-588). IEEE.
- [8] Shi, T., Li, P., Yang, W., Qi, A., & Qiao, J. (2022, November). Research on Air Quality Monitoring System Based on STM32 Single Chip Microcomputer. In 2022 International Symposium on Intelligent Signal Processing and Communication Systems (ISPACS) (pp. 1-4). IEEE.
- [9] Li, W., Wang, H., Wu, J., Yu, B., Xu, W., Zhang, M., ... & Shen, J. (2021, November). Design of an Atmospheric Monitoring Network System for 5G Base Station. In 2021 4th International Conference on Robotics, Control and Automation Engineering (RCAE) (pp. 333-337). IEEE.
- [10] Sun, X. (2024, July). Design of Remote Data Acquisition System for Oil Pusher Based on STM32. In 2024 3rd International Conference on Artificial Intelligence and Autonomous Robot Systems (AIARS) (pp. 625-629). IEEE.
- [11] Mishra, B., & Kertesz, A. (2020). The use of MQTT in M2M and IoT systems: A survey. IEEE Access, 8, 201071-201086.
- [12] Garbev, A. (2022, October). Possibilities for visual programming in robotics via Node-RED. In 2022 International Conference Automatics and Informatics (ICAI) (pp. 367-371). IEEE.

VIBRATION-BASED FAULT DETECTION IN COOLING SYSTEMS

Ümit GÜLER ¹, Mohammad Ruhul Amin BHUIYAN ², Hayati MAMUR ³

¹ Öztas Global Cooling, Manisa, Türkiye, umit.guler@oztasdemir.com.tr – ORCID ID:
0000-0002-8765-5303

² Islamic University, Electrical and Electronic Engineering, Kushtia 7003, Bangladesh,
mrab_eee@iu.ac.bd, ORCID ID: 0000-0001-7335-4158

³ Manisa Celal Bayar University, Electrical and Electronics Engineering, Manisa,
Türkiye, hayati.mamur@cbu.edu.tr, ORCID ID: 0000-0001-7555-5826

ABSTRACT

This study was conducted to diagnose faults in refrigerators used as cooling systems in homes. Studies were conducted on the utility of vibration in fault detection. In this context, vibration data from the refrigerator was collected using an IIS3DWB three-axis microelectronic mechanical system sensor installed in the refrigerator, using an ARM Cortex-M4-based STM32WB microcontroller. This vibration data was generally related to the compressor. An analysis of the vibration data revealed abnormal increases in vibration amplitude when a fault occurred in the refrigerator. It was determined that collecting this data could enable more comprehensive diagnostics and provide users and even manufacturers with preliminary information about when their refrigerators might fail. This approach facilitated predictive maintenance.

Keywords: Embedded system, predictive maintenance, sensor, accelerometer.

1. INTRODUCTION

Refrigerators and cooling systems used in homes are among the indispensable technologies of daily life. They preserve the freshness of food, prevent spoilage, contribute to healthy eating, and reduce waste. Safe storage of perishable products, especially milk, meat, vegetables, and fruit, is crucial for both economic and food safety. Furthermore, modern cooling systems, with their energy efficiency, contribute to both family budgets and environmental protection. In these respects, refrigerators and cooling technologies are considered essential home appliances that enhance the quality of life [1].

Predictive maintenance for refrigerators and refrigeration systems is crucial for extending the life of the appliances and protecting user comfort and food safety. An unexpected malfunction can lead to food spoilage, energy losses, and high repair costs [2]. Predictive maintenance allows continuous monitoring of appliance performance, identifying and

addressing potential problems before they occur [3]. This prevents unplanned downtime and ensures more efficient, safe, and economical operation.

Many studies have been conducted in the literature on the early detection of faults in refrigerators. Kulkarni et al. [4] conducted studies on the prediction of faults that may occur in refrigerator and cold storage systems based on machine learning algorithms (MNL). Jeon et al. [5] conducted a study on pre-maintenance prediction of air compressors used extensively in industrial areas. Based on their rigorous analysis and MNL algorithms, they achieved a 93% radiator failure prediction rate. A predictive maintenance model that can be used in industrial cooling systems was proposed by Van de Sand [6] based on MNL.

A review of studies in the literature demonstrates the importance of collecting data from a cooling system. MNL algorithms are used to evaluate the collected data and draw inferences based on these data, as well as to perform predictive maintenance on the devices. In this study, sensors were installed in the required locations to collect data from a cooling system, and this analog sensor data was collected for analysis on a microcontroller.

2. MATERIAL AND METHODS

In this study, a high-speed STM32WB5MM microcontroller was used to collect and process high-frequency vibration data. The STM32WB5MMG is a dual-core (Arm® Cortex®-M4 and Cortex®-M0+) wireless microcontroller module developed by STMicroelectronics. With integrated Bluetooth 5.2 and IEEE 802.15.4 (Thread, Zigbee) support, it offers a powerful solution for IoT applications. With its low power consumption, high level of integration, internal antenna, large memory capacity, and various peripherals, it can be used in both industrial and consumer electronics applications. With these features, the STM32WB5MMG provides a reliable and flexible platform for embedded system projects requiring wireless connectivity.

IIS3DWB acceleration sensor was used to obtain vibration data. The IIS3DWB is a three-axis MEMS accelerometer manufactured by STMicroelectronics, specifically optimized for vibration measurements. Its wide bandwidth (up to 6 kHz), low noise level, and high sensitivity make it a suitable choice for industrial equipment monitoring, predictive maintenance, and vibration analysis applications. Its digital output, embedded sensor hub, and low power consumption make it easily integrated into IoT-based vibration monitoring systems. This makes the IIS3DWB a popular choice for smart sensor solutions designed to improve machine performance and reliability.

The IIS3DWB sensor, a digital MEMS accelerometer, communicates with the STM32WB5MMG microcontroller via the I²C interface. For hardware connectivity, the IIS3DWB's power (V_{dd}, GND), communication lines (SCL/SDA or SCK/MOSI/MISO/CS), and interrupt (INT) pins are connected to the STM32's GPIO pins. After selecting the communication protocol, the relevant microcontroller's peripheral (I²C v) is activated to read/write data from the sensor.

STM32CubeIDE was used for software development; this environment facilitates SPI/I²C initialization and data exchange thanks to HAL (Hardware Abstraction Layer) libraries. Additionally, the STM32CubeMX tool allows for visually selecting pin configurations and peripheral settings to create projects. During the programming phase, the connection was first verified by reading the sensor's ID register (WHO_AM_I). The measurement mode was then set by writing the necessary configuration registers. The measurement data was then transferred to the microcontroller, either continuously or interrupt based. This data can be sent to a computer or mobile device via a serial port, Bluetooth, or other communication interface for analysis. The system setup is given in Figure 1.



Figure 1. System setup

3. RESULTS AND DISCUSSION

STVAL-PROTEUS1 software, developed by STMicroelectronics, was used for data collection and display. The IIS3DWB triaxial MEMS accelerometer data directly fed the compressor's vibration data into the system. This enabled the system's dynamic response to be obtained. Therefore, the system's status could be determined from the dynamic responses obtained at the sampling frequencies. The sampling frequency was 26.7 kHz. The system's curve obtained at the sampling frequencies is shown in Figure 2.

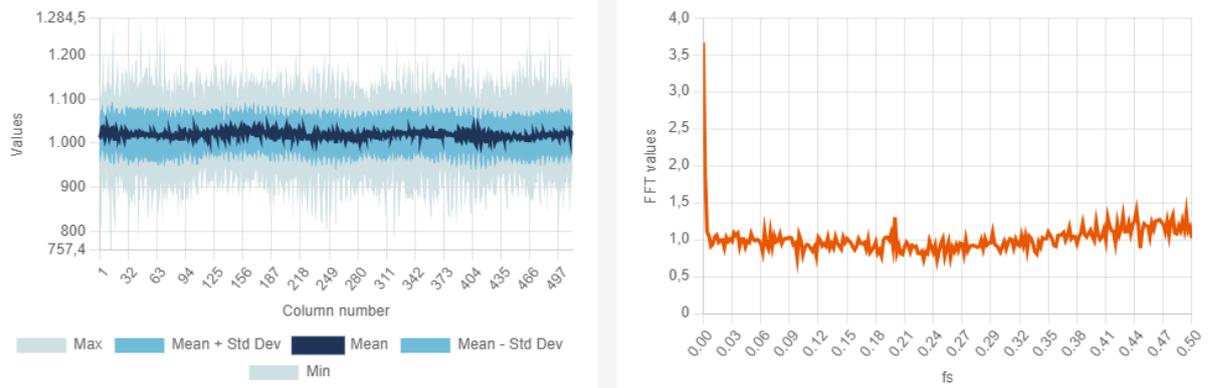


Figure 2. IIS3DWB accelerometer axis3 status, compressor normal data

The anomaly values that occur when the vibrations of the compressor under test are artificially increased and the system voltage values are changed are shown in **Figure 3**.

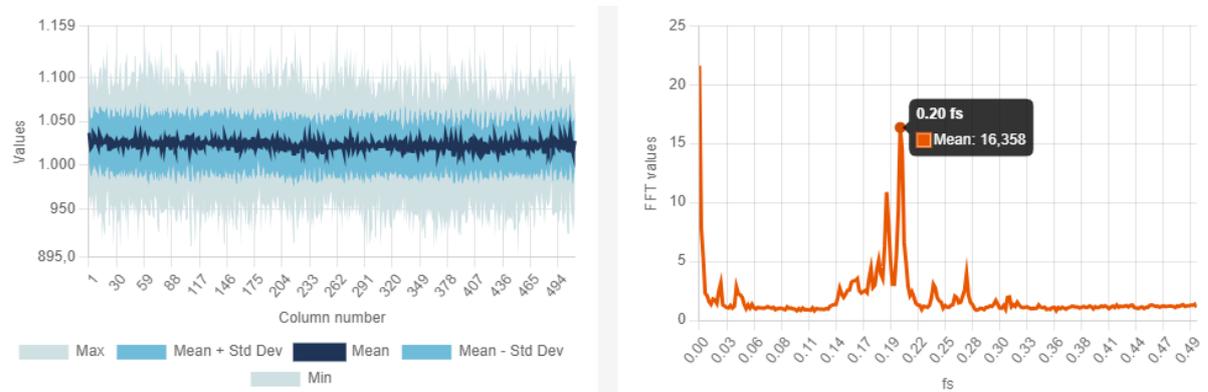


Figure 3. IIS3DWB accelerometer axis3 status, compressor normal data

The obtained values indicate that the increased vibration of the compressor when it was close to failure significantly altered the system output. In cases where anomalies occurred, there was a significant increase in the FFT values of the system. This provides a step toward identifying the possibility of system failure and determining when it might occur.

4. CONCLUSION

In this study, vibration values of the refrigerator compressor, a refrigeration system used in homes, were detected using an IIS3DWB three-axis accelerometer sensor to allow for early detection of faults. The detected data was captured using ST's ARM Cortex-M4-based STM32WB microcontroller and visualized using ST's STEVAL-PROTEUS1 software. This allowed the sensor data to be collected in a system to determine when the compressor was likely to fail. Significant changes were observed in the FFT values of the accelerometer signals generated by the artificially generated vibrations. It was determined that collecting and visualizing this data in a system would allow for future analyses. It is anticipated that MNL algorithms could be used for these analyses, and other algorithms could be implemented. Finally, when evaluated within the framework of data mining, it

is observed that in addition to these acceleration data, more detailed information could be obtained by using temperature, humidity, and other environmental variables.

REFERENCES

- [1] Cadei, L., Corneo, A., Milana, D., Loffreno, D., Lancia, L., Montini, M., ... & Carducci, F. (2019, November). Advanced analytics for predictive maintenance with limited data: exploring the fouling problem in heat exchanging equipment. In Abu Dhabi International Petroleum Exhibition and Conference (p. D032S204R002). SPE.
- [2] Rangel, K. M., Delclos, G., Emery, R., & Symanski, E. (2011). Assessing maintenance of evaporative cooling systems in legionellosis outbreaks. *Journal of occupational and environmental hygiene*, 8(4), 249-265.
- [3] Sanzana, M. R., Abdulrazic, M. O. M., Wong, J. Y., Maul, T., & Yip, C. C. (2022, November). Analysis of machine learning techniques for predictive maintenance in cooler condition. In 2022 International Symposium on Intelligent Signal Processing and Communication Systems (ISPACS) (pp. 1-4). IEEE.
- [4] Kulkarni, K., Devi, U., Sirighee, A., Hazra, J., & Rao, P. (2018, June). Predictive maintenance for supermarket refrigeration systems using only case temperature data. In 2018 Annual American Control Conference (ACC) (pp. 4640-4645). IEEE.
- [5] Jeon, S. H., Yoo, S., Yoo, Y. S., & Lee, I. W. (2024). ML-and LSTM-based radiator predictive maintenance for energy saving in compressed air systems. *Energies*, 17(6), 1428.
- [6] Van de Sand, R. (2021). A predictive maintenance model for heterogeneous industrial refrigeration systems.

MATEMATİK FİZİKTE ORTAYA ÇIKAN PERİYODİK STURM-LİOUVILLE PROBLEMLERİ İÇİN RAYLEİGH ORANI

**Doç. Dr. FAHREDDİN S. MUHTAROV¹, Prof., KADRIYE AYDEMİR², Prof.,
OKTAY SH. MUKHTAROV³**

¹Institute of Mathematics and Mechanics, fahreddinmuhtarov@gmail.com - ORCID ID
0000-0002-5482-2478

²Amasya University, kadriyeaydemr@gmail.com.tr - ORCID ID 0000-0002-8378-3949

³Tokat Gaziosmanpaşa University, omukhtarov@yahoo.com - ORCID ID 0000-0001-
7480-6857

ÖZET

Klasik Sturm-Liouville sınır değeri problemleri, doğa bilimlerindeki birçok önemli uygulamada ortaya çıkmaktadır. Sturm-Liouville denklemlerinin (SLD) bazı önemli uygulamaları arasında kuantum fiziği, nükleer fizik, kuantum kimyası, akışkan akışlarının kararlılığı/kararsızlığı, atom titreşimleri ve elektronik durumlar, endüstri, ekoloji ve diğerleri yer alır. Bu nedenle Sturm-Liouville özdeğer ve sınır değer problemlerini çözmek için yenilikçi teoriler ve çeşitli programlama yazılımları geliştirilmiştir. Dahası, bu problemler son yıllarda kapsamlı bir şekilde incelenmiş ve çözümleri birçok araştırmacının ilgisini çekmiştir. Sturm-Liouville probleminin genel olarak bir analitik (kesin) çözümü olmadığından, çözüm yaklaşık olarak, yani özfonksiyonlar ve özdeğerlerle belirlenir. Özdeğerler bulunduktan sonra, özfonksiyonu temsil eden analitik bir çözüm elde edilebilir. Sturm-Liouville problemleri için, adi diferansiyel operatörlerin spektral teorisinde büyük bir başarı sağlanmıştır. Non-standart süreksiz katsayılı Sturm-Liouville denklemi için sınır değer problemleri jeofizik, elektromanyetik, elastik ve diğer mühendislik ve fizik alanlarında ortaya çıkar; örneğin, toroidal titreşimlerin ve Dünya'nın serbest titreşimlerinin modellenmesi, emici olmayan bir ortamın süreksiz malzeme özelliklerinin yeniden yapılandırılması süreksiz katsayılı Sturm-Liouville denklemi için sınır değer geçiş şartlı problemlere yol açar. Süreksiz özdeğer problemlerinin özdeğer ve özfonksiyonlarını bulmak için birçok araştırma yapılmış ve bu problemleri çözmek için çok sayıda yöntem geliştirilmiş ve bunlar bilim ve mühendislikte yaygın olarak uygulanmıştır. Bu çalışmanın amacı süreksizlik noktası içeren bir periyodik Sturm-Liouville problemi için, Rayleigh oranı ve Rayleigh-Ritz formülü (minimizasyon ilkesi) gibi önemli spektral özellikleri genişletmek ve genelleştirmektir. Rayleigh oranı, katı mekaniğin yanı sıra kuantum mekaniğinde de kullanılan önemli bir yaklaşım yönteminin temelidir. Örneğin, kuantum mekaniğinde, çok elektronlu atomlar ve moleküller gibi çözülemeyen kuantum sistemlerinin enerji özdeğerlerinin tahmininde kullanılır.

Anahtar Kelimeler : Sturm-Liouville problemi, Rayleigh-Ritz yöntemi, geçiş şartı.

1. GİRİŞ

Klasik Sturm-Liouville teorisi hem diferansiyel operatörlerin spektral teorisinde hem de fizik problemlerinin modellenmesi ve çözümü alanında önemli bir yer tutmaktadır. ve Akhiezer ve Glazman [2], Atkinson [3], Coddington ve Levinson [6], Levitan ve Sargsjan [7], Naimark [9] kaynakları bu teorinin gelişimi ile ilgili kaynaklardır. Farklı özelliklerin adi diferansiyel denklemler için çeşitli sınır değer problemlerine aktarılmasına adanmış geniş bir literatür mevcuttur. Bağımsız değişkenlerin ayrılması yönteminin ısı akışına uygulanmasında tarihsel kökleri olan Sturm-Liouville teorisi, yalnızca diferansiyel operatörlerin spektral teorisinde değil, aynı zamanda uygulamalı matematikte de en güncel ve en kapsamlı gelişen alanlardan biridir, çünkü bu teorinin fizik ve mühendislikteki uygulamaları yaygındır. Isı ve kütle transferi problemlerinde, telin titreşimi problemlerinde, aerodinamikte, polimer reolojisinde, kuantum mekaniğinde ve diğer birçok alanda bu problemlerin, on sekizinci yüzyılın başlarından başlayarak yıllar içinde etkili olduğu kanıtlanmıştır. Son yıllarda, matematiksel fizikte yeni ve ilgi çekici uygulamaların ortaya çıkmasıyla bağlantılı olarak, aralıkların ortak uçlarında ek iletim koşulları bulunan iki veya daha fazla ayrık aralıkta tanımlanan Sturm-Liouville problemlerine artan bir ilgi duyulmaktadır [1, 4, 8, 11]. Örneğin, katmanlar arası ısı transferi, karmaşık ortamın elektrodinamiği, Dünya'nın serbest salınımları vb. gibi süreçler, ek iletim koşullarıyla verilmiş çok aralıklı Sturm-Liouville problemlerinin ortaya çıkmasına yol açabilir (örneğin bkz. [5, 10]). Sturm-Liouville denklemleri, genel olarak Fourier'in spektral yöntemi, yani değişkenlerin ayrılması yöntemi ile çeşitli kısmi diferansiyel denklem sınıflarının çözümünde ortaya çıkar. Örneğin Schrödinger denklemleri, Hermite denklemleri, Legendre denklemleri, Airy denklemleri vb. gibi matematiksel fiziğin önemli denklemleri Sturm-Liouville tipi denklemlerdir.

Bu çalışmada

$$\Pi\psi: = -\psi''(x) + q(x)\psi(x) = \lambda r(x)\psi(x), \quad x \in [\Gamma_0, \Gamma_1] \cup (\Gamma_1, \Gamma_2) \cup (\Gamma_2, \Gamma_3] \quad (1)$$

diferansiyel denklemden

$$\Pi_1\psi: = \psi(\Gamma_0) - \psi(\Gamma_3) = 0 \quad (2)$$

$$\Pi_2\psi: = \psi'(\Gamma_0) - \psi'(\Gamma_3) = 0 \quad (3)$$

periyodik sınır şartlarından ve de $x = \Gamma_1$ ve $x = \Gamma_2$ süreksizlik noktalarında verilen

$$\Pi_3\psi: = \psi(\Gamma_1 - 0) - \psi(\Gamma_1 + 0) = 0 \quad (4)$$

$$\Pi_4\psi: = \psi'(\Gamma_1 - 0) - \psi'(\Gamma_1 + 0) = 0 \quad (5)$$

$$\Pi_5 \psi: = \psi(\Gamma_2 - 0) - \psi(\Gamma_2 + 0) = 0 \quad (6)$$

$$\Pi_6 \psi: = \psi'(\Gamma_2 - 0) - \psi'(\Gamma_2 + 0) = 0 \quad (7)$$

geçiş şartlarından oluşan üç-aralıklı bir Sturm-Liouville özdeğer problemi araştırılmıştır. Bu çalışma boyunca $q(x)$ fonksiyonu $[\Gamma_0, \Gamma_1)$, (Γ_1, Γ_2) ve $(\Gamma_2, \Gamma_3]$ aralıklarının her birinde süreklidir ve sonlu $q(\Gamma_i \pm 0)$ ($i=1,2$) limit değerleri mevcuttur (burada $q(\Gamma_i \pm 0) := \lim_{x \rightarrow \Gamma_i \pm 0} q(x)$ gösteriminden yararlanılmıştır). Ayrıca $\alpha > 0$, $\beta > 0$ olmak üzere

$$r(x) = \begin{cases} 1, & x \in [\Gamma_0, \Gamma_1) \\ \alpha, & x \in (\Gamma_1, \Gamma_2) \\ \beta, & x \in (\Gamma_2, \Gamma_3] \end{cases} \text{ şeklinde alınacaktır. Bu tür Sturm-Liouville}$$

problemleri yalnızca Dünya'nın salınımları, akustik yayılım, telin veya zarın titreşimi, akışkan veya elektromanyetik dalgalar gibi tamamen farklı fiziksel olayların modellenmesinde ortaya çıkmaktadır. Son zamanlarda, çeşitli klasik olmayan Sturm-Liouville problemleri araştırmacılar tarafından büyük ilgi görmüştür çünkü bu problemler fizik ve mühendislikteki birçok problemi çözmek için uygulanmaktadır (bak, [6]). Özellikle, süreksiz koşullar içeren Sturm-Liouville problemleri, ekonomi, fizik ve mühendislik de dahil olmak üzere birçok disiplinde yaygın olarak kullanılmaktadır. Tıp ve fizik alanlarındaki birçok pratik konu, iç süreksizliklere sahip diferansiyel operatörlere dönüştürülmeyi gerektirir. Örneğin, kütle transferi ve ısı iletimi problemleri, telin titreşimi ve ışık kırılımı problemleri süreksizlik içeren problemlerdir. Süreksiz noktaların iki tarafı arasındaki ilişkiyi tanımlamak için belirli koşullar eklenmelidir; bu kriterler sıklıkla arayüz koşulları, geçiş şartları veya etkileşim koşulları olarak adlandırılır. Son yıllarda birçok araştırmacı, iç süreksizliği olan sınır-değer problemlerine odaklanmıştır ve bu alanda önemli ilerlemeler kaydedilmiştir.

2. RAYLEIGH ORANI VE MİNİMUM PRENSİBİ

\mathbb{H} Hilbert uzayında Υ operatörü için (λ, ψ) bir özdeğer-özfonksiyon çifti olsun.

Bu durumda

$$\Upsilon \psi = \lambda \psi$$

eşitliği sağlanır. Bu eşitlikten

$$\lambda = \frac{\langle \Upsilon \psi, \psi \rangle_{\mathbb{H}}}{\|\psi\|_{\mathbb{H}}^2}$$

yazılabilir. Bu eşitlik Rayleigh oranı olarak adlandırılır ve bu oran bir λ özdeğeri ile ona karşılık gelen ψ özfonksiyonu arasında bağlantı sağlar. Özellikle kuantum fiziğinde ilk özdeğeri bulmak önemlidir. Rayleigh oranı bu açıdan önemli bir rol oynar.

Teorem 1.

(1) denkleminin özdeğer-özfonksiyon çifti (λ, ψ) olsun. (1)-(7) problemi için Rayleigh oranı

$$\begin{aligned} \lambda := R(\psi) = & \left\{ \left\{ \psi\psi' \Big|_{\Gamma_0}^{\Gamma_1-0} + \int_{\Gamma_0}^{\Gamma_1-0} ((\psi')^2 + q\psi^2) dx \right\} \right. \\ & + \frac{1}{\alpha} \left\{ \alpha\psi\psi' \Big|_{\Gamma_1+0}^{\Gamma_2-0} + \int_{\Gamma_1+0}^{\Gamma_2-0} ((\alpha\psi')^2 + q\psi^2) dx \right\} \\ & \left. + \frac{1}{\beta} \left\{ \beta\psi\psi' \Big|_{\Gamma_2+0}^{\Gamma_3-0} + \int_{\Gamma_2+0}^{\Gamma_3-0} ((\beta\psi')^2 + q\psi^2) dx \right\} \right\} \\ & \times \frac{1}{\int_{\Gamma_0}^{\Gamma_1-0} \psi^2 dx + \frac{1}{\alpha} \int_{\Gamma_1+0}^{\Gamma_2-0} \psi^2 dx + \frac{1}{\beta} \int_{\Gamma_2+0}^{\Gamma_3-0} \psi^2 dx} \end{aligned}$$

(8)

şeklindedir.

İspat. İlk olarak

$$-\psi''(x) + q(x)\psi(x) = \lambda r(x)\psi(x), \quad x \in [\Gamma_0, \Gamma_1) \cup (\Gamma_1, \Gamma_2) \cup (\Gamma_2, \Gamma_3]$$

eşitliğinin her iki tarafı ψ ile çarpılıp Γ_0 dan Γ_1 e kadar integrallenirse

$$\begin{aligned} \lambda := R(\psi) = & \left\{ \int_{\Gamma_0}^{\Gamma_1-0} \psi\psi'' dx + \int_{\Gamma_0}^{\Gamma_1-0} q\psi^2 dx \right\} \\ & + \alpha \left\{ \frac{1}{\alpha} \int_{\Gamma_1+0}^{\Gamma_2-0} \psi\psi'' dx + \int_{\Gamma_1+0}^{\Gamma_2-0} q\psi^2 dx \right\} \\ & + \beta \left\{ \frac{1}{\beta} \int_{\Gamma_2+0}^{\Gamma_3-0} \psi\psi'' dx + \int_{\Gamma_2+0}^{\Gamma_3-0} q\psi^2 dx \right\} \\ & \times \frac{1}{\int_{\Gamma_0}^{\Gamma_1-0} \psi^2 dx + \alpha \int_{\Gamma_1+0}^{\Gamma_2-0} \psi^2 dx + \beta \int_{\Gamma_2+0}^{\Gamma_3-0} \psi^2 dx} \end{aligned}$$

bulunur. Bu son eşitlikte kısmi integrasyon uygulanırsa istenilen (8) eşitliği elde edilir.

Not. (8) eşitliği (1)-(7) problemi için Rayleigh oranı olarak adlandırılır.

Teorem 2. (Minimum Prensibi)

(2)-(7) sınır-geçiş şartlarını sağlayan tüm sıfırdan farklı sürekli fonksiyonlar için Rayleigh oranının infimum değeri, en küçük özdeğere eşittir yani

$$\begin{aligned} \lambda_1 := \inf R(\psi) = \inf & \left\{ \left\{ \psi\psi' \Big|_{\Gamma_0^{\Gamma_1-0}} + \int_{\Gamma_0^{\Gamma_1-0}} ((\psi')^2 + q\psi^2) dx \right\} \right. \\ & + \alpha \left\{ \frac{1}{\alpha} \psi\psi' \Big|_{\Gamma_1+0}^{\Gamma_2-0} + \int_{\Gamma_1+0}^{\Gamma_2-0} ((\alpha\psi')^2 + q\psi^2) dx \right\} \\ & \left. + \beta \left\{ \frac{1}{\beta} \psi\psi' \Big|_{\Gamma_2+0}^{\Gamma_3-0} + \int_{\Gamma_2+0}^{\Gamma_3-0} ((\beta\psi')^2 + q\psi^2) dx \right\} \right\} \\ & \times \frac{1}{\int_{\Gamma_0^{\Gamma_1-0}} \psi^2 dx + \alpha \int_{\Gamma_1+0}^{\Gamma_2-0} \psi^2 dx + \beta \int_{\Gamma_2+0}^{\Gamma_3-0} \psi^2 dx} \end{aligned}$$

(9)

eşitliği sağlanır. Burada infimum (2)-(7) geçiş şartlarını sağlayan tüm $\psi(x) \neq 0$ fonksiyonları üzerinden alınır.

İspat 2. $\{\lambda_n\}$, (1)-(7) Sturm-Liouville probleminin özdeğerlerinin artan bir dizisi olsun.

$$\Pi\psi = -\psi''(x) + q(x)\psi(x) = \lambda r(x)\psi(x), \quad x \in [\Gamma_0, \Gamma_1] \cup (\Gamma_1, \Gamma_2) \cup (\Gamma_2, \Gamma_3]$$

olmak üzere Rayleigh oranı

$$\begin{aligned} R(\psi) = & \left\{ \int_{\Gamma_0^{\Gamma_1-0}} \psi\Pi\psi dx + \alpha \int_{\Gamma_1+0}^{\Gamma_2-0} \psi\Pi\psi dx + \beta \int_{\Gamma_2+0}^{\Gamma_3-0} \psi\Pi\psi \right\} \\ & \times \frac{1}{\int_{\Gamma_0^{\Gamma_1-0}} \psi^2 dx + \alpha \int_{\Gamma_1+0}^{\Gamma_2-0} \psi^2 dx + \beta \int_{\Gamma_2+0}^{\Gamma_3-0} \psi^2 dx} \end{aligned}$$

(10)

biçimindedir. Şimdi, keyfi ψ fonksiyonunu ortogonal özfonksiyonlar ψ_n cinsinden genişletelim ve

$\psi \in$

$$\mathcal{L} := \left\{ \psi \in C^{(k)}[\Gamma_0, \Gamma_1] \oplus C^{(k)}(\Gamma_1, \Gamma_2) \oplus C^{(k)}(\Gamma_2, \Gamma_3] : \text{sonlu } \psi^{(k)}(\Gamma_0 + 0), \psi^{(k)}(\Gamma_3 - 0), \psi^{(k)}(\Gamma_i \pm 0) \text{ } i = \overline{1,2}, \text{ değerleri mevcuttur } \Pi_k\psi = 0, k = 1,2, \dots, 6, \psi \neq 0 \right\}$$

tanımlayalım. Eğer $\psi \in \mathcal{L}$ ise bu durumda

$$\psi(x) = \sum_{n=0}^{\infty} s_n \psi_n(x) \tag{11}$$

serisi düzgün olarak ψ foksiyonuna yakınsar. Burada $s_n = s_n(\psi)$, ψ_n ortogonal fonksiyonlarına göre ψ fonksiyonunun Fourier katsayısıdır. İyi bilinen standart tekniği uygulayarak

$$\Pi\psi = \sum_{n=0}^{\infty} s_n \lambda_n \psi_n \quad (12)$$

elde ederiz. (11) ve (12) eşitlikleri (10) eşitliğinde yerine yazılırsa

$$R(\psi) = \left\{ \int_{\Gamma_0}^{\Gamma_1-0} (\sum_{n=0}^{\infty} \sum_{m=0}^{\infty} s_n s_m \lambda_m \psi_n \psi_m) dx \right. \\
 + \alpha \int_{\Gamma_1+0}^{\Gamma_2-0} (\sum_{n=0}^{\infty} \sum_{m=0}^{\infty} s_n s_m \lambda_m \psi_n \psi_m) dx \\
 \left. + \beta \int_{\Gamma_2+0}^{\Gamma_3} (\sum_{n=0}^{\infty} \sum_{m=0}^{\infty} s_n s_m \lambda_m \psi_n \psi_m) dx \right\} \\
 \times \frac{1}{\int_{\Gamma_0}^{\Gamma_1-0} (\sum_{n=0}^{\infty} \sum_{m=0}^{\infty} s_n s_m \psi_n \psi_m) dx + \alpha \int_{\Gamma_1+0}^{\Gamma_2-0} (\sum_{n=0}^{\infty} \sum_{m=0}^{\infty} s_n s_m \psi_n \psi_m) dx + \beta \int_{\Gamma_2+0}^{\Gamma_3} (\sum_{n=0}^{\infty} \sum_{m=0}^{\infty} s_n s_m \psi_n \psi_m) dx}$$

(13)

elde edilir. ψ_n fonksiyonlar sistemi ortogonal olduğu için (13) denklemi

$$R(\psi) = \frac{\sum_{n=1}^{\infty} s_n^2 \lambda_n^2 \|\psi_n\|_{\mathbb{H}}^2}{\sum_{n=1}^{\infty} s_n^2 \|\psi_n\|_{\mathbb{H}}^2} \quad (14)$$

şeklinde yazılabilir. λ_1 ilk özdeğer ve her $m > 1$ için $\lambda_1 \leq \lambda_m$ olsun. Bu takdirde

$$R(\psi) = \frac{\lambda_1 \sum_{n=1}^{\infty} s_n^2 \|\psi_n\|_{\mathbb{H}}^2}{\sum_{n=1}^{\infty} s_n^2 \|\psi_n\|_{\mathbb{H}}^2} \geq \frac{\lambda_1 \sum_{n=1}^{\infty} s_n^2 \|\psi_n\|_{\mathbb{H}}^2}{\sum_{n=1}^{\infty} s_n^2 \|\psi_n\|_{\mathbb{H}}^2} = \lambda_1$$

olur. Böylece her $\psi \in \mathcal{L}$ için

$$R(\psi) \geq \lambda_1$$

elde edilir. Diğer yandan, $R(\psi_1) = \lambda_1$ olduğu açıktır; burada ψ_1 , en küçük özdeğer olan λ_1 özdeğerine karşılık gelen bir özfonksiyondur. İspat tamamlandı.

Sonuç. $\lambda_1 = \min R(\psi_1) = R(\psi_1)$

Teorem 3. $\lambda_1 \leq \lambda_2 \leq \dots$ (1)-(7) Sturm-Liouville probleminin özdeğerleri olsun ve

$\mathcal{L}_k := \{\psi \in \mathcal{L} : \langle \psi, \psi_i \rangle = 0 \ i = 1, 2, \dots, k-1\}$ gösterilsin. Bu durumda

$$\lambda_k = \min_{\psi \in \mathcal{L}_k, \psi \neq 0} R(\psi) = \min_{\psi \in \mathcal{L}_k, \psi \neq 0} \frac{\sum_{n=k+1}^{\infty} s_n^2 \lambda_n^2 \|\psi_n\|_{\mathbb{H}}^2}{\sum_{n=k+1}^{\infty} s_n^2 \|\psi_n\|_{\mathbb{H}}^2} \quad (15)$$

eşitliği sağlanır.

Kanıt 3. (14) eşitliğini düşünelim ve $\psi \in \mathcal{L}_k, \psi \neq 0$ olsun. Bu durumda $s_j = 0$ ($j = 1, 2, \dots, k$) ve sonuç olarak (13) eşitliğinden

$$R(\psi) = \frac{\sum_{n=k+1}^{\infty} s_n^2 \lambda_n^2 \|\psi_n\|_{\mathbb{H}}^2}{\sum_{n=k+1}^{\infty} s_n^2 \|\psi_n\|_{\mathbb{H}}^2}$$

bulunur. $n > k + 1$ için $\lambda_k \leq \lambda_n$ olduğundan $R(\psi) \geq \lambda_{k+1}$ olup eşitlik $n > k + 1$ olmak üzere $s_n = 0$ sağlanır yani $\psi = s_{k+1} \psi_{k+1}$.

3. SONUÇLAR VE DEĞERLENDİRME

Rayleigh-Ritz formülünü (9) eşitliğine uygulayarak, temel özdeğerleri açıkça hesaplamak her zaman mümkün olmayabilir. Ancak, uygun test fonksiyonlarıyla (8) Rayleigh oranı kullanılarak, özdeğerler için iyi bir yaklaşım elde edilebilir. Ayrıca (15) formülünden, her test fonksiyonu $z_k \in \mathcal{L}_k$ için $\lambda_k \leq R(z_k)$ elde edilir. Bu nedenle k . özdeğer için bir üst sınır da bulunabilir.

KAYNAKÇA

- [1] Allahverdiev, B. P., Bairamov, E., Ugurlu, E., Eigenparameter dependent Sturm-Liouville problems in boundary conditions with transmission conditions. J. Math. Anal. Appl. 401(1), 388–396 (2013).
- [2] Akhiezer N. I. and Glazman, I. M., Theory of Linear Operators in Hilbert Space, ser. Dover Books on Mathematics. Edinburgh: Dover Publications, 1993.
- [3] Atkinson, F. V., On bounds for the titchmarsh-weyl m-coefficients and for spectral functions for second-order differential equations, Proceedings of the Royal Society of Edinburgh: Section A Mathematics, vol. 97, no. 1, pp. 1–7, 1984.
- [4] Aydemir, K., Mukhtarov, O.Sh., Qualitative analysis of eigenvalues and eigenfunctions of one boundary value-transmission problem. Bound. Value Probl. 2016, 1–16 (2016).
- [5] Cannon, J. R., Meyer, G. H., On a diffusion in a fractured medium. SIAM J. Appl. Math. 3, 434–448 (1971)
- [6] Coddington E. A. and Levinson, L., Theory of ordinary differential equations. New York: Krieger Pub. Co., 1984.
- [7] Levitan B. M. and Sargsjan I., Sturm-Liouville and Dirac operators, ser. Mathematics and its Applications (Soviet Series). Springer Netherlands, 1991.

- [8] Li, K., Sun, J., Hao, X., Eigenvalues of regular fourth order Sturm-Liouville problems with transmission conditions. *Math. Methods Appl. Sci.* **40**, 3538–3551 (2017).
- [9] Naimark, M. A., *Linear Differential Operators: II*, ser. *Linear Differential Operators*. New York: F. Ungar Pub. Co., 1968.
- [10] Pham Huy, H., Sanchez-Palencia, E.: Phenom'enes des transmission 'a travers des couches minces de conductivite elevee. *J. Math. Anal. Appl.* **47**, 284–309 (1974).
- [11] Uğurlu, E., Taş K., A new method for dissipative dynamic operator with transmission conditions. *Complex Anal. Operator Theory* **12**(4), 1027–1055 (2018).

DENKLEMİNDE TEKİLLİĞE SAHİP OLAN SINIR-DEĞER PROBLEMLERİNİN ÖZDEĞER VE ÖZFONKSİYONLARININ BAZI ÖZELLİKLERİ

Prof., KADRIYE AYDEMİR¹, Prof., OKTAY SH. MUKHTAROV²

¹Amasya University, kadriyeaydemr@gmail.com.tr - ORCID ID 0000-0002-8378-3949

²Tokat Gaziosmanpaşa University, omukhtarov@yahoo.com _ ORCID ID 0000-0001-7480-6857

ÖZET

Fizikte birçok farklı fiziksel süreçlerin özelliklerini araştırmak için, uygun matematiksel modellerin kurulması, bu modellerin çözümlerinin olup olmadığını belirlenmesi yeterli koşulların bulunması ve sıfırlar arasındaki minimum mesafenin ya da belirli bir aralıktaki sıfır sayısının tahmin edilmesi önemlidir. Bu tür süreçlerin modellenmesi sırasında ortaya çıkan diferansiyel denklemler, bu denklemlerin özellikleri ile fiziksel özellikleri arasında bir bağ kurulması gerekmektedir. Bu nedenle Sturm-Liouville denklemlerinin çözümlerinin varlığı ve çözümlerinin davranışları, diferansiyel denklemler teorisinde büyük önem taşımaktadır. Bu alanda çok geniş bir literatür vardır. Ancak son yıllarda doğa bilimlerinin farklı alanlarında karşımıza çıkan yeni ve klasik olmayan diferansiyel denklemlerin çözümlerinin varlığı için yeni yeterli koşulların elde edilmesine dair ilgi artmaktadır. Özellikle geçiş şartları içeren klasik olmayan Sturm-Liouville türü problemler, farklı fiziksel olayların modellenmesinde sıkça karşılaşılmaktadır. Örneğin, farklı dielektrik özellikler taşıyan ferromanyetik ortamlardaki elektromanyetik olaylar, titreşen katlanmış zarlardaki davranışlar, elastik yapılar, "hidrolik kırılma" problemleri, ısı ve kütle transferi, mekanik sistemlerin titreşimleri gibi olaylar, genellikle ortamın düzgün olmayan veya süreksiz özelliklerine bağlıdır. Bu çalışma, ek iletim koşulları içeren yeni tür Sturm-Liouville problemlerinin karşılaştırılması ve salınım özellikleriyle ilgili incelemelere ayrılmıştır. Çalışmanın motivasyonu, bu problemlerin dayandırıldığı matematiksel fiziğin birçok önemli problemlerinden kaynaklanmaktadır. Örneğin, Dünya'nın serbest salınımlarını incelemek için, toroidal salınımların radyal bağımlılığını belirleyen denklem ve Sturm-Liouville formundaki bazı denklemler kullanılmaktadır. Bu çalışmada, çözümlerin sol ve sağ uç değerleri arasındaki bağlantıyı belirleyen geçiş şartları içeren problem incelenmiştir ve bu problem klasik Sturm-Liouville problemlerinden (SLP) farklıdır. Bu çalışma da çözümlerin varlığı davranışlarını incelemek için literatürde bulunan klasik yöntemleri genelleştirerek özdeğer ve özfonksiyonlar için bazı özellikler elde edilmiştir.

Anahtar Kelimeler : Tekil Sturm-Liouville problemi, geçiş şartı, özfonksiyon.

1. GİRİŞ

İkinci ve daha yüksek mertebeden adi diferansiyel denklemler ile tanımlanan Sturm-Liouville problemleri için literatürde çok sayıda araştırma mevcuttur. Modern fiziğin dalga denklemlerinin uygulamaları da dahil olmak üzere elastikiyet ve titreşim alanlarındaki problemler Sturm-Liouville bir sınır değer problemidir. İstatikteki bazı problemler de bu tür problemlere indirgenebilir. Bu çalışmada, bir Sturm-Liouville denklemini olarak adlandırılan

$$-(r(x)y')' + q(x)y = \mu y(x), \quad x \in [c_1, c_0) \cup (c_0, c_2] \quad (1)$$

lineer homojen ikinci mertebeden diferansiyel denkleminde

$$\lim_{t \rightarrow 0} y'(c_1 + |t|) = \alpha \lim_{t \rightarrow 0} y(c_1 + |t|)$$

(2)

sınır şartlarından ve de $x = c_0$ süreksizlik noktasında verilen

$$\lim_{t \rightarrow 0} y(c_0 + |t|) = \lim_{t \rightarrow 0} y(c_0 - |t|)$$

(3)

$$\lim_{t \rightarrow 0} y'(c_0 + |t|) = \lim_{t \rightarrow 0} y'(c_0 - |t|) + \beta \lim_{t \rightarrow 0} y(c_0 - |t|)$$

(4)

geçiş şartlarından oluşan bir Sturm-Liouville özdeğer problemi araştırılmıştır. Bu çalışma boyunca $q(x)$ fonksiyonu $[c_1, c_0)$ ve $(c_0, c_2]$ aralıklarının her birinde sürekli ve sonlu

$\lim_{t \rightarrow 0} r(c_1 + |t|)$, $\lim_{t \rightarrow 0} r(c_2 - |t|)$, $\lim_{t \rightarrow 0} q(c_0 + |t|)$ ve $\lim_{t \rightarrow 0} q(c_0 - |t|)$ limit değerleri mevcut (burada $q(\Gamma_i \pm 0) := \lim_{x \rightarrow \Gamma_i \pm 0} q(x)$ gösteriminden yararlanılmıştır) ve ayrıca

(c_1, c_0) ve (c_0, c_2) aralığında $r(x) > 0$, $q(x) > 0$ ve $\lim_{t \rightarrow 0} r(c_0 \pm |t|) > 0$ kabul

edilecektir. Bu tür sınır koşulları, gezegen yörüngelerinin ve diğer fiziksel olayların incelenmesinde ve değişkenlerin ayrılması yöntemiyle çözülen kısmi diferansiyel denklemlerde kutupsal koordinatların kullanılması durumunda ortaya çıkar. Genel olarak, (1) denkleminin özdeğerlerini analitik olarak elde etmek mümkün değildir. Ancak, örneğin sonlu fark ve sonlu elemanlar yöntemleri gibi çeşitli yaklaşık yöntemler mevcuttur. Paine ve arkadaşları [13],

$$y(0) = y(\pi) = 0 \quad (5)$$

sınır koşullarıyla birlikte (1) regüler Sturm-Liouville denkleminin özdeğerlerinin sonlu farklar yöntemiyle hesaplanmasını ele almış ve q sabit olduğunda, μ_k daki hatanın genel q için hata ile aynı asimptotik forma sahip olduğunu göstermiştir. Ayrıca, yüksek özdeğerler için elde edilen tahminlerin doğruluğunun, genel q için elde edilen tahminleri

düzeltilmek amacıyla $q = 0$ için bilinen hata kullanılarak ihmal edilebilir kabul edilmiştir. Sturm-Liouville problemlerindeki denklemlerin katsayılarının süreksizliği, heterojen ortamın iki farklı malzemeden oluşması gerçeğine karşılık gelir. Dahası, süreksizlik içeren sınır değer problemleri, ısı ve kütle transferi, elektrostatik ve dalga problemi gibi birçok fiziksel problemde ortaya çıkar [2, 3, 9, 10]. Sobolev uzaylarında sınır değer problemlerinin spektral özellikleri ve çözülebilirliği üzerine bazı sonuçlar [15, 16] çalışmalarında mevcuttur. Süreksiz katsayılı diferansiyel denklemler için bazı sınır değer problemleri Rasulov tarafından incelenmiştir [14]. Sürekli katsayılı ve sınır koşullarında bir özdeğer parametresi olan sınır değer problemlerinin soyut teorisi Yakubov ve Yakubov tarafından çalışılmıştır (bkz. [16]). Birçok yazar süreksiz problemlerin incelenmesine katkıda bulunmuştur [1, 6, 7, 8]. Tek süreksiz nokta içeren Sturm-Liouville problemlerinin izomorfizm, Fredholmness gibi özellikleri, Mukhtarov ve çalışma arkadaşları tarafından [4, 5, 6, 7, 8, 9, 11, 12] te incelenmiştir. Bu makalede, tek bir noktada süreksizlik noktası içeren tekilliğe sahip olan bir Sturm-Liouville problemi araştırılmıştır. Bu problemin özdeğer ve özfonksiyonları için bazı özellikler elde edilmiştir.

2. ARAŞTIRILAN PROBLEMİN ÖZDEĞER VE ÖZFONKSİYONLARININ BAZI ÖZELLİKLERİ

Teorem 1. u ve v (1)-(4) probleminin iki özfonksiyonu olsun. Bu durumda

i) $\lim_{t \rightarrow 0} r(c_1 + |t|) > 0$ ise

$$v(c_1) = ku(c_1), \quad v'(c_1) = ku(c_1)$$

olacak şekilde bir k sabit sayısı vardır.

ii) $\lim_{t \rightarrow \infty} r(c_2 - |t|) > 0$ ise

$$v(c_2) = ku(c_2), \quad v'(c_2) = ku(c_2)$$

olacak şekilde bir k sabit sayısı vardır.

Kanıt 1. $r(c_1 + 0) = \lim_{t \rightarrow 0} r(c_1 + |t|) > 0$ olsun. u ve v (1)-(4) probleminin özfonksiyonları olduğundan (2) sınır şartından

$$\lim_{t \rightarrow 0} u'(c_1 + |t|) = \alpha \lim_{t \rightarrow 0} u(c_1 + |t|)$$

ve

$$\lim_{t \rightarrow 0} v'(c_1 + |t|) = \alpha \lim_{t \rightarrow 0} v(c_1 + |t|)$$

yazılabilir. Buradan $u'(c_1) = \alpha u(c_1)$ ve $v'(c_1) = \alpha v(c_1)$ elde edilir. Böylece

$$\frac{u'(c_1)}{v'(c_1)} = \frac{u(c_1)}{v(c_1)} = k$$

bulunur.

Teorem 2. μ sayısı (1)-(4) probleminin bir özdeğeri olsun. Eğer u ve v fonksiyonları μ özdeğerine karşılık gelen iki özfonksiyon ve $r(c_1 + 0) + r(c_2 - 0) > 0$ ise bu durumda

$$v = ku$$

olacak şekilde bir k sabit sayısı vardır.

Kanıt 2. Eğer $r(c_1 + 0) > 0$ ve k sabit ise bir önceki teorem gereği $\psi = v - ku$ fonksiyonu da ayrıca (1) denkleminin bir çözümüdür. (5) sağlandığı için $\psi(c_1) = \psi'(c_1) = 0$. O halde diferansiyel denklemler teorisinden $\psi \equiv 0$ olduğu açıktır. Yani $v = ku$ elde edilir. Benzer şekilde eğer $r(c_2 - 0) > 0$ ve k sabit ise bir önceki teorem gereği $\psi = v - ku$ fonksiyonu da ayrıca (1) denkleminin bir çözümüdür. (6) sağlandığı için $\psi(c_2) = \psi'(c_2) = 0$ yazılabilir. Buradan diferansiyel denklemler teorisinden iyi bilinen çözümün varlığı ve tekliği hakkında teorem gereği $\psi \equiv 0$ olduğu açıktır. Yani $v = ku$ elde edilir.

Teorem 3. Aşağıdaki i), ii), iii) ve iv) koşullarının sağlandığını kabul edelim.

$$i) q(x) \geq 0, \forall x \in [c_1, c_0) \cup (c_0, c_2]$$

$$ii) r(c_1 + 0) > 0 \text{ ise } \alpha > 0 \text{ şartı sağlanır}$$

$$iii) r(c_0 + 0) = r(c_0 - 0)$$

$$iv) r(c_2 - 0) > 0$$

O halde verilmiş süreksiz tekil Sturm-Liouville probleminin her bir μ özdeğeri için $\mu \geq 0$ olur yani süreksiz tekil Sturm-Liouville probleminin özdeğerleri negatif değildir.

İspat. μ bir özdeğer, $u(x, \mu)$ ise bu özdeğere karşılık gelen özfonksiyon olsun.

Bu durumda

$$-(r(x)y'(x, \lambda))' + q(x)y(x, \mu) = \mu y(x, \mu), \quad x \in [c_1, c_0) \cup (c_0, c_2] \quad (6)$$

denkleminin her iki yanını $y(x, \lambda)$ ile carpalırsa

$$\lambda y^2(x, \mu) = q(x)y^2(x, \mu) - (r(x)y'(x, \mu))'y(x, \mu) \quad (7)$$

özdeşliği bulunur. Bu son eşitliğin her iki tarafı $[c_1, c_0)$ ve $(c_0, c_2]$ aralıklarında integrallenip sonra taraf-tarafa toplanırsa ve de kısmi integrasyon yöntemi uygulanırsa

$$\mu \left(\int_{c_1}^{c_0-0} y^2(x, \mu) dx + \int_{c_0+0}^{c_2} y^2(x, \mu) dx \right) = \left(\int_{c_1}^{c_0-0} q(x)y^2(x, \mu) dx + \int_{c_0+0}^{c_2} q(x)y^2(x, \mu) dx \right)$$

$$\begin{aligned}
 & - \int_{c_1}^{c_0-0} (r(x)y'(x, \mu))' y(x, \mu) dx \\
 & - \int_{c_0+0}^{c_2} (r(x)y'(x, \mu))' y(x, \mu) dx \\
 & = \int_{c_1}^{c_0-0} q(x)y^2(x, \mu) dx + \int_{c_0+0}^{c_2} q(x)y^2(x, \mu) dx \\
 & \quad + \int_{c_1}^{c_0-0} r(x)(y'(x, \mu))^2 dx \\
 & \quad + \int_{c_0+0}^{c_2} r(x)(y'(x, \mu))^2 dx \\
 & -r(c_2)y'(c_2, \mu)y(c_2, \mu) + r(c_1)y'(c_1, \mu)y(c_1, \mu) \\
 & \quad -r(c_0 + 0)y'(c_0 + 0, \mu)y(c_0 + 0, \mu) \\
 & \quad + r(c_0 - 0)y'(c_0 - 0, \mu)y(c_0 - 0, \mu) \tag{8}
 \end{aligned}$$

eşitliği bulunur. $\lim_{t \rightarrow 0} y'(c_1 + |t|) = \alpha \lim_{t \rightarrow 0} y(c_1 + |t|)$ sınır şartı kullanılarak

$$\alpha y(c_1, \mu)y'(c_1, \mu) = (y'(c_1, \mu))^2 \geq 0 \tag{9}$$

eşitsizliği elde edilir. Teoremin şartı gereği $\alpha > 0$ şartı sağlandığı için (9) eşitsizliğinden

$$y(c_1, \mu)y'(c_1, \mu) \geq 0 \tag{10}$$

eşitsizliği bulunur.

$y(\mu, \lambda)$ özfonksiyonu (3), (4) geçiş şartlarını sağladığı ve de teoremin şartı gereği

$$r(c_0 + 0) = r(c_0 - 0)$$

olduğu için

$$\begin{aligned}
 & r(c_0 + 0)y'(c_0 + 0, \mu)y(c_0 + 0, \mu) + r(c_0 - 0)y'(c_0 - 0, \mu)y(c_0 - 0, \mu) \\
 & = (r(c_0 + 0) - r(c_0 - 0))y'(c_0 - 0, \lambda)y(c_0 - 0, \lambda) \\
 & = 0
 \end{aligned}$$

(11)

sağlanır. (9), (10) ve (11) eşitlikleri (8) eşitliğinde yerine yazılırsa, $r(c_2 - 0) > 0$, $r(x) \geq 0$ ve $q(x) \geq 0$ şartlarının da sağlandığını dikkate alınır (8) eşitliğinin sağ tarafında yer alan her bir terimin negatif olmadığı görülür. O halde (8) eşitliğinin sol tarafı da negatif değildir. Dolayısıyla $\mu \geq 0$ sonucu elde edilir. İspat bitti.

Teorem 4. Kabul edelim ki Teorem 3 in tüm şartları sağlansın. Bu şartlara ilave olarak $q(x) \neq 0$ şartını (yani en az bir $x_0 \in [c_1, c_0) \cup (c_0, c_2]$ için $q(x_0) > 0$ şartının) da sağlandığını kabul edelim. O halde verilmiş iki-aralıklı tekil Sturm- Liouville probleminin tüm özdeğerleri pozitiftir.

İspat. $q(x_0) > 0$ ve $q(x)$ fonksiyonu $[c_1, c_0) \cup (c_0, c_2]$ de sürekli olduğu için öyle $\delta_0 > 0$ sayısı vardır ki, $\forall x \in [x_0 - \delta_0, x_0 + \delta_0] \cap ([c_1, c_0) \cup (c_0, c_2])$ için $q(x) > 0$ sağlanır. Sonlu $q(c_0 \pm 0)$ değerleri mevcut olduğu için öyle bir $k_0 > 0$ sayısı mevcuttur ki $\forall x \in [x_0 - \delta_0, x_0 + \delta_0] \cap [c_1, c_0) \cup (c_0, c_2])$ için $q(x) \geq k_0$ sağlanır.

$$K_0 := \int_{c_1}^{c_0} y^2(x, \mu) dx + \int_{c_0}^{c_2} y^2(x, \mu) dx \quad (12)$$

gösterelim. $y(x, \mu)$ özfonksiyon olduğu için $K_0 > 0$ olur. İlk önce $x_0 \in [c_1, c_0)$ durumunu araştıralım. $\delta_0 > 0$ sayısı istenilen kadar küçük alınabileceği için $\delta_0 \leq \min\{x_0 - c_1, c_0 - x_0\}$ olacak biçimde seçilebilir. Bu durumda

$$\begin{aligned} \int_{c_1}^{c_0} q(x) y^2(x, \mu) dx + \int_{c_0}^{c_2} q(x) y^2(x, \mu) dx &\geq \int_{c_1}^{c_0} q(x) y^2(x, \mu) dx \\ &\geq \int_{x_0}^{x_0 + \delta_0} q(x) y^2(x, \mu) dx \end{aligned}$$

(13)

eşitsizliği geçerli olur. Şimdi

$$m_0 := \int_{x_0}^{x_0 + \delta_0} y^2(x, \mu) dx \quad (14)$$

gösterilirse ve özfonksiyonların hiç bir pozitif ölçümlü aralıkta özdeş olarak sıfır olmayacağı dikkate alınırsa $m_0 > 0$ olduğu kolayca anlaşılır. O halde (14) eşitsizliğinden

$$\int_{c_1}^{c_0} q(x) y^2(x, \mu) dx + \int_{c_0}^{c_2} q(x) y^2(x, \mu) dx > \frac{1}{2} k_0 m_0 \quad (15)$$

eşitsizliği elde edilir. O halde (10), (11) ve (15) bağıntılarını (8) eşitliğinde dikkate alınırsa

$$\mu K_0 = \mu \left(\int_{c_1}^{c_0} y^2(x, \mu) dx + \int_{c_0}^{c_2} y^2(x, \mu) dx \right) > \frac{1}{2} k_0 m_0 > 0 \quad (16)$$

elde edilir. Buradan, $K_0 > 0$ olduğu için $\mu > 0$ sonucu elde edilir. İspat bitti.

Teorem 5. Kabul edelim ki Teorem 3 in tüm şartları sağlansın. Bu durumda $\mu=0$ iki- aralıklı (1)-(4) tekil Sturm-Liouville probleminin özdeğeri ise, $q(x) \equiv 0$ (yani $\forall x \in [c_1, c_0) \cup (c_0, c_2]$ için $q(x) = 0$) olur. Ayrıca bu durumda μ_0 özdeğerine karşılık gelen her özfonksiyon sabit fonksiyondur.

İspat. Kabul edelim ki $y = y_0(x)$ fonksiyonu $\mu=0$ özdeğerine karşılık gelen özfonksiyondur. O halde (8) eşitliği ve (16) eşitsizliği gereği

$$\int_{c_1}^{c_0-0} q(x)y_0^2(x, \mu)dx + \int_{c_0+0}^{c_2} q(x)y_0^2(x, \mu)dx = \int_{c_1}^{c_0-0} r(x)(y_0'(x, \mu))^2 dx$$

$$+ \int_{c_0+0}^{c_2} r(x)(y_0'(x, \mu))^2 dx$$

$$-r(c_2)y_0'(c_2, \mu)y_0(c_2, \mu)$$

$$+r(c_1)y_0'(c_1, \lambda)y_0(c_1, \lambda)$$

(17)

eşitliği sağlanır. (10) ve (11) eşitsizlikleri gereği (18) eşitliğinden

$$\int_{c_1}^{c_0-0} q(x)y_0^2(x, \mu)dx + \int_{c_0+0}^{c_2} q(x)y_0^2(x, \mu)dx \leq 0$$

(18)

eşitsizliği elde edilir. Son eşitsizlikten kolayca $q(x) \leq 0$ olduğu elde edilir. Teoremin şartı gereği $q(x) \geq 0$ olduğu için $q(x) \equiv 0$ sağlanır. Şimdi $\mu=0$ özdeğerine karşılık gelen her özfonksiyonun sabit fonksiyon olduğunu gösterelim. (8) eşitliğini $\mu=0$ ve $q(x) \equiv 0$ için yazarsak,

$$\int_{c_1}^{c_0-0} r(x)(y_0'(x, \mu))^2 dx + \int_{c_0+0}^{c_2} r(x)(y_0'(x, \mu))^2 dx = r(c_2)y_0'(c_2)y_0(c_2)$$

$$+ r(c_1)y_0'(c_1)y_0(c_1)$$

$$-r(c_0+0)y_0'(c_0+0)y_0(c_0+0)$$

$$+ r(c_0-0)y_0'(c_0-0)y_0(c_0-0)$$

eşitliğini elde edilir. O halde (10) ve (11) gereği

$$\int_{c_1}^{c_0-0} r(x)(y_0'(x, \mu))^2 dx + \int_{c_0+0}^b r(x)(y_0'(x, \mu))^2 dx \leq 0$$

elde edilir. Bu eşitsizlikten ise teoremin şartları gereği $\forall x \in [c_1, c_0) \cup (c_0, c_2]$ için

$$(19) \quad r(x)(y_0'(x, \mu))^2 \equiv 0$$

elde edilir. $\forall x \in (c_1, c_0) \cup (c_0, c_2)$ için $r(x) > 0$ olduğundan (19) bağıntısı ancak ve ancak $y_0'(x, \mu) \equiv 0$, yani $y_0(x) = \text{const}$ olduğu durumda geçerli olur. İspat bitti.

3. SONUÇLAR VE DEĞERLENDİRME

Bu çalışmada esas aralığın uç noktalarında tekilliğe sahip olan iki-aralıklı Sturm-Liouville probleminin bir çok önemli spektral özelliği incelenmiştir. Bu tür problem literatürde ilk olarak bu çalışmamızda araştırılmıştır. Elde ettiğimiz sonuçlar literatürden bilinen sonuçları genelleştirmiştir. Çalışmamızda uyguladığımız yeni yöntemlerden yararlanılarak sadece iki aralıklı ve esas aralığın uç noktalarından birinde veya her ikisinde tekilliğe sahip olan Sturm-Liouville problemleri değil hem de çok aralıklı ve esas aralığının uç noktalarında tekilliğe sahip olan Sturm-Liouville problemleri için de benzer sonuçlar elde edilmiştir.

KAYNAKÇA

- [1] Allahverdiev, B. P., Bairamov, E., Ugurlu, E., Eigenparameter dependent Sturm–Liouville problems in boundary conditions with transmission conditions. *J. Math. Anal. Appl.* 401, 388–396 (2013)
- [2] Aliev, B. A., Solvability of a boundary value problem for a second order elliptic-differential operator equation with spectral parameter in the equation and boundary conditions. *Trans. NAS Azerb.* 4, 3–16 (2010)
- [3] Agranovich, M.S., Spectral properties of diffraction problems. In: Voitovich, N.N., Kazenelenbaum, B.Z., Sivov, A.N.
- [4] Aydemir, K., Mukhtarov, O.S., Second-order differential operators with interior singularity. *Adv. Differ. Equ.* 2015, 26(2015)
- [5] Aydemir, K., Mukhtarov, O. S., Spectrum and Green's function of a many-interval Sturm–Liouville problem. *Z. Naturforsch.* 70(5), 301–308 (2015)
- [6] Kandemir, M., Irregular boundary value problems with discontinuous coefficients and the eigenvalue parameter. *Mediterr. J. Math.* 6, 317–338 (2009)
- [7] Kandemir, M., Yakubov, Y., Regular boundary value problems with a discontinuous coefficient, functional-multipoint conditions, and a linear spectral parameter. *Isr. J. Math.* 180, 255–270 (2010)
- [8] Kandemir, M., Mukhtarov, O. S., Nonlocal Sturm–Liouville problems with integral terms in the boundary conditions. *Electron. J. Differ. Equ.* 2017, 11 (2017)

- [9] Li, K., Sun, J., Hao, X., Bao, Q., Spectral analysis for discontinuous non-self-adjoint singular Dirac operators with eigenparameter dependent boundary condition. *J. Math. Anal. Appl.* 453, 304–316 (2017)
- [10] Likov, A.V., Mikhailov, Y.A., *The Theory of Heat and Mass Transfer.* Qosenergaizdat, Moscow (1963) (Russian)
- [11] Mukhtarov, O. S., Demir, H., Coerciveness of the discontinuous initial-boundary value problem for parabolic equation. *Isr. J. Math.* 114, 239–252 (1999)
- [12] Mukhtarov, O.S., Yakubov, S., Problems for ordinary differential equations with transmission conditions. *Appl. Anal.* 81, 1033–1064 (2002)
- [13] Paine, J. W., Hoog F. R. and Andersen, R. S. , On the correction of finite difference eigenvalue approximations for Sturm-Liouville problems, *Computing*, 26 (1981), 123-139.
- [14] Rasulov, M. L., *Methods of Contour Integration.* Nort-Holland, Amsterdam (1967)
- [15] Shakhmurov, V. B., Linear and nonlinear abstract elliptic equations with VMO coefficients and applications. *Fixed Point Theory Appl.* 2013, 6 (2013)
- [16] Yakubov, S., Yakubov, Y., *Differential-Operator Equation Ordinary and Partial Differential Equation.* Chapman & Hall/CRC, Boca Raton (1999)

GENETİK ALGORİTMALARLA OPTİMİZE EDİLMİŞ MAKİNE ÖĞRENMESİ YAKLAŞIMIYLA UYKU BOZUKLUKLARININ TANILANMASI

Doç. Dr., FEYZA ALTUNBEY ÖZBAY¹, Doç. Dr., ERDAL ÖZBAY²

¹ Fırat Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Yazılım Mühendisliği,

faltunbey@firat.edu.tr - 0000-0003-0629-6888

² Fırat Üniversitesi, Bilgisayar Mühendisliği, erdalozbay@firat.edu.tr - 0000-0002-

9004-4802

ÖZET

Uyku bozukluklarının tanılanması, insan yaşam kalitesinin artırılmasında kritik bir rol oynamaktadır. Uyku bozuklukları ve özellikle uyku apnesi, bireylerin fiziksel ve zihinsel sağlığı üzerinde ciddi etkilere yol açabilmektedir. Uyku evrelerinin uzmanlar tarafından manuel olarak sınıflandırılması oldukça zahmetli olup, hata yapma olasılığı yüksektir. Bu nedenle, uyku bozukluklarının daha doğru ve güvenilir bir şekilde tanılanabilmesi için makine öğrenmesi (ML) algoritmalarının kullanımı giderek daha fazla önem kazanmaktadır. Bu alanda geliştirilecek yüksek doğruluk oranına sahip modeller, erken tanı ve etkili tedavi süreçlerine katkı sağlayarak sağlık sistemlerine önemli faydalar sunabilir. Bu çalışmada, uyku bozukluklarının tanılanması problemi için Random Forest, Extra Tree, Destek Vektör Makineleri (SVM) ve Gradient Boosting olmak üzere dört farklı makine öğrenmesi algoritması kullanılmış ve bu algoritmaların hiperparametreleri Genetik Algoritma (GA) yöntemiyle optimize edilmiştir. Genetik Algoritma, uygunluk değerlerine dayalı olarak en iyi parametre kombinasyonlarını belirleyerek modellerin performansını artırmayı hedeflemektedir. Yapılan deneyler sonucunda, özellikle Random Forest algoritmasının %98.67 doğruluk ve 0.9986 AUC değeri ile en yüksek başarıyı elde ettiği gözlemlenmiştir. Genel olarak, elde edilen bulgular Genetik Algoritma ile yapılan hiperparametre optimizasyonunun modellerin performansını önemli ölçüde artırdığını ortaya koymaktadır. Varsayılan parametrelerle çalışan modellere kıyasla çok daha yüksek doğruluk ve AUC değerleri elde edilmiştir. Bu sonuçlar, Genetik Algoritma destekli hiperparametre ayarlamasının, uyku bozukluklarının makine öğrenmesi ile sınıflandırılmasında etkili bir yöntem olduğunu göstermektedir.

Anahtar Kelimeler: Genetik Algoritma, Makine Öğrenmesi, Uyku Bozukluğu

DIAGNOSIS OF SLEEP DISORDERS USING A MACHINE LEARNING APPROACH OPTIMIZED WITH GENETIC ALGORITHMS

Assoc. Prof., FEYZA ALTUNBEY ÖZBAY¹, Assoc. Prof., ERDAL ÖZBAY²

¹ Firat University, Faculty of Engineering, Software Engineering, faltunbey@firat.edu.tr
- 0000-0003-0629-6888

² Firat University, Computer Engineering, erdalozbay@firat.edu.tr - 0000-0002-9004-
4802

ABSTRACT

The diagnosis of sleep disorders plays a critical role in improving the quality of human life. Sleep disorders, and especially sleep apnea, can have serious effects on individuals' physical and mental health. The manual classification of sleep stages by experts is quite laborious and has a high potential for human error. Therefore, the use of machine learning algorithms for more accurate and reliable diagnosis of sleep disorders is gaining increasing importance. High-accuracy models to be developed in this field can contribute to early diagnosis and effective treatment processes, offering significant benefits to healthcare systems. In this study, four different machine learning algorithms — Random Forest, Extra Tree, Support Vector Machine (SVM), and Gradient Boosting — were used for the diagnosis of sleep disorders, and the hyperparameters of these algorithms were optimized using the Genetic Algorithm (GA) method. The Genetic Algorithm aims to enhance the performance of the models by determining the best parameter combinations based on fitness values. As a result of the experiments, it was observed that the Random Forest algorithm achieved the highest performance with an accuracy of 98.67% and an AUC value of 0.9986. Overall, the findings reveal that hyperparameter optimization performed using the Genetic Algorithm significantly improves the performance of the models. Compared to models operating with default parameters, much higher accuracy and AUC values were obtained. These results demonstrate that Genetic Algorithm-supported hyperparameter tuning is an effective method for the classification of sleep disorders using machine learning.

Keywords: Genetic Algorithm, Machine Learning, Sleep Disorder

1. GİRİŞ

Uyku, hem fiziksel hem de zihinsel sağlık için hayati öneme sahip temel bir fizyolojik işlevdir. Vücudun iyileşmesini desteklerken, beyin ve hafızanın güçlenmesine yardımcı olur [1]. Özellikle çocuklar ve yaşlılar gibi kaza riski yüksek gruplarda uyku kalitesi, bilişsel fonksiyonlar üzerinde doğrudan etkiye sahiptir. Yetersiz uyku, kalp hastalığı, diyabet ve obezite gibi ciddi sağlık sorunlarına yol açarak genel yaşam kalitesini olumsuz etkileyebilir. Bu nedenle, uyku analizi ve takibi, yaşam kalitesini artırmak ve sağlıklı bir hayat sürdürmek açısından oldukça önemlidir. Amerikan Uyku Tıbbı Akademisi'ne (AASM) göre, uyku beş temel evreye ayrılmaktadır: Uyanıklık (W), Hızlı Göz Hareketi (REM) ve Hızlı Olmayan Göz Hareketi (NREM). NREM uykusu ise N1, N2 ve N3 olmak üzere üç alt evreye bölünür. Uyanıklıkla uyku arasındaki geçiş sürecine N1 evresi, yani hafif uyku denir [2]. Bu evreden sonra gelen, vücudun daha fazla gevşediği ve uykunun biraz daha derinleştiği aşama ise N2 olarak bilinmektedir. NREM'in en derin evresi ise N3'tür ve genellikle delta uykusu olarak adlandırılır. REM evresi, kişinin derin uykuda olmasına rağmen göz hareketlerinin devam ettiği bir dönemdir. Uyku, kasların ve duyuşal sistemin dinlenmeye geçtiği doğal bir süreç olsa da, beyin bu süreç boyunca aktif çalışmaya devam eder. Beyinden alınan EEG sinyalleri düzensiz ve değişken bir yapı sergiler ve uyku süresince sürekli olarak değişebilir. Bu EEG sinyalleri, 30 saniyelik zaman dilimlerinde analiz edilerek uyku evreleri belirlenmektedir [3]. Uyku çalışmaları, bireyin hangi evrelerde uyuduğunu ve olası uyku bozukluklarını tespit etmek için bilgi sağlamaktadır. En sık karşılaşılan uyku bozuklukları arasında İnsomnia (uyuyamama), REM Uykusunda Kas Gevşemesi Kaybı (RSWA), Obstrüktif Uyku Apnesi (OSA) ve İdyopatik REM Uyku Davranış Bozukluğu (iRBD) yer almaktadır. Bu rahatsızlıklar, hem yaygınlıkları hem de olumsuz sağlık etkileri nedeniyle toplumun geniş kesimlerini etkileyebilir [4].

İnsomnia, kişide uykuya dalmada zorluk veya yeterli zaman olmasına rağmen kaliteli uykuya ulaşamama durumu olarak tanımlanmaktadır. Bu durum uzun vadede sağlık sorunlarına ve günlük yaşamda işlev bozukluklarına yol açabilir. OSA ise, uyku sırasında hava yolunun geçici olarak tıkanması sonucu solunumun kesintiye uğradığı bir durumdur. Bu bozukluk, oksijen seviyelerinin düşmesine, uykunun bölünmesine ve kalp-damar hastalıkları, bilişsel problemler ve metabolik rahatsızlıklar gibi ciddi sağlık sorunlarına neden olabilir. iRBD, REM uykusu esnasında normalde olması gereken kas gevşemesinin kaybolmasıyla ortaya çıkmaktadır. Bu durum, kişinin rüyalarını fiziksel olarak canlandırmasına neden olabilir ve kendine zarar verme riski taşımaktadır. Ayrıca iRBD, Parkinson hastalığı ve diğer nörodejeneratif bozuklukların erken belirtisi olabilir.

Her uyku bozukluğu, sağlıklı bireylerden farklı sinyal örüntüleriyle kendini göstermektedir. Bu anormallikler, PSG (polisomnografi) adı verilen detaylı uyku verisi analizleriyle tespit edilir ve uzman doktorlar, bu sinyallerdeki sapmalara göre ilgili uyku hastalığını teşhis edebilir. Ancak bu süreç zaman alıcıdır ve insan hatasına açıktır, bu da

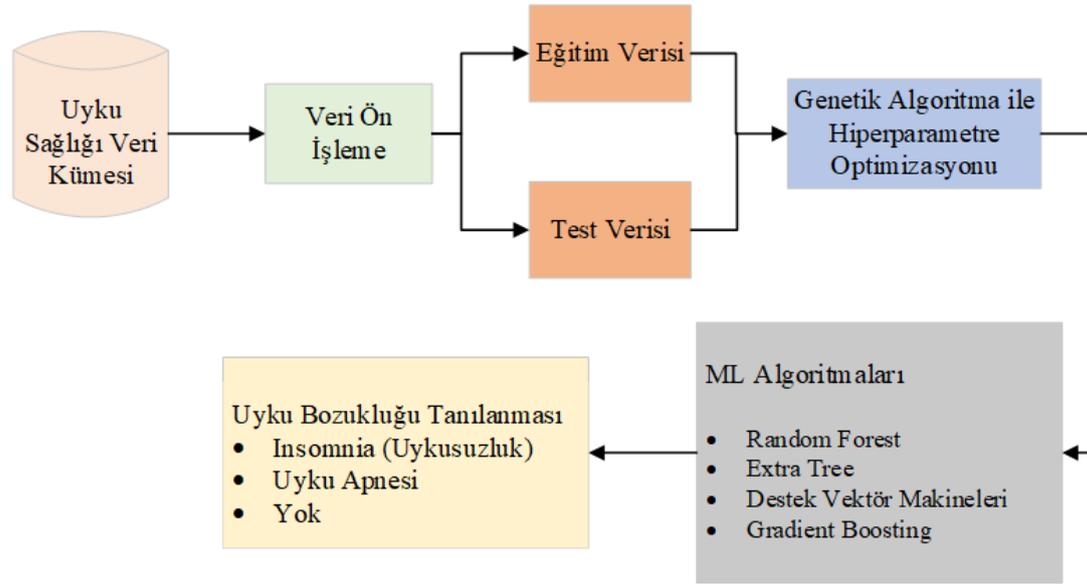
uyku evrelerinin farklı şekillerde yorumlanmasına neden olabilir. Birçok araştırmacı, insan müdahalesini azaltmak amacıyla, sık tekrar eden görevleri otomatikleştirmek için desenleri veya sonraki adımları tahmin eden sınıflandırma ve tahmin algoritmalarını içeren teknikler geliştirmiştir. Satapathy ve diğerleri [5], çalışmalarında Random Forest (RF), K-Nearest Neighbors (KNN), Support Vector Machine (SVM) ve hibrit bir sinir ağı modeli gibi çeşitli makine öğrenimi (ML) algoritmaları kullanılmış ve bu modeller, uyku evresi sınıflandırmasında %87.4 doğruluk oranı elde etmiştir. Ramesh ve diğerleri [6], Wisconsin Uyku Kohort veritabanındaki 1479 kayıt kullanarak Extreme Gradient Boosting (XGB), Light Gradient Boosting Machine (LGBM), CatBoost (CB), RF, KNN, Logistic Regression (LR), SVM gibi makine öğrenimi algoritmalarıyla yüksek riskli OSA hastalarını erken tespit etmeyi amaçlamıştır. Bayes optimizasyonu ve genetik algoritmalarla hiperparametre ayarlaması yapılan çalışmada, SVM algoritması %68.06 doğruluk ve %88.76 duyarlılık elde etmiştir. Başka bir çalışmada [7], 48 çalışmayı inceleyerek uyku apnesinin önemi ve bu alandaki zorlukları ele alınmıştır. Özellikle EKG sinyallerinden uyku apnesi tespiti için SVM, RF ve derin öğrenme algoritmalarının kullanıldığını belirtilmiştir. Çalışmada, EKG sinyallerindeki farklılıklar ve veri seti kısıtlamaları gibi zorluklara rağmen, SVM ve derin öğrenme tabanlı sinir ağlarının en iyi performansı gösterdiği vurgulanmıştır. Farklı bir çalışmada araştırmacılar [8], tek kanallı EKG verisi kullanarak uyku apnesi tespiti için Decision Tree (DT), KNN ve RF gibi geleneksel makine öğrenimi algoritmalarının yanı sıra hibrit evrişimli ve tekrarlayan sinir ağlarını (CNN-DRNN) içeren bir model geliştirmiştir. Bu modelde özellik çıkarımı için hibrit CNN-DRNN mimarisi ve zaman desenlerini yakalamak için derin tekrarlayan sinir ağları kullanılmış, ayrıca boyut indirgemesi amacıyla temel bileşen analizi uygulanmıştır. Sonuç olarak hibrit model diğer algoritmalara kıyasla daha yüksek doğruluk elde etmiştir.

Bu çalışmada, uyku bozukluklarının tanılanması problemine yönelik olarak Random Forest, Extra Tree, Destek Vektör Makineleri (SVM) ve Gradient Boosting olmak üzere dört farklı makine öğrenmesi algoritması değerlendirilmiştir. Söz konusu algoritmaların performanslarının artırılması amacıyla hiperparametre optimizasyonu, Genetik Algoritma (GA) tabanlı bir yöntem ile gerçekleştirilmiştir. GA, uygunluk fonksiyonlarına dayalı olarak en iyi parametre kombinasyonlarını arayarak modellerin sınıflandırma başarımını iyileştirmeyi hedeflemektedir.

2. METODOLOJİ

Bu çalışmada uyku bozukluklarının belirlenmesi için dört farklı makine öğrenmesi algoritması kullanılmıştır. Önerilen yöntemde öncelikle veri kümesinde yer alan cinsiyet, meslek, kan basıncı ve BMI kategorisi parametreleri etiket kodlayıcı kullanılarak sayısal değerlere dönüştürülmüştür. Bu yaklaşım, kategorik verilerin makine öğrenmesi algoritmaları için gerekli olan sayısal formatlara verimli bir şekilde dönüştürülmesini sağladığı için tercih edilmiştir. Bu işlemin ardından, özellik değerlerini normalleştirmek ve sabit bir aralıkta tutmak amacıyla MinMax ölçekleme uygulanmıştır. Bu adım, verinin ölçeğine duyarlı olan algoritmalar için oldukça kritiktir. Veri kümesi daha sonra, %70

eğitim ve %30 test oranıyla ikiye ayrılmıştır. Model performansını optimize etmek ve aşırı öğrenmeyi önlemek amacıyla, hiperparametre ayarlamaları Genetik Algoritma yöntemiyle gerçekleştirilmiştir. Son aşamada ise, Random Forest, Extra Tree, SVM ve Gradient Boosting gibi çeşitli makine öğrenmesi teknikleri uyku bozukluklarını sınıflandırmak için uygulanmıştır. Önerilen yöntemin genel akışı Görsel 1’de verilmiştir.



Görsel 1. Önerilen yöntemin genel akışı

2.1. Hiperparametre Optimizasyonu

Hiperparametre optimizasyonu bir modelin mevcut performansının bir anlık görüntüsünü yakalar ve bunu daha önce alınmış diğer görüntülerle karşılaştırır. Her makine öğrenimi algoritmasında, model eğitime başlamadan önce hiperparametrelerin tanımlanması gerekir. Modelin hiperparametrelerinin hassas şekilde ayarlanması, doğrulama verisi üzerinde modelin performansını maksimize etmektedir. Hiperparametre değerlerini belirlemek genellikle manuel olarak ve önceki deneyimlere dayanarak yapılmaktadır. Ancak bu yöntem her veri setinde aynı başarıyı göstermeyebilir. Bu nedenle, model yapılandırmalarını daha etkili şekilde keşfetmek için Izgara Arama, Rastgele Arama, Bayesian optimizasyonu ve Genetik Algoritma gibi otomatik hiperparametre ayarlama yöntemlerine ihtiyaç duyulmaktadır. Bu çalışmada, uyku bozukluklarının belirlenmesi için kullanılan makine öğrenmesi algoritmalarının performansını artırmak amacıyla, hiperparametrelerin en uygun değerleri genetik algoritma yaklaşımıyla belirlenmiştir.

2.2. Genetik Algoritma

Genetik algoritma (GA), doğal seçim ve genetik süreçlerden ilham alan bir evrimsel optimizasyon algoritmasıdır ve birçok aday çözümün bulunduğu problemler için parametre ayarlaması ve çözüm bulmada kullanılmaktadır [9]. Genetik Algoritma’da, her hiperparametre bir kromozomla temsil edilir ve kromozomun ikili genleri, hiperparametrenin ondalık değerini belirlemektedir. Kromozomlar üzerinde seçim,

çaprazlama ve mutasyon işlemleri uygulanarak en iyi parametreler bulunmaya çalışılır. Yüksek uygunluk değerine sahip kromozomlar, sonraki nesle daha yüksek olasılıkla aktarılır ve bu nesiller ebeveynlerinin avantajlı özelliklerini taşımaktadır. Çaprazlama, farklı kromozomların genlerinin belirli oranlarda değiş tokuş edilerek yeni çözümler oluşturulmasını sağlamaktadır. Mutasyon ise genlerde rastgele değişiklik yaparak çeşitliliği artırmaktadır. Bu işlemler, gen havuzunun çeşitliliğini koruyarak iyi çözümlerin kaybolma riskini azaltmaktadır.

2.3. Makine Öğrenmesi Algoritmaları

Bu çalışmada uyku bozukluklarının belirlenmesi için Random Forest (RF), Extra Tree (ET), Support Vector Machine (SVM) ve Gradient Boosting olmak üzere dört makine öğrenme algoritması kullanılmıştır.

Random Forest :

Random Forest [10], Breiman tarafından geliştirilmiş olup, rastgele seçilen verilerden çok sayıda karar ağacı oluşturarak düşük sınıflandırma hatası sağlamayı amaçlar. Rastgele üretilen ağaçlar benzer tahmin hataları yaptığından, birbirleriyle daha az ilişkili olup modelin aşırı uyum yapmasını (overfitting) azaltabilirler. Oluşturulan her ağaç sınıflandırma için bir oy verir ve en çok oy alan sınıf nihai tahmin olarak belirlenmektedir.

Extra Tree:

Extra Trees sınıflandırıcısı, temel olarak karar ağaçlarına dayanan bir topluluk öğrenme yöntemidir [11]. Bu algoritma, eğitim verisinden birçok budanmamış karar ağacı oluşturur. Extra Trees de her karar ağacında bölünme noktalarını belirlerken özellikleri rastgele seçmektedir. Extra Trees, çok sayıda ağaç oluşturarak ve düğümleri rastgele seçilmiş özellik alt kümeleriyle bölerek çalışır. Ancak burada rastgelelik, verinin bootstrap yöntemiyle örneklenmesinden değil, özelliklerin rastgele bölünmesinden kaynaklanmaktadır. Extra Trees algoritması, klasik karar ağaçlarına kıyasla hesaplama açısından daha hızlıdır ve daha az varyans göstermektedir.

Support Vector Machine:

SVM (Destek Vektör Makinesi), sınıflandırma veya regresyon için kullanılabilen denetimli bir öğrenme algoritmasıdır [12]. SVM'nin amacı, karar sınırı olarak adlandırılan en iyi çizgiyi oluşturmaktır ve bu, iki sınıf arasındaki en geniş marjine sahip hiper düzlemler sınıfına dayanır. Marjin, karar sınırı ile en yakın veri noktaları arasındaki dikey mesafedir. Ayrıca, SVM, örnek sayısının veri setindeki boyut sayısından az olduğu durumlarda etkilidir. SVM'ler, RBF ve lineer fonksiyonlar gibi çeşitli çekirdek (kernel) fonksiyonlarıyla kullanılabilir ve bu sayede model karmaşık karar fonksiyonlarını öğrenebilir.

Gradient Boosting:

Gradient boosting, regresyon ve sınıflandırma problemlerinde uygulanabilen makine öğrenmesi modellerinden biridir [13]. Diğer boosting yöntemleri gibi, modeli kademeli olarak oluşturur ancak herhangi bir türevlenebilir kayıp fonksiyonunu optimize ederek modeli geliştirir. Gradient boosting tekniği, zayıf bir topluluk modelini alır ve onu

daha güçlü bir topluluk modeli haline getirir. Topluluk modellerinin avantajı, yapay sinir ağları ile karşılaştırıldığında daha güvenilir ince ayar süreci sağlamasıdır. Ancak, topluluk modellerinin dezavantajı, sonuçların net bir şekilde yorumlanamamasıdır. Ayrıca, Gradient Boosting Tree, zayıf öğrenici olarak karar ağacını kullanır ve bu zayıf öğrenici, çeşitli parametrelerle sınırlandırılarak karmaşıklığı kontrol altında tutulmaktadır.

2.4. Veri Kümesi

Bu çalışmada, “Uyku Sağlığı ve Yaşam Tarzı Veri Seti” kullanılmıştır [14]. Veri kümesi 374 gözlem ve çeşitli veri tiplerine sahip 13 sütundan oluşmaktadır. Her bir gözlem, gerçek uyku durumunu temsil etmektedir. Bu veriler, cinsiyet, yaş, meslek, uyku süresi ve uyku kalitesi gibi uyku ve günlük alışkanlıklarla ilgili 13 değişkene ayrılmıştır. 13. sütun, her bireyin uyku bozukluğunu göstermektedir. Veri kümesi, verileri hiçbirisi, uyku apnesi ve uykusuzluk olmak üzere üç uyku bozukluğu kategorisine ayırmaktadır.

2.5. Değerlendirme Metrikleri

Makine öğrenmesi algoritmasının uyku bozukluklarının belirlenmesindeki performansını değerlendirmek için karışıklık matrisi kullanılmıştır. Sınıflandırma sonuçları doğruluk, duyarlılık (sensitivity), özgüllük (specificity), kesinlik (precision), F1 skoru ve eğri altı alan (AUC) gibi ölçütler kullanılarak değerlendirilmiştir. AUC, ROC eğrisi temelinde bir modelin performansını ölçen bir metriktir. Pozitif ve negatif sınıflar arasında ayırt etme kapasitesini özetlemektedir. Daha yüksek bir AUC değeri, modelin sınıflar arasında daha iyi ayırım yapabildiğini gösterir. Performans ölçütleri Eşitlik (1–6)’da verilmiştir.

$$\text{Doğruluk} = \frac{DP + DN}{DP + YP + YN + DN} \quad (1)$$

$$\text{Duyarlılık} = \frac{DP}{DP + YN} \quad (2)$$

$$\text{Özgüllük} = \frac{DN}{DN + YP} \quad (3)$$

$$\text{Kesinlik} = \frac{DP}{DP + YP} \quad (4)$$

$$\text{F1 – Ölçütü} = \frac{2 * DP}{2 * DP + YP + YN} \quad (5)$$

$$\text{AUC} = \frac{1}{2} \left(\frac{DP}{DP + YN} + \frac{DN}{DN + YP} \right) \quad (6)$$

3. DENEY SONUÇLARI

Bu bölümde, uyku bozukluklarının tespiti amacıyla, makine öğrenmesi algoritmaları kullanılarak iki ayrı deney gerçekleştirilmiştir: İlki varsayılan hiperparametrelerle, diğeri ise Genetik Algoritma (GA) ile optimize edilmiş hiperparametrelerle yürütülmüştür.

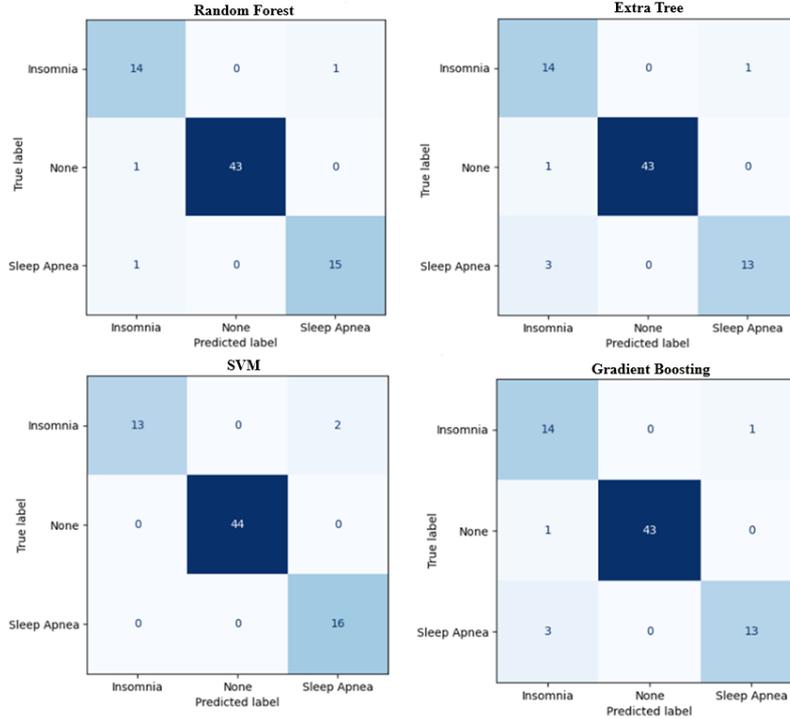
3.1. Varsayılan Hiperparametrelerin Kullanımı

Uyku sağlığı ve yaşam tarzı veri kümesine Random Forest, Extra Tree, SVM ve Gradient Boosting algoritmaları varsayılan hiperparametreler ile uygulanmıştır. Varsayılan değerler olarak Python'un scikit-learn kütüphanesi tarafından belirtilen değerler kullanılmıştır. Deneyler sırasında veri kümesinin %70'i eğitim için kullanılmıştır. Dört farklı makine öğrenmesi algoritması tarafından elde edilen sonuçlar Çizelge 1'de farklı metrikler bakımından sunulmuştur.

Çizelge 1. ML algoritmalarının performans sonuçları (varsayılan hiperparametreler)

Model	Doğruluk	Duyarlılık	Özgüllük	Kesinlik	F1-ölçütü	AUC
Random Forest	%96	%96	%98.32	%96.16	%96.05	0.9920
Extra Tree	%93.33	%93.33	%97.21	%94.03	%93.45	0.9561
SVM	%97.33	%97.33	%98.87	%97.63	%97.32	0.9945
Gradient Boosting	%93.33	%93.33	%97.21	%94.03	%93.45	0.9818

Bu çalışmada, dört farklı makine öğrenmesi algoritmasının (SVM, Random Forest, Extra Trees ve Gradient Boosting) uyku bozukluklarının belirlenmesindeki performansları, varsayılan hiperparametreler kullanılarak değerlendirilmiştir. Tablodaki sonuçlara göre en yüksek başarıyı SVM modeli göstermiştir; doğruluk, duyarlılık, kesinlik ve F1-ölçütü değerleri diğer modellere kıyasla en yüksek seviyededir. AUC değeri de 0.9945 ile en güçlü ayırt ediciliğe sahip modelin SVM olduğunu ortaya koymaktadır. Random Forest ise %96 doğruluk ve 0.9920 AUC değeriyle SVM'in hemen ardından ikinci en iyi performansı sergilemiştir. Extra Tree ve Gradient Boosting modelleri ise benzer sonuçlar vermiş, doğruluk oranları %93.33 seviyesinde kalmıştır. Genel olarak, bu bulgular SVM ve Random Forest algoritmalarının uyku bozukluklarının sınıflandırılmasında daha etkili olduğunu göstermektedir. Bu algoritmalara ait karmaşıklık matrisleri Görsel 2'de verilmiştir.



Görsel 2. ML algoritmalarının karmaşıklık matrisleri (varsayılan hiperparametreler)

3.2. Genetik Algoritma ile Optimize Edilen Hiperparametrelerin Kullanımı

Modeller, en iyi sonuçları elde edebilmek için ayarlanması ve optimize edilmesi gereken çeşitli parametrelere sahiptir. ML algoritmalarının performansını artırmak için, Genetik Algoritma (GA), en uygun parametre değerlerini belirlemek amacıyla uygulanmıştır. GA, Çizelge 2'deki parametre ayarları ile çalıştırılmıştır. SVM, Random Forest, Extra Trees ve Gradient Boosting algoritmalarının GA ile optimize edilen hiperparametreleri ile elde edilen sonuçlar Çizelge 3'te verilmiştir.

Çizelge 2. Genetik Algoritmanın Parametreleri

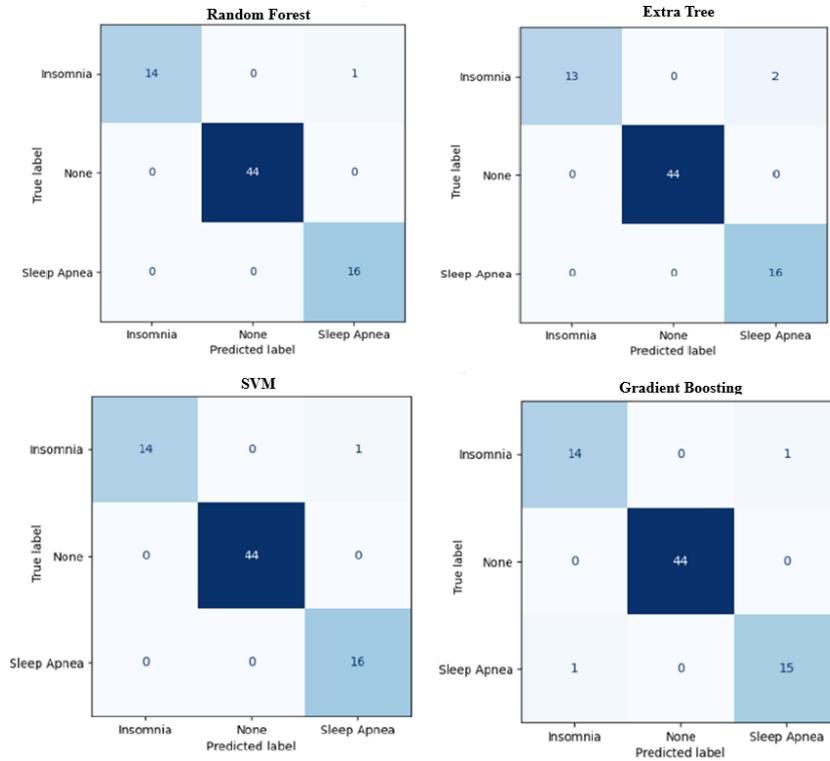
Parametre	Değer
Maksimum iterasyon sayısı	50
Popülasyon sayısı	20
Elite oranı	0.01
Mutasyon olasılığı	0.1
Çaprazlama olasılığı	0.5

Çizelge 3'teki değerlere göre, Genetik Algoritma (GA) ile optimize edilen makine öğrenmesi algoritmalarının uyku bozukluklarının belirlenmesindeki performanslarına bakıldığında, genel olarak oldukça yüksek başarı elde edildiği görülmektedir. En yüksek performans değerlerine ulaşan modeller Random Forest ve Destek Vektör Makineleri (SVM) olmuştur. Her iki model de %98.67 doğruluk, %98.67 duyarlılık, %99.44 özgüllük, %98.75 kesinlik ve %98.66 F1-ölçütü gibi oldukça yakın ve yüksek değerler üretmiştir. Ancak, Random Forest modeli, AUC değeri açısından (0.9986) SVM'den bir miktar daha yüksek performans göstererek genel başarıda öne çıkmıştır. Extra Tree

algoritması da oldukça başarılı sonuçlar üretmiş (%97.33 doğruluk ve %0.9971 AUC), ancak Random Forest ve SVM'nin gerisinde kalmıştır. Gradient Boosting algoritması ise diğer modellere kıyasla daha düşük sonuçlar üretmiş ve özellikle AUC değerinin (0.9733) görece düşük olması, bu modelin sınıflandırma başarısının diğer modellere göre daha zayıf kaldığını göstermektedir. Bu algoritmalara ait karmaşıklık matrisleri Görsel 3'te verilmiştir.

Çizelge 3. ML algoritmalarının performans sonuçları (GA ile optimize edilen hiperparametreler)

Model	Doğruluk	Duyarlılık	Özgüllük	Kesinlik	F1-ölçütü	AUC
Random Forest	98.67	98.67	99.44	98.75	98.66	0.9986
Extra Tree	97.33	97.33	98.87	97.63	97.32	0.9971
SVM	98.67	98.67	99.44	98.75	98.66	0.9975
Gradient Boosting	97.33	97.33	98.88	97.33	97.33	0.9733



Görsel 3. ML algoritmalarının karmaşıklık matrisleri (GA ile optimize edilen hiperparametreler)

4. SONUÇLAR

Bu çalışmada, uyku bozukluklarının tanınması problemiye yönelik olarak Random Forest, Extra Tree, Support Vector Machine (SVM) ve Gradient Boosting olmak üzere dört farklı makine öğrenmesi algoritması kullanılmıştır. Bu algoritmaların performansları varsayılan hiperparametreleri ve Genetik Algoritma ile optimize edilen hiperparametreleri ile Uyku sağlığı ve yaşam tarzı veri kümesi üzerinde değerlendirilmiştir. Uygulanan hiperparametre optimizasyonu sonucunda, tüm modeller yüksek performans sergilemiştir. Random Forest algoritması ile %98.67 doğruluk, %98.67 duyarlılık, %99.44 özgüllük, %98.75 kesinlik, %98.66 F1 skoru ve 0.9986 AUC değeri ile en iyi sonucu elde ederek öne çıkmıştır. SVM algoritması da benzer şekilde

yüksek performans göstermiştir. Genel olarak, elde edilen bulgular, Genetik Algoritma ile yapılan hiperparametre optimizasyonunun modellerin performansını önemli ölçüde artırdığını ortaya koymaktadır. Varsayılan parametrelerle çalışan modellere göre çok daha yüksek doğruluk ve AUC değerleri elde edilmiştir. Bu sonuçlar, uyku bozukluklarının doğru ve güvenilir bir şekilde tanılanması için Genetik Algoritma ile optimize edilmiş makine öğrenmesi modellerinin etkili bir çözüm sunduğunu göstermektedir. Gelecekte, uyku bozukluklarının tanımasına yönelik çalışmalarda Grid Search, Random Search, Bayesian Optimizasyon ve Parçacık Sürü Optimizasyonu gibi farklı yöntemler kullanılarak hiperparametre optimizasyonu gerçekleştirilebilir.

KAYNAKÇA

- [1] Alshammari, T. S. Applying machine learning algorithms for the classification of sleep disorders. *IEEE Access*, 12, 36110-36121, 2024.
- [2] Wara, T. U., Fahad, A. H., Das, A. S., & Shawon, M. M. H. A systematic review on sleep stage classification and sleep disorder detection using artificial intelligence. *Heliyon*, 11(12), 2025.
- [3] Berry, R. B., Brooks, R., Gamaldo, C., Harding, S. M., Lloyd, R. M., Quan, S. F., ... & Vaughn, B. V. AASM scoring manual updates for 2017 (version 2.4). *Journal of clinical sleep medicine*, 13(5), 665-666, 2017.
- [4] Zhang, J., Tang, Z., Gao, J., Lin, L., Liu, Z., Wu, H., ... & Yao, R. Automatic detection of obstructive sleep apnea events using a deep CNN-LSTM model. *Computational intelligence and neuroscience*, 1, 5594733, 2021.
- [5] Satapathy, S. K., Kondaveeti, H. K., Sreeja, S. R., Madhani, H., Rajput, N., & Swain, D. A deep learning approach to automated sleep stages classification using multi-modal signals. *Procedia Computer Science*, 218, 867-876, 2023.
- [6] Ramesh, J., Keeran, N., Sagahyoon, A., & Aloul, F. Towards validating the effectiveness of obstructive sleep apnea classification from electronic health records using machine learning. In *Healthcare* (Vol. 9, No. 11, p. 1450). MDPI, 2021.
- [7] Salari, N., Hosseinian-Far, A., Mohammadi, M., Ghasemi, H., Khazaie, H., Daneshkhah, A., & Ahmadi, A. Detection of sleep apnea using Machine learning algorithms based on ECG Signals: A comprehensive systematic review. *Expert Systems with Applications*, 187, 115950, 2022.
- [8] Bahrami, M., & Forouzanfar, M. Sleep apnea detection from single-lead ECG: A comprehensive analysis of machine learning and deep learning algorithms. *IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement*, 71, 1-11, 2022.
- [9] Holland, J. H. Genetic algorithms. *Scientific american*, 267(1), 66-73, 1992.
- [10] Breiman, L. Random forests. *Machine learning*, 45(1), 5-32, 2001.
- [11] Gbenga, F. O., Olusola, A. A., & Elohor, O. O. Towards optimization of malware detection using extra-tree and random forest feature selections on ensemble classifiers. *The International Journal of Recent Technology and Engineering (IJRTE)*, 9(6), 221-212, 2021.
- [12] Hearst, M. A., Dumais, S. T., Osuna, E., Platt, J., & Scholkopf, B. Support vector machines. *IEEE Intelligent Systems and their applications*, 13(4), 18-28, 1998.

[13] Zhou, Z. H. Ensemble methods: foundations and algorithms. CRC press, 2025.

[14] Sleep Disorder Diagnosis Dataset [Online]. Available:
<https://www.kaggle.com/datasets/mdsultanulislamovi/sleep-disorder-diagnosis-dataset>.

Erişim tarihi: 17 Eylül 2025.

KARDİYOVASKÜLER HASTALIK TESPİTİNDE ÖZELLİK SEÇİMİ PROBLEMİ İÇİN İKİLİ ÇEKİRGE OPTİMİZASYON ALGORİTMASI

Doç. Dr., FEYZA ALTUNBEY ÖZBAY¹, Doç. Dr., ERDAL ÖZBAY²

¹ Fırat Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Yazılım Mühendisliği,

faltunbey@firat.edu.tr - 0000-0003-0629-6888

² Fırat Üniversitesi, Bilgisayar Mühendisliği, erdalozbay@firat.edu.tr - 0000-0002-

9004-4802

ÖZET

Kardiyovasküler hastalıklar (KVH), kalp ve damar sistemini olumsuz etkileyen ciddi sağlık sorunları arasında yer almaktadır. Bu hastalıkların manuel yöntemlerle incelenmesi zaman alıcı olmasının yanı sıra insan hatasına da açık bir süreçtir. Bu nedenle araştırmacılar, makine öğrenimi (ML) tabanlı yöntemlere ve otomatik özellik seçimi yaklaşımlarına yönelmektedir. Özellik seçimi, yüksek boyutlu veri kümelerinde en ilgili ve anlamlı özellikleri belirleyerek modelin karmaşıklığını azaltmayı, hesaplama maliyetlerini düşürmeyi ve sınıflandırma başarımını artırmayı amaçlar. Doğadaki çekirgelerin davranışlarından esinlenen ve popülasyon tabanlı bir optimizasyon tekniği olan Çekirge Optimizasyon Algoritması (ÇOA), karmaşık problemlerin çözümünde son yıllarda dikkat çekici bir başarı sergilemektedir. Bu çalışmada, ÇOA'nın yeni bir ikili versiyonu önerilerek KVH verilerinde özellik seçimi problemi ele alınmıştır. Elde edilen azaltılmış özellik kümesi, K-En Yakın Komşu (KNN), Ensemble, Destek Vektör Makineleri (SVM) ve Naive Bayes olmak üzere dört farklı makine öğrenimi yöntemiyle değerlendirilmiştir. ÇOA ile makine öğrenimi yöntemlerinin tek bir çerçevede birleştirilmesi, KVH sınıflandırmasında daha yüksek doğruluk elde edilmesini sağlamaktadır. Deneysel sonuçlar, özellikle ÇOA-KNN kombinasyonunun %88.8 doğruluk oranına ulaşarak en başarılı performansı sergilediğini göstermektedir. Elde edilen bulgular, tıbbi veri hazırlama ve analiz süreçlerinin daha verimli şekilde yürütülmesine önemli katkılar sunmaktadır. Bu yaklaşımın sağlık sistemlerinde benimsenmesi, erken tanı ve müdahaleyi kolaylaştırarak KVH'ye bağlı hastalık yükünün azaltılmasına ve ölüm oranlarının düşürülmesine olanak sağlayabilir.

Anahtar Kelimeler: Çekirge Optimizasyon Algoritması, Kardiyovasküler Hastalıklar, Makine Öğrenmesi

THE BINARY GRASSHOPPER OPTIMIZATION ALGORITHM FOR THE FEATURE SELECTION PROBLEM IN CARDIOVASCULAR DISEASE DETECTION

Assoc. Prof., FEYZA ALTUNBEY ÖZBAY ¹, Assoc. Prof., ERDAL ÖZBAY ²

¹ Firat University, Faculty of Engineering, Software Engineering, faltunbey@firat.edu.tr
- 0000-0003-0629-6888

² Firat University, Computer Engineering, erdalozbay@firat.edu.tr - 0000-0002-9004-
4802

ABSTRACT

Cardiovascular diseases (CVDs) are among the serious health problems that negatively affect the cardiovascular system. Manually examining these diseases is not only time-consuming but also prone to human error. Therefore, researchers are turning to machine learning (ML)-based methods and automated feature selection approaches. Feature selection aims to reduce model complexity, reduce computational costs, and improve classification performance by identifying the most relevant and meaningful features in high-dimensional datasets. The Grasshopper Optimization Algorithm (GOA), a population-based optimization technique inspired by the behavior of grasshoppers in nature, has demonstrated remarkable success in solving complex problems in recent years. In this study, a new binary version of LOA is proposed, and the feature selection problem in CVD data is addressed. The resulting reduced feature set is evaluated with four different machine learning methods: K-Nearest Neighbor (KNN), Ensemble, Support Vector Machines (SVM), and Naive Bayes. Combining MCA and machine learning methods within a single framework enables higher accuracy in CVD classification. Experimental results show that the MCA-CNN combination, in particular, demonstrates the best performance, achieving an accuracy rate of 88.8%. These findings significantly contribute to more efficient medical data preparation and analysis processes. Adopting this approach in healthcare systems could facilitate early diagnosis and intervention, thereby reducing the burden of disease and mortality from CVD.

Keywords: Grasshopper Optimization Algorithm, Cardiovascular Diseases, Machine Learning

1. GİRİŞ

Kardiyovasküler hastalıklar (KVH), günümüzde önemli bir halk sağlığı problemi olmaya devam etmekte ve dünya genelinde en önde gelen ölüm nedenini oluşturmaktadır. Ateroskleroz, diyabet, hipertansiyon, inflamasyon, dislipidemi ve genetik yatkınlık KVH için bilinen temel risk faktörleri arasında yer almaktadır [1]. Dünya Sağlık Örgütü verilerine göre, KVH her yıl yaklaşık 17,5 milyon can kaybına neden olmakta ve küresel ölümlerin yaklaşık %31'ini oluşturmaktadır [2]. Özellikle diyabet hastalarında, KVH morbidite ve mortalitenin birincil sebebi olup, diyabete bağlı kardiyovasküler harcamaların yılda 37,3 milyar doları bulduğu tahmin edilmektedir. Tip 2 diyabetle birlikte görülen hipertansiyon ve dislipidemi gibi ek hastalıklar KVH riskini artırmakta, ayrıca diyabetin kendisi de bağımsız bir risk faktörü olarak değerlendirilmektedir. Kalp yetersizliği de KVH'ye bağlı ölümler açısından kritik bir unsur olup, diyabetli bireylerde hastaneye yatış oranlarının iki katına çıktığı bildirilmiştir [3]. Bu nedenle, KVH risk faktörlerinin düzenli olarak değerlendirilmesi ve erken tanı stratejilerinin geliştirilmesi büyük önem taşımaktadır.

KVH'nin yüksek prevalansı ve mortalitesi, tanı ve tedavi süreçlerinde yüksek doğruluğa sahip yöntemlere olan ihtiyacı artırmaktadır. Geleneksel tanı yöntemleri çoğu zaman maliyetli, zaman alıcı ve insan hatasına açık olduğundan, yapay zekâ (AI), makine öğrenimi (ML) ve derin öğrenme (DL) gibi veri odaklı yaklaşımlar tıbbi alanda giderek daha fazla kullanılmaktadır [4–6]. Bu yöntemler, çeşitli hastalıkların tanı, tahmin ve sınıflandırma süreçlerinde başarılı sonuçlar ortaya koymaktadır. Ancak, yüksek boyutlu veriler ve gereksiz ya da gürültülü özelliklerin varlığı, sınıflandırma performansını olumsuz etkileyerek hesaplama maliyetlerini artırabilmektedir. Bu noktada **özellik seçimi (feature selection, FS)** önemli bir ön işleme adımı olarak öne çıkmaktadır. Özellik seçimi, en ilgili özellikleri belirleyerek boyut indirgeme sağlamakta, modelin verimliliğini artırmakta ve sınıflandırma doğruluğunu iyileştirmektedir [7–12].

Özellik seçimi problemi, doğası gereği kombinatoriyal bir optimizasyon problemidir. Bir veri kümesinde n sayıda özellik bulunduğunda, teorik olarak 2^n olası alt küme söz konusudur. Ancak, özellikle büyük veri setlerinde bu alt kümelerin tamamının değerlendirilmesi pratikte mümkün olmadığından, sezgisel ve evrimsel optimizasyon algoritmaları yaygın olarak kullanılmaktadır [13]. Doğadaki hayvan davranışlarını taklit eden sürü zekâsı temelli algoritmalar, küresel optimizasyon için etkili çözümler sunmaktadır [14–15]. Son yıllarda önerilen Çekirge Optimizasyon Algoritması (GOA), doğadaki çekirgelerin sürü davranışlarından esinlenerek geliştirilmiş olup, süresiz ve karmaşık optimizasyon problemlerinde umut verici sonuçlar vermiştir [16–21].

Bu çalışma, GOA'nın ikili versiyonunu kullanarak KVH veri setlerinde etkin bir özellik seçimi gerçekleştirmeyi amaçlamaktadır. Seçilen özellik alt kümeleri, K-En Yakın Komşu (KNN), Ensemble, Destek Vektör Makineleri (SVM) ve Naive Bayes (NB) gibi makine öğrenimi sınıflandırıcıları ile test edilmiştir. Amaç, hem boyut indirgeme yoluyla verimlilik sağlamak hem de sınıflandırma doğruluğunu artırarak KVH'nin erken ve güvenilir tespitine katkı sunmaktır.

2. İLGİLİ ÇALIŞMALAR

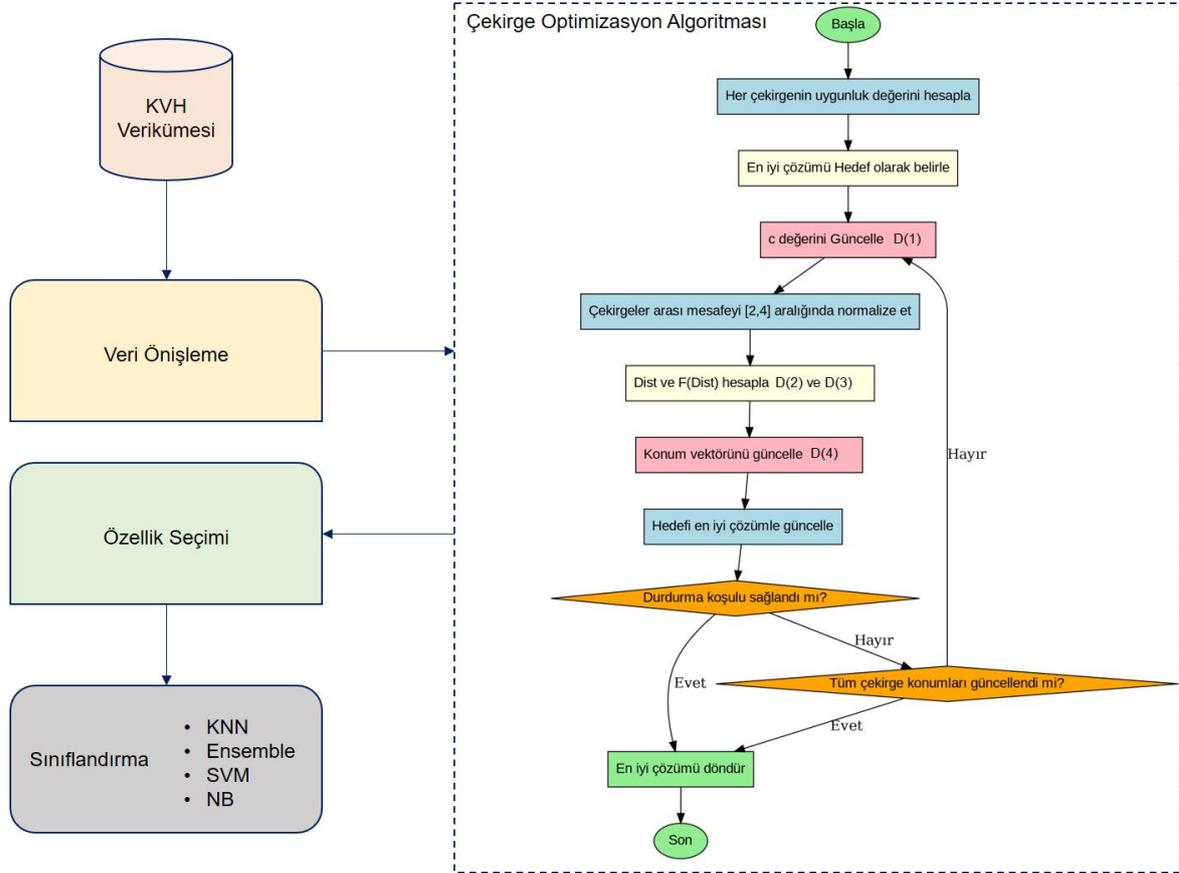
Son yıllarda kardiyovasküler hastalıkların (KVH) tahmin ve teşhisinde, gelişmiş optimizasyon teknikleri ile makine öğrenmesi algoritmalarının entegrasyonuna yönelik çalışmalar giderek artmaktadır. Bukhari ve ark. [17], kalp hastalığını tahmin etmek amacıyla Lévy flight tabanlı Çekirge Optimizasyon Algoritması (GOA) ile entegre edilmiş yığınlanmış evrimsel sinir ağı (CNN) yaklaşımı önermiştir. Bu hibrit yöntem, arama sürecinde keşif ve sömürü dengesini etkin bir şekilde sağlamış ve tanısal doğruluğu artırmıştır. Benzer şekilde Zhou ve ark. [18], Çekirge Evrimsel Algoritması ile SVM birleştirerek optimum bir tanı çerçevesi geliştirmiş ve geleneksel optimizasyon yöntemlerine kıyasla daha yüksek sınıflandırma başarısı elde etmiştir. Polepaka ve ark. [19], CNN mimarilerini GOA ile optimize etmiş ve kalp hastalığı tahmininde üstün doğruluk oranları rapor etmiştir. Tang ve ark. [20], tanı ve özellik seçimi süreçlerinde SVM performansını optimize etmek için adversaryal bir GOA yaklaşımı sunmuş, bu yöntem güvenilir tahminlerde önemli avantajlar sağlamıştır. Ayrıca, Dey ve ark. [21], hastalık veri kümelerinde özellik seçimi amacıyla LAGOA (Learning Automata-based GOA) algoritmasını önermiştir. LAGOA, geleneksel GOA uygulamalarına kıyasla daha ayırt edici ve kompakt özellik alt kümeleri seçerek üstün performans göstermiştir. Bu çalışmalar, KVH tanısında özellik seçimi ve sınıflandırma süreçlerinde GOA ve türevlerinin esnekliğini ve etkinliğini açıkça ortaya koymaktadır.

GOA merkezli yaklaşımların ötesinde, KVH tanısında farklı makine öğrenmesi ve derin öğrenme yöntemleri de araştırmalarda geniş yer bulmaktadır. Braik ve ark. [22], geliştirilmiş adaptif yılan optimizasyon varyantlarını önermiş ve bu yöntemlerle 12 farklı veri kümesinde %90'ın üzerinde duyarlılık, doğruluk ve özgüllük değerleri elde etmiştir. Mohan ve ark. [23], hibrit rastgele orman ve lineer model (HRFLM) yaklaşımını geliştirmiş ve kalp hastalığı tahmininde %88,7 doğruluk oranı bildirmiştir. Saikumar ve ark. [24], IoT sensör verilerini kullanarak gürültü azaltımı için K-means algoritmasını, özellik çıkarımı için ise Lineer Kuadratik Ayırt Etme Analizi'ni uygulamış, geliştirdikleri DG_ConvoNet modeli ile %96 doğruluk oranına ulaşmıştır. Nagavelli ve ark. [25], XGBoost algoritmasını kullanarak Naive Bayes, SVM ve karar odaklı yöntemlerden daha yüksek doğruluk, kesinlik, geri çağırma ve F1 ölçütü değerleri elde etmiştir. Benzer şekilde Singh ve ark. [26], altı farklı ML modelini karşılaştırmış ve XGBoost algoritmasının %91,3 doğruluk ile en iyi performansı sergilediğini rapor etmiştir. Alqahtani ve ark. [27], rastgele orman tabanlı bir ansambl yöntem geliştirmiş ve %88,7 doğruluk oranına ulaşmıştır. Mahmoud ve ark. [28], LeNet-5 transfer modelini değiştirerek KVH hastaları için özgül modele kıyasla daha yüksek doğruluk sağlamıştır.

Nanehkaran ve ark. [29], denetimsiz DBSCAN tabanlı bir yöntem önermiş ve yaklaşık %95 doğruluk oranı bildirmiştir. Sadad ve ark. [30], 1D CNN-LSTM hibrit modelini kullanarak olağanüstü bir başarı ile %99,5 doğruluk elde etmiştir. Abubaker ve ark. [31], kardiyak anormallik tanısında CNN tabanlı bir model önererek doğruluk, kesinlik, geri çağırma ve F1 puanı açısından önceki çalışmalardan üstün performans göstermiştir. Hassan ve ark. [32], kardiyovasküler otonom nöropati (CAN) tanısında çok sınıflı sınıflandırma stratejisi kullanarak erken teşhiste doğruluk oranlarını kayda değer ölçüde artırmıştır. Baghdadi ve ark. [33] ise CatBoost algoritmasını kullanarak KVH'nin erken tanısı için %90,94 doğruluk ve yaklaşık %92,3 F1 puanı rapor etmiştir.

Bu çalışmalar bir bütün olarak incelendiğinde, kardiyovasküler hastalıkların erken tanı ve tahmininde makine öğrenmesi ile optimizasyon yaklaşımlarının hızlı bir gelişim gösterdiği görülmektedir. GOA gibi sezgisel ve sürü zekâsı tabanlı yöntemlerden, ansambl modellerine, transfer öğrenmeye ve derin sinir ağlarına kadar geniş bir yöntem yelpazesi kullanılmıştır. Literatürdeki bulgular, özellikle optimizasyon algoritmalarının makine öğrenmesi sınıflandırıcılarıyla hibrit çerçeveler içinde birleştirilmesinin en umut verici sonuçları verdiğini ortaya koymaktadır. Bu gelişmeler, kardiyovasküler hastalıkların daha erken tespit edilmesi, daha güvenilir şekilde teşhis edilmesi ve klinik karar destek sistemlerinin güçlendirilmesi açısından büyük potansiyel taşımaktadır.

3. MATERYAL VE YÖNTEM



Görsel 1. Önerilen KVH–GOA sisteminin akış diyagramı.

KVH’ın dünya genelinde önde gelen ölüm nedenlerinden biri olması, etkin ve doğru tahmin modellerinin geliştirilmesini kritik hale getirmektedir. Bu bağlamda, özellikle özellik seçimi sürecinde GOA kullanımı, ML modellerinin erken tanı performansını artırarak ölüm oranlarını düşürme potansiyeline sahiptir. Bu nedenle, GOA’nın tıbbi tanı sistemlerine entegrasyonu yenilikçi ve uygulanabilir bir yaklaşım olarak öne çıkmaktadır. Bu çalışmada önerilen KVH–GOA tabanlı sistem, karmaşık yapıları tek bir model üzerinden öğrenebilecek şekilde tasarlanmıştır. Sistemin genel işleyişi Görsel 1’de şematik olarak sunulmaktadır. İlk aşamada, yalnızca eğitim setine uygulanan veri ön işleme yöntemleri, tutarlılığın korunması amacıyla test setine de aynı şekilde uygulanmıştır. Bu kapsamda aykırı değerlerin giderilmesi ve sınıf dengesizliğinin giderilmesi işlemleri gerçekleştirilmiştir. Sonrasında, kategorik özellikler kodlanmış ve standartlaştırma prosedürü uygulanarak verilerin bütünlüğü sağlanmıştır. Özellik seçimi aşamasında kullanılan GOA algoritması, farklı optimizasyon görevlerinde yaygın olarak kullanılan, yerel arama yeteneği yüksek, hızlı uygulanabilir ve türev bilgisinden bağımsız bir yöntemdir. Literatürdeki bulgular GOA’nın özellikle KNN, Ensemble, Support SVM ve NB gibi ML yöntemleri kullanılarak etkinliğinin karşılaştırılması sağlanmıştır. Bu bakımdan, sistemde GOA tabanlı özellik seçimi entegrasyonu ile elde edilen veriler,

farklı ML algoritmaları üzerinde test edilerek erken tanı doğruluğu açısından kapsamlı bir değerlendirme yapılmıştır.

3.1. Veri Kümesi

Heart Disease Cleveland (HDC) veri kümesi, UCI Machine Learning Repository koleksiyonunun bir parçası olup, KVH araştırmalarında yaygın olarak kullanılan bir benchmark veri setidir [34]. Cleveland versiyonu, diğer versiyonlarla birlikte toplamda 76 özellik içerirken, literatürde sıklıkla kullanılan alt küme 13 özellik + 1 hedef değişken şeklindedir. Veri seti toplamda 303 örnek (hasta) içermektedir. Hedef değişken (“num” ya da “goal”) hastanın kalp hastalığına sahip olup olmadığını belirtmektedir; literatürde genellikle çok sınıflı değerler (0–4) yerine bu değişken binary hale getirilip, ‘0’ yok, ‘>0’ olan değerler ‘var’ şeklinde etiketlenmiştir.

Veri kümesinde bazı gözlemlerde eksik değerler bulunmaktadır, özellikle ca ve thal özelliklerinde eksiklikler bilinmektedir. Özellik tipleri karışıktır: hem sayısal (örneğin yaş, trestbps, chol, thalach, oldpeak) hem kategorik/binary (örn: sex, fbs, exang, slope, cp). Hedef değişken (“num” ya da “goal”) bir hastada kalp hastalığı olup olmadığını belirtmek üzere binary sınıflandırma problemi olarak kullanılmaktadır. Literatürde ≥ 1 değerleri “hastalıklı”, 0 değeri “sağlıklı” olarak kabul edilmektedir. Bu sayede sınıflandırıcılar hastalık var/yok ayrımı yapabilmektedir. Klinik ve demografik verilerin kolayca elde edilebilmesi, veri boyutunun makul olması, çok sayıda çalışmada referans almaktadır. Eksik verilerin olması, bazı özelliklerin (örn: ca, thal) ölçüm biçimlerinin klinik uygulamada yoruma açık olması, veri setindeki örnek sayısının büyük modeller için sınırlayıcı olabilmektedir. Veri kümesine ait tüm özellik bilgileri Çizelge 1’de detaylı olarak verilmiştir.

Çizelge 1. Veri kümesinin özellikleri

Özellik	İsmi	Açıklama
age	Yaş	Hastanın yaşı (yıl olarak)
sex	Cinsiyet	Erkek/Kadın (örneğin: 1 = erkek, 0 = kadın)
cp	Göğüs Ağrısı Tipi	Ağrı tipi (tipik angina, atipik vs.)
trestbps	Dinlenik Kan Basıncı	Başvurudaki dinlenik kan basıncı (mm Hg)
chol	Kolesterol	Serum kolesterol seviyesi (mg/dl)
fbs	Açlık Kan Şekeri	Açlık kan şekeri > 120 mg/dl olup olmadığı
restecg	Dinlenik ECG Sonuçları	Elektrokardiyografi ile elde edilen dinlenik ECG durumu
thalach	Maksimum Kalp Hızı	Egzersiz sırasında çıkarılan maksimum kalp hızı
exang	Egzersizle İndüklenen Angina	Egzersizle göğüs ağrısı oluşup oluşmadığı
oldpeak	ST Depresyonu	Egzersiz sırasında ST depresyonu
slope	ST Segment Eğimi	Egzersiz sırasında ST segmentinin eğimi: yukarı/aşağı eğimli
ca	Boyanabilen damar sayısı	K major arter sayısı (0-3) floroskopi ile boyanıyor
thal	Talasemi Durumu	Normal / sabit defekt / tersinir defekt

Özellik	İsmi	Açıklama
target	Tahmin Değişkeni	1, hastanın kalp rahatsızlığını, 0 ise normal olduğu belirtir

3.2. Çekirge Optimizasyon Algoritması (GOA)

Bu çalışmada, KVH tahmini için özellik seçimi sürecinde GOA kullanılmıştır. GOA, çekirgelerin doğadaki göç ve yayılım davranışlarını matematiksel olarak modelleyen bir meta-sezgisel optimizasyon algoritmasıdır. Algoritmanın temel amacı, keşif (exploration) ve sömürü (exploitation) aşamaları arasında denge kurarak arama uzayında en uygun çözümü elde etmektir. GOA'nın işleyişine ait adımlar Şekil 1'de hazırlanan akış diyagramı içerisinde verilmiştir. İşlem akışı şu şekilde özetlenebilir:

Başlatma: Rastgele olarak çekirge popülasyonu oluşturulur ve her bireyin başlangıç konum vektörü belirlenmektedir.

Uygunluk (Fitness) fonksiyonu hesaplama: Her çekirgenin çözüm kalitesini gösteren uygunluk değeri hesaplanmaktadır.

En iyi çözümün belirlenmesi (Target): Popülasyon içindeki en iyi uygunluk değerine sahip çekirge, o iterasyon için hedef çözüm olarak atanmaktadır.

c parametresinin güncellenmesi: Çekirgelerin konum güncellemelerinde dengeyi sağlayan c katsayısı Denklem (1) ile güncellenmektedir:

$$c = c_{max} - \left(\frac{c_{max} - c_{min}}{iter_{max}} \times iter \right) \quad (1)$$

burada c_{max} ve c_{min} parametrenin başlangıç ve bitiş değerlerini, $iter$ mevcut iterasyonu, $iter_{max}$ ise maksimum iterasyon sayısını ifade etmektedir. Bu denklem sayesinde algoritma başlarda keşif ağırlıklı çalışırken, iterasyon ilerledikçe sömürü aşamasına geçmektedir.

Mesafe Normalizasyonu: Çekirgeler arası mesafeler [2, 4] aralığında normalize edilmektedir. Bu işlem sürü üyelerinin birbirinden çok uzaklaşmasını veya tamamen aynı noktada toplanmasını engelleyerek çeşitliliği korumaktadır.

Etkileşim Fonksiyonu Hesaplama: Çekirgeler arası etkileşim kuvveti Denklem (2) ve (3) ile hesaplanmaktadır:

$$Dist_{ij} = \|x_j - x_i\| \quad (2)$$

$$S(Dist_{ij}) = f \cdot e^{-Dist_{ij}/l} - e^{-Dist_{ij}} \quad (3)$$

burada $Dist_{ij}$ i . ve j . çekirgeler arasındaki mesafeyi ifade ederken, $S(\cdot)$ fonksiyonu mesafeye bağlı itme-çekme kuvvetini modellemektedir. Parametreler f ve l , çekirgelerin etkileşim yoğunluğunu ve etkileşim menzilini belirleyen sabitlerdir.

Konum Güncelleme: Her çekirgenin yeni pozisyonu Denklem (4) ile hesaplanmaktadır:

$$x_i^{t+1} = c \left(\sum_{j=1, j \neq i}^N c \cdot \frac{u_j - x_i}{\|u_j - x_i\|} S(\|u_j - x_i\|) \right) + \hat{T} \quad (4)$$

burada x_i^{t+1} güncellenmiş pozisyonu, u_j diğer çekirgelerin konumunu, \hat{T} ise o iterasyonda

bulunan en iyi çözümü göstermektedir. Bu mekanizma ile sürü, hem birbirinden etkilenmekte hem de en iyi çözüm doğrultusunda yönlendirilmektedir.

Hedefin Güncellenmesi: İterasyon sonunda mevcut popülasyon içinde en iyi uygunluk değerine sahip birey yeni hedef (Target) olarak atanmaktadır.

Durma Kriteri: Maksimum iterasyon sayısına ulaşıldığında veya uygunluk değerinde iyileşme gözlenmediğinde algoritma durmaktadır.

Sonuç: En iyi çözüm (özellik subseti) çıktı olarak alınmaktadır ve sınıflandırıcıya aktarılmaktadır.

Bu yöntem sayesinde gereksiz ve tekrarlayan özellikler elenmiş, sınıflandırıcıların (KNN, Ensemble, SVM ve Naive Bayes) daha az girdiyle daha yüksek doğruluk oranına ulaşması sağlanmıştır. GOA'nın yüksek boyutlu verilerde özellik seçimi için etkin bir yöntem olduğu deneysel sonuçlarla da ortaya konulmuştur.

4. DENEYSEL SONUÇLAR

Deneysel çalışmalar, **Intel Core i7 4.70 GHz işlemci** NVIDIA RTX 4060Ti GPU ve 32 GB RAM kapasitesine sahip bir makine üzerinde yürütülmüş olup, model eğitimi ve test süreçlerinde gerekli hesaplama gücünü sağlamıştır. Bununla birlikte, **özellik seçimi** ve **sınıflandırma** süreçleri **MATLAB R2021a** ortamında yürütülmüştür. Böylelikle hibrit bir deneysel altyapı oluşturulmuş ve hem klasik ML yöntemleri hem de optimizasyon yaklaşımları sistematik olarak gerçekleştirilmiştir.

Tüm algoritmaların değerlendirilmesi, aynı koşullar ve parametre değerleri altında gerçekleştirilmiştir. Deneysel çalışmalarda, her bir algoritma için popülasyon büyüklüğü 50 olarak belirlenmiş, iterasyon sayısı ise 100 olarak sabitlenmiştir. Bu parametre değerleri, Çizelge 2'de verildiği üzere, ön deneysel analizler sonucunda en uygun değerler olarak seçilmiştir. Deneysel testler süresince, rastgeleliğin etkisini en aza indirmek amacıyla tüm istatistiksel sonuçlar 40 bağımsız çalıştırma üzerinden kaydedilmiştir. Böylece, elde edilen performans ölçümlerinin güvenilirliği artırılmış ve sonuçların istatistiksel açıdan daha sağlam olması sağlanmıştır.

Çizelge 2. Parametre değerleri

Parametre	Değeri
Populasyon boyutu	50
İterasyon sayısı	100
Çalıştırma	40
c_{max}	1
c_{min}	0.00001
l	1.5
f	0.5

Deneysel sonuçlar GOA ile özellik seçimi uygulanmış ve orijinal veri seti üzerinden KNN, Ensemble, SVM ve NB olmak üzere dört farklı sınıflandırıcı kullanılarak doğruluk, hassasiyet, özgülük, kesinlik, F1-skor ve AUC metrikleri bakımından analiz edilmiştir. Özellik seçimi sonrası veri kümesinin özellik sayısı sırasıyla sex, cp, thalach, exang, oldpeak, slope, ca ve thal olmak üzere 8'e indirgenmiştir.

Çizelge 3'te sunulan deneysel sonuçlar, özellik seçimi uygulanmadan kullanılan orijinal veri seti ile önerilen KVH-GOA temelli özellik seçimi sonrasında elde edilen

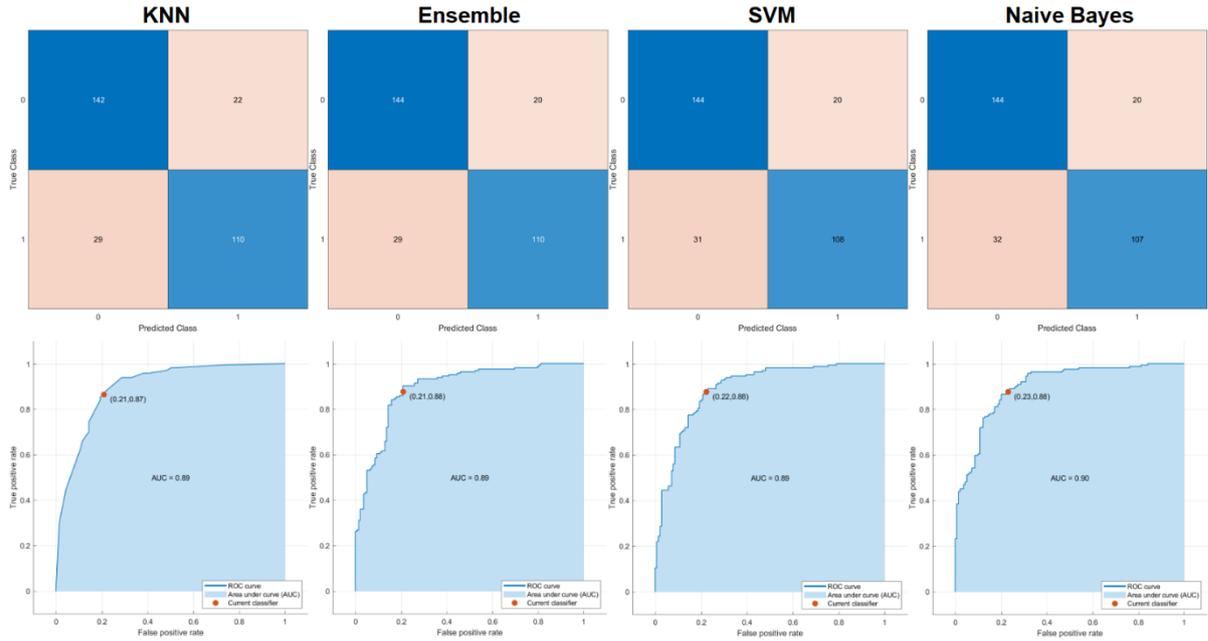
sınıflandırma performanslarının karşılaştırmalı analizini ortaya koymaktadır. Elde edilen bulgulara göre, GOA ile yapılan özellik seçiminin sınıflandırma performansını anlamlı ölçüde artırdığı görülmektedir.

Çizelge 3. Veri kümesinin özellik seçimsiz ve GOA ile özellik seçimi sonrası performans sonuçları.

Yöntem	Sınıflandırıcı	Doğruluk	Hassasiyet	Özgüllük	Kesinlik	F1-skor	AUC
Orijinal Veriseti	KNN	0.832	0.830	0.833	0.866	0.848	0.832
	Ensemble	0.838	0.832	0.846	0.878	0.855	0.839
	SVM	0.832	0.823	0.844	0.878	0.850	0.833
	NaiveBayes	0.828	0.818	0.843	0.878	0.847	0.830
GOA ile Özellik seçimi	KNN	0.888	0.896	0.878	0.896	0.896	0.887
	Ensemble	0.878	0.863	0.898	0.921	0.891	0.881
	SVM	0.855	0.845	0.868	0.896	0.870	0.857
	NaiveBayes	0.855	0.853	0.857	0.884	0.868	0.855

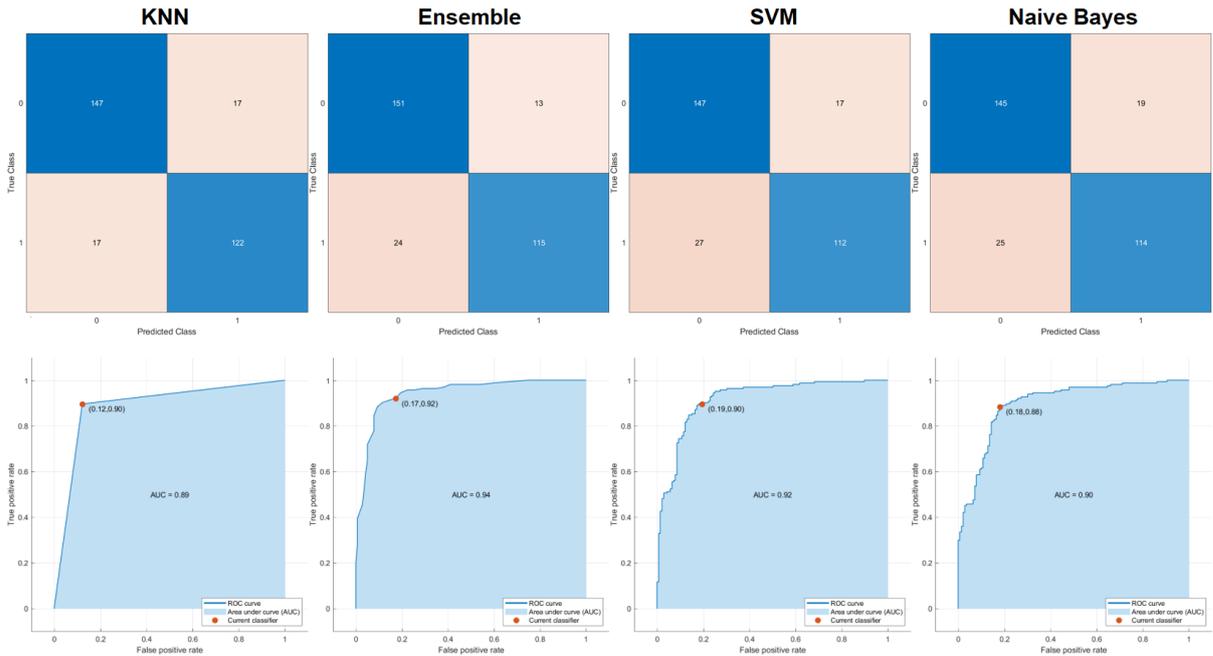
Özellik seçimi yapılmadan kullanılan orijinal veri setinde KNN, Ensemble, SVM ve Naive Bayes sınıflandırıcılarının doğruluk oranları %82.8 ile %83.8 aralığında kalmıştır. Buna karşılık, GOA ile seçilmiş özellikler kullanıldığında doğruluk oranlarının belirgin biçimde yükseldiği ve %85.5 ile %88,8 arasında değiştiği gözlemlenmiştir. Bu durum, veri setindeki gürültü veya sınıflandırma açısından düşük katkı özelliklerin elenmesinin, modelin genelleme yeteneğini artırdığını göstermektedir. Ayrıca, hassasiyet ve özgüllük değerleri incelendiğinde GOA'nın özellikle **KNN ve Ensemble yöntemlerinde güçlü bir etki sağladığı** dikkat çekmektedir. Örneğin, KNN için hassasiyet %83.0'dan %89.6'ya; özgüllük ise %83.3'ten %87.8'e yükselmiştir. Benzer şekilde Ensemble yöntemi de hassasiyet (%83.2'den %86.3'e) ve özgüllük (%84.6'dan %89.8'e) açısından kayda değer bir gelişim göstermiştir. Bu sonuçlar, GOA'nın sınıflar arasındaki ayrımı daha net hale getirdiğini ve özellikle yanlış pozitif/yanlış negatif sınıflandırmaların azaltılmasına katkı sağladığını ortaya koymaktadır.

Kesinlik ve F1-skoru değerleri açısından da benzer bir iyileşme söz konusudur. Özellikle KNN sınıflandırıcısı, GOA sonrası en yüksek F1-skoru (%89.6) ile öne çıkmaktadır. Bu bulgu, KNN'nin GOA tarafından belirlenen ayırt edici özellikler üzerinde daha dengeli bir performans sergilediğini göstermektedir. Ayrıca, AUC değerleri incelendiğinde tüm sınıflandırıcıların GOA sonrası daha yüksek ayırt edicilik kapasitesine ulaştığı görülmektedir. Özellikle Ensemble yöntemi %0.839'dan %0.881'e yükselerek ROC eğrisi altında daha güvenilir bir sınıflandırma başarısı elde etmiştir.



Görsel 2. Verikümesinin özellik seçimi öncesi 4 farklı sınıflandırıcının karmaşık matrisi ve ROC eğrileri.

Sonuç olarak, deneysel bulgular **GOA tabanlı özellik seçiminin, kardiyovasküler hastalık verilerinde sınıflandırma başarımını artırmada etkili bir yaklaşım olduğunu** göstermektedir. Özellikle KNN ve Ensemble yöntemleri, bu süreçten en çok fayda sağlayan sınıflandırıcılar olmuştur. Bu bağlamda, çalışmanın bulguları GOA'nın tıbbi veri analizi ve karar destek sistemlerinde kullanılabilirliğini desteklemekte ve yüksek doğruluk gerektiren klinik uygulamalar için umut verici bir yöntem olduğunu ortaya koymaktadır. Deneysel sonuçlara ait sınıflandırıcıların her birine ait karmaşıklık matrisleri ve ROC eğrileri sırasıyla Görsel 2 ve Şekil 3'te gösterilmiştir.



Görsel 3. Önerilen KVH-GOA temelli özellik seçimi sonrasında 4 farklı sınıflandırıcının karmaşık matrisi ve ROC eğrileri.

5. SONUÇLAR

Bu çalışmada, kardiyovasküler hastalıkların öngörülmesi için GOA tabanlı özellik seçiminin sınıflandırma performansına etkileri incelenmiştir. Yapılan deneysel analizler, GOA ile elde edilen özellik alt kümelerinin sınıflandırma başarımını kayda değer ölçüde artırdığını ortaya koymaktadır. Orijinal veri seti ile yapılan sınıflandırmalarda doğruluk oranı %82.8 ile %83.8 arasında kalırken, GOA tabanlı özellik seçimi sonrasında doğruluk oranlarının %85.5 ile %88.8 seviyelerine yükseldiği görülmüştür. Bu durum, doğruluk değerlerinde yaklaşık **%4 ila %6 arasında bir artış** sağlandığını göstermektedir. Özellikle KNN algoritmasında doğruluk %83.2'den %88.8'e yükselerek **%5.6'lık bir iyileşme** sağlamıştır. Benzer şekilde Ensemble yöntemi de %83.8'den %87.8'e çıkarak **%4.0'lık bir gelişim** göstermiştir. Hassasiyet değerleri açısından değerlendirildiğinde, GOA uygulaması ile en yüksek artış KNN algoritmasında gerçekleşmiş, %83.0'dan %89.6'ya yükselerek **%6.6'lık bir iyileşme** elde edilmiştir. Özgüllük değerlerinde ise Ensemble yöntemi öne çıkmış ve %84.6'dan %89.8'e yükselerek **%5.2 oranında gelişim** sağlamıştır. Bu bulgular, GOA'nın sınıflar arası ayırt ediciliği güçlendirerek yanlış sınıflandırmaları azalttığını göstermektedir. Ayrıca, AUC değerlerinde de tüm algoritmalarda iyileşme gözlemlenmiş olup, Ensemble yöntemi %0.839'dan %0.881'e yükselerek **%5.0 oranında artış** göstermiştir. Genel olarak, yapılan analizler GOA'nın özellikle **KNN ve Ensemble sınıflandırıcıları üzerinde belirgin bir performans artışı sağladığını** göstermektedir. Bu sonuçlar, yüksek doğruluk, hassasiyet ve özgüllük gerektiren tıbbi tanı sistemlerinde GOA tabanlı özellik seçiminin güçlü bir alternatif olabileceğini kanıtlamaktadır. Ayrıca, elde edilen iyileştirmelerin istatistiksel olarak anlamlı olduğu ve özellikle yanlış negatif oranını düşürerek hastalık tespitinde klinik açıdan önemli katkılar sağladığı söylenebilir. Sonuç olarak, GOA tabanlı özellik seçimi yöntemi, kardiyovasküler hastalıkların erken tanısında makine öğrenmesi algoritmalarının başarımını artıran etkili bir yöntem olarak öne çıkmaktadır. Gelecek çalışmalarda bu yaklaşımın farklı tıbbi veri kümelerine uygulanması, derin öğrenme yöntemleri ile bütünleştirilmesi ve gerçek zamanlı klinik karar destek sistemlerine entegre edilmesi önerilmektedir.

KAYNAKÇA

- [1] Wen, Y., Sun, Z., Xie, S., Hu, Z., Lan, Q., Sun, Y., ... & Zhai, C. Intestinal flora derived metabolites affect the occurrence and development of cardiovascular disease. *Journal of Multidisciplinary Healthcare*, 2591-2603, 2022.
- [2] Razavi, A. C., Potts, K. S., Kelly, T. N., & Bazzano, L. A. Sex, gut microbiome, and cardiovascular disease risk. *Biology of sex Differences*, 10(1), 29, 2019.
- [3] American Diabetes Association Professional Practice Committee, & American Diabetes Association Professional Practice Committee:.10. Cardiovascular disease and

- risk management: Standards of Medical Care in Diabetes—2022. *Diabetes care*, 45(Supplement_1), S144-S174, 2022.
- [4] Hossain, M. M., Ali, M. S., Ahmed, M. M., Rakib, M. R. H., Kona, M. A., Afrin, S., ... & Rahman, M. H. Cardiovascular disease identification using a hybrid CNN-LSTM model with explainable AI. *Informatics in Medicine Unlocked*, 42, 101370, 2023.
- [5] Pandey, V., Lilhore, U. K., & Walia, R. A systematic review on cardiovascular disease detection and classification. *Biomedical Signal Processing and Control*, 102, 107329, 2025.
- [6] Srinivasan, S. M., & Sharma, V. Applications of AI in cardiovascular disease detection—A review of the specific ways in which AI is being used to detect and diagnose cardiovascular diseases. *AI in Disease Detection: Advancements and Applications*, 123-146, 2025.
- [7] Shilaskar, S., & Ghatol, A. Feature selection for medical diagnosis: Evaluation for cardiovascular diseases. *Expert systems with applications*, 40(10), 4146-4153, 2013.
- [8] Ullah, T., Ullah, S. I., Ullah, K., Ishaq, M., Khan, A., Ghadi, Y. Y., & Algarni, A. Machine learning-based cardiovascular disease detection using optimal feature selection. *IEEE Access*, 12, 16431-16446, 2024.
- [9] Korial, A. E., Gorial, I. I., & Humaidi, A. J. An improved ensemble-based cardiovascular disease detection system with chi-square feature selection. *Computers*, 13(6), 126, 2024.
- [10] Pavithra, V., & Jayalakshmi, V. Hybrid feature selection technique for prediction of cardiovascular diseases. *Materials today: proceedings*, 81, 336-340, 2023.
- [11] Hasan, N., & Bao, Y. Comparing different feature selection algorithms for cardiovascular disease prediction. *Health and Technology*, 11(1), 49-62, 2021.
- [12] Wang, G., Lauri, F., & El Hassani, A. H. Feature selection by mRMR method for heart disease diagnosis. *IEEE Access*, 10, 100786-100796, 2022.
- [13] Isik, I. Heart disease prediction with feature selection based on metaheuristic optimization algorithms and electronic filter model. *Arabian Journal for Science and Engineering*, 49(9), 11953-11966, 2024.
- [14] Narasimhan, G., & Victor, A. A hybrid approach with metaheuristic optimization and random forest in improving heart disease prediction. *Scientific Reports*, 15(1), 10971, 2025.
- [15] Xia, B., Innab, N., Kandasamy, V., Ahmadian, A., & Ferrara, M. Intelligent cardiovascular disease diagnosis using deep learning enhanced neural network with ant colony optimization. *Scientific Reports*, 14(1), 21777, 2024.
- [16] Saremi, S., Mirjalili, S., & Lewis, A. Grasshopper optimisation algorithm: theory and application. *Advances in engineering software*, 105, 30-47, 2017.
- [17] Bukhari, S. M. S., Zafar, M. H., Moosavi, S. K. R., Mansoor, M., & Sanfilippo, F. An integrated stacked convolutional neural network and the levy flight-based grasshopper optimization algorithm for predicting heart disease. *Healthcare Analytics*, 7, 100374, 2025.
- [18] Zhou, W., Liu, H., Zhou, R., Li, J., & Ahmadi, S. An optimal method for diagnosing heart disease using combination of grasshopper evolutionary algorithm and support vector machines. *Heliyon*, 10(9), 2024.
- [19] Polepaka, S., Ram Kumar, R. P., Palakurthy, D., Manasa, V., Saritha, A., Dixit, S., ... & Adnan, M. M. Optimized convolutional neural network using grasshopper optimization technique for enhanced heart disease prediction. *Cogent Engineering*, 11(1), 2423847, 2024.

- [20] Tang, N., Wang, L., Li, K., Liu, Z., Dai, Y., Hao, J., ... & Qi, C. Performance Optimization of Support Vector Machine with Adversarial Grasshopper Optimization for Heart Disease Diagnosis and Feature Selection. *International Journal of Advanced Computer Science & Applications*, 15(8), 2024.
- [21] Dey, C., Bose, R., Ghosh, K. K., Malakar, S., & Sarkar, R. LAGO: Learning automata based grasshopper optimization algorithm for feature selection in disease datasets. *Journal of Ambient Intelligence and Humanized Computing*, 13(6), 3175-3194, 2022.
- [22] Braik, M. S., Hammouri, A. I., Awadallah, M. A., Al-Betar, M. A., & Alzubi, O. A. Improved versions of snake optimizer for feature selection in medical diagnosis: a real case COVID-19. *Soft Computing*, 27(23), 17833-17865, 2023.
- [23] Mohan, S., Thirumalai, C., & Srivastava, G. Effective heart disease prediction using hybrid machine learning techniques. *IEEE access*, 7, 81542-81554, 2019.
- [24] Saikumar, K., Rajesh, V., Srivastava, G., & Lin, J. C. W. Heart disease detection based on internet of things data using linear quadratic discriminant analysis and a deep graph convolutional neural network. *Frontiers in Computational Neuroscience*, 16, 964686, 2022.
- [25] Nagavelli, U., Samanta, D., & Chakraborty, P. Machine learning technology-based heart disease detection models. *Journal of Healthcare Engineering*, 2022(1), 7351061, 2022.
- [26] Singh, E., Singh, V., Rai, A., Christopher, I., Mishra, R., & Arikumar, K. S. Early Detection of Cardiovascular Disease with Different Machine Learning Approaches. *EAI Endorsed Transactions on Internet of Things*, 10, 2024.
- [27] Alqahtani, A., Alsubai, S., Sha, M., Vilcekova, L., & Javed, T. Cardiovascular disease detection using ensemble learning. *Computational Intelligence and Neuroscience*, 2022(1), 5267498, 2022.
- [28] Mahmoud, S., Gaber, M., Farouk, G., & Keshk, A. Heart disease prediction using modified version of LeNet-5 model. *Int. J. Intell. Syst. Appl*, 14(6), 1-12, 2022.
- [29] Nanekaran, Y. A., Licai, Z., Chen, J., Jamel, A. A., Shengnan, Z., Navaei, Y. D., & Aghbolagh, M. A. Anomaly Detection in Heart Disease Using a Density-Based Unsupervised Approach. *Wireless Communications and Mobile Computing*, 1, 6913043, 2022.
- [30] Sadad, T., Bukhari, S. A. C., Munir, A., Ghani, A., El-Sherbeeney, A. M., & Rauf, H. T. Detection of cardiovascular disease based on PPG signals using machine learning with cloud computing. *Computational Intelligence and Neuroscience*, 1, 1672677, 2022.
- [31] Abubaker, M. B., & Babayiğit, B. Detection of cardiovascular diseases in ECG images using machine learning and deep learning methods. *IEEE transactions on artificial intelligence*, 4(2), 373-382, 2022.
- [32] Hassan, M. R., Huda, S., Hassan, M. M., Abawajy, J., Alsanad, A., & Fortino, G. Early detection of cardiovascular autonomic neuropathy: A multi-class classification model based on feature selection and deep learning feature fusion. *Information Fusion*, 77, 70-80, 2022.
- [33] Baghdadi, N. A., Farghaly Abdelaliem, S. M., Malki, A., Gad, I., Ewis, A., & Atlam, E. (2023). Advanced machine learning techniques for cardiovascular disease early detection and diagnosis. *Journal of Big Data*, 10(1), 144, 2023.
- [34] Heart Disease Cleveland Dataset. <https://www.kaggle.com/datasets/ritwikb3/heart-disease-cleveland> (Erişim: 16.09.2025)

EXACT SOLUTION OF THE RELATIVISTIC FINITE-DIFFERENCE EQUATION FOR THE RING-SHAPED OSCILLATOR POTENTIAL

Shakir M. Nagiyev¹, Gulnara H. Quliyeva², Vefa A. Tarverdiyeva^{1,2},

Shovqiyya A. Amirova¹

¹ Institute of Physics, Ministry of Science and Education of the Republic of Azerbaijan,

² Sumgayit State University of the Ministry of Science and Education of the Republic of Azerbaijan

shakir.m.nagiyev@gmail.com-0000-0003-4214-6721

gulnara.quliyeva@sdu.edu.az-0000-0002-8359-1496

vefa.tarverdiyeva@sdu.edu.az-0000-0003-2787-2258

shovqiyya@mail.ru- 0009-0008-9287-6080

Abstract. We solve exactly the relativistic finite-difference equation for the quantum three-dimensional ring-shaped oscillator potential. Our investigation is based on a finite-difference version of relativistic quantum mechanics. So-called relativistic configurational \mathbf{r} -space is a key concept here. We show that the radial wavefunctions and angular wavefunctions are expressed through the continuous dual Hahn polynomials and Jacobi polynomials, respectively. A discrete energy spectrum has been found. The radial wave functions and energy spectrum have the correct nonrelativistic limit.

Keywords: Relativistic finite-difference equation of motion; ring-shaped oscillator potential; the continuous dual Hahn and Jacobi polynomials; nonrelativistic limit.

PACS numbers: 03.65.Ge, 03.65.Pm, 03.65.–w

1. Introduction

In quantum mechanics (relativistic and nonrelativistic) often arise the problems related to finding the energy levels and the wave functions of a particle moving in a certain potential force field [1–3]. A fundamental equation of motion of the nonrelativistic quantum mechanics is the Schrödinger equation. It describes physical phenomena in molecular physics, atomic and nuclear physics, quantum chemistry, etc., occurring at low energies [1,2]. The description of physical phenomena occurring at high energies should be based on relativistic wave equations [2, 3]. If the interaction potential is not enough to create particle–antiparticle pairs, we can apply the Klein–Gordon equation to the treatment of zero-spin particle and apply the Dirac equation to that of a $1/2$ spin particle. Note that the Klein–Gordon equation and the Dirac equation are the most frequently used equations for the description of the particle dynamics in relativistic quantum mechanics.

We also note that, in addition to this, there is another, namely, the finite-difference version of relativistic quantum mechanics, developed in the works (see [4-13] and references there).

In many works using various central and non-central (or ring-shaped) potentials the problems of both non-relativistic (e.g., [14-25]) and relativistic (e.g., [26–31]) bound states and scattering states are studied. It should be especially noted that non-central or ring-shaped potentials are widely used in various fields of theoretical physics, for example, in nuclear and atomic physics, in the physics of molecules, and also in quantum chemistry. Such potentials are used in quantum chemistry to describe the properties of the organic ring-shaped molecules such as benzene, and in nuclear physics to study the interactions of a deformed pair of nuclei. One needs to note that Quesne in published work [15] introduces a new ring-shaped oscillator potential. The Quesne potential is defined by

$$V_Q(r, \vartheta) = \gamma^2 \left(r^2 + \frac{q\eta^4}{r^2 \sin^2 \vartheta} \right), \quad \gamma = \frac{\sigma}{\eta\sqrt{2}}, \quad (1.1)$$

where η, σ, q are three dimensionless positive parameters. The exact solution of the relativistic finite-difference wave equation with the ring-shaped Coulomb potential was found in [30].

The purpose of the present paper is to generalize the exactly solvable nonrelativistic Quesne ring-shaped oscillator potential (1.1) to the relativistic finite-difference quantum mechanics case.

2. The finite-difference relativistic quantum mechanics

The key concept in the finite-difference version of relativistic quantum mechanics is the notion of the three-dimensional relativistic configurational \mathbf{r} -space. The corresponding canonically conjugate momentum \mathbf{p} -space is the three-dimensional Lobachevsky space realized on the upper sheet of the mass hyperboloid

$$p_0^2 - \mathbf{p}^2 = m^2 c^2, \quad p_0 > 0. \quad (2.1)$$

Both \mathbf{r} - and \mathbf{p} -spaces are related to each other by the relativistic Fourier transform

$$\psi(\mathbf{r}) = \frac{1}{(2\pi\hbar)^{3/2}} \int \xi(\mathbf{p}, \mathbf{r}) \psi(\mathbf{p}) d\Omega_{\mathbf{p}}, \quad (2.2)$$

where $d\Omega_{\mathbf{p}} = mc \frac{d\mathbf{p}}{p_0}$ is the relativistic three-dimensional volume element in the momentum Lobachevsky space and the function $\xi(\mathbf{p}, \mathbf{r})$ is the relativistic plane waves

$$\xi(\mathbf{p}, \mathbf{r}) = \left(\frac{p_0 - \mathbf{p}\mathbf{n}}{mc} \right)^{-1 - i\mathbf{r}/\lambda}. \quad (2.3)$$

Here, $\mathbf{r} = r\mathbf{n}$, $0 \leq r < \infty$, $\mathbf{n} = (\sin\vartheta\cos\varphi, \sin\vartheta\sin\varphi, \cos\vartheta)$ is the unit vector along the radius vector, and $\lambda = \hbar/(mc)$ is the Compton wavelength of the particle. The relativistic plane waves (2.3) obey the finite-difference free Schrödinger equation

$$(H_0 - E_p)\xi(\mathbf{p}, \mathbf{r}) = 0. \quad E_p = cp_0, \quad (2.4)$$

where the finite-difference operator

$$H_0 = m_0c^2 \left[\cosh(i\lambda\partial_r) + i\frac{\lambda}{r} \sinh(i\lambda\partial_r) + \frac{\mathbf{L}^2}{2(m_0cr)^2} e^{i\lambda\partial_r} \right]. \quad (2.5)$$

is the free Hamiltonian and $\mathbf{L}^2 = -\hbar^2 \Delta_{\vartheta, \varphi}$ is the square of the angular momentum operator

$$\mathbf{L}^2 = -\hbar^2 \left[\frac{1}{\sin\vartheta} \partial_{\vartheta} (\sin\vartheta \partial_{\vartheta}) + \frac{1}{\sin^2\vartheta} \partial_{\varphi}^2 \right]. \quad (2.6)$$

The equation for the wave function of the relative motion of two scalar particles with the interaction potential $V(\mathbf{r})$ in the relativistic configurational \mathbf{r} -space can be obtained from (2.4) and has the form

$$[H_0 + V(\mathbf{r})]\psi(\mathbf{r}) = E\psi(\mathbf{r}). \quad (2.7)$$

In the nonrelativistic limit we have

$$\lim_{c \rightarrow \infty} \xi(\mathbf{p}, \mathbf{r}) = e^{i\mathbf{p}\mathbf{r}/\hbar}. \quad (2.8)$$

3. The finite-difference relativistic ring-shaped oscillator model

We now consider a finite-difference relativistic ring-shaped oscillator model with the potential

$$V(\mathbf{r}) = \left[\frac{1}{2} m_0 \omega^2 (r + i\lambda)^2 + \frac{f(\vartheta)}{r^2} \right] e^{i\lambda\partial_r}, \quad (3.1)$$

where the function $f(\vartheta)$ defines the ring-shaped nature of the potential and has the form [15]

$$f(\vartheta) = \frac{\alpha \cos^2 \vartheta + \beta \cos \vartheta + \gamma}{\sin^2 \vartheta}. \quad (3.2)$$

Here α, β and γ are positive parameters. The potential (3.1) has a correct nonrelativistic limit

$$\lim_{c \rightarrow \infty} V(\mathbf{r}) = \frac{1}{2} m_0 \omega^2 r^2 + \frac{f(\vartheta)}{r^2}. \quad (3.3)$$

The operator (3.3) is Hermitian with respect to a scalar product

$$(\psi_1, \psi_2) = \int \psi_1^*(\mathbf{r}) \psi_2(\mathbf{r}) d\mathbf{r}, \quad (3.4)$$

i.e. $(V \psi_1, \psi_2) = (\psi_1, V \psi_2)$. Here, the functions $\psi_1(\mathbf{r})$ and $\psi_2(\mathbf{r})$ vanish at the points $r = 0$ and $r = \infty$ together with all their derivatives.

We want to find a solution to equation (2.7) with potential (3.1) and (3.2). To do this, we define $\psi(\mathbf{r}) = \frac{1}{r} R(\mathbf{r})$, then we obtain the following equation for the wave function $R(\mathbf{r})$:

$$[m_0 c^2 \cosh(i\lambda \partial_r) + \frac{L^2}{2m_0 r^{(2)}} e^{i\lambda \partial_r} + \left(\frac{1}{2} m_0 \omega^2 r^{(2)} + \frac{f(\vartheta)}{r^{(2)}}\right) e^{i\lambda \partial_r} - E]R(\mathbf{r}) = 0, \quad (3.5)$$

where $r^{(2)} = r(r + i\lambda)$ is a generalized degree. This equation allows the separation of variables. Since the Hamiltonian of equation (3.5) commutes with the operator $\hat{L}_z = -i\hbar \partial_\varphi$, we can look for the wave function in the form

$$R(\mathbf{r}) = R(r)F(\vartheta) \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{im\varphi}, \quad (3.6)$$

where $m = 0, \pm 1, \pm 2, \dots$ is the usual magnetic quantum number. Substitution of (3.6) into Eq. (3.5) leads to a set of finite-difference and second-order differential equations

$$[\cosh(i\partial_\rho) + \left(\frac{1}{2} \omega_0^2 \rho^{(2)} + \frac{\Lambda}{2\rho^{(2)}}\right) e^{i\partial_\rho} - \varepsilon]R(\rho) = 0, \quad (3.7)$$

$$[\partial_\vartheta^2 + \text{ctg}\vartheta \partial_\vartheta - \frac{m^2}{\sin^2 \vartheta} - \frac{2m_0}{\hbar^2} f(\vartheta) + \Lambda]F(\vartheta) = 0, \quad (3.8)$$

where $\rho = r/\lambda$ is dimensionless variable, Λ is a separation constant and $\rho^{(2)} = \rho(\rho + i)$. The value for the parameter Λ will be determined from the angular equation (3.8). In addition, we have introduced the following notations $\omega_0 = \hbar\omega/m_0 c^2$, $\varepsilon = E/m_0 c^2$. Obviously, when $f(\vartheta) = 0$, we have $\Lambda = l(l + 1)$.

4. The solutions of the angular equation

We investigate the solutions of the angle-dependent equation (3.8) [30], where $f(\vartheta)$ is given in (3.2). In terms of the new variable $x = \cos \vartheta$, we obtain the following equation for the function $F(\vartheta) \equiv F(x)$:

$$[\partial_x^2 - \frac{2x}{1-x^2} \partial_x + \frac{c_0 - c_1 x - c_2 x^2}{(1-x^2)^2}]F(x) = 0, \quad (4.1)$$

where

$$c_0 = \Lambda - m^2 - \frac{2m_0}{\hbar^2} \gamma, \quad c_1 = \frac{2m_0}{\hbar^2} \beta, \quad c_2 = \Lambda + \frac{2m_0}{\hbar^2} \alpha. \quad (4.2)$$

We look for the solution of eq.(4.1) in the form [29]

$$F(x) = \varphi(x)y(x), \quad \varphi(x) = (1-x)^A(1+x)^B, \quad (4.3)$$

where $\varphi(x)$ is the weight part, and $y(x)$ is the polynomial part of the angular wave function $F(x)$. From the condition of finiteness of $F(x)$ at points $x = \pm 1$ it follows that the parameters A and B must satisfy the inequalities $A \geq 0, B \geq 0$. Then for the function $y(x)$ we obtain the following equation

$$y''(x) - \frac{2\delta + 2(s+1)x}{1-x^2} y'(x) + \frac{\gamma_2 x^2 + \gamma_1 x + \gamma_0}{(1-x^2)^2} y(x) = 0. \quad (4.4)$$

Here we use the notations $\delta = A - B$, $s = A + B$, and also

$$\gamma_2 = -c_2 + s + s^2,$$

$$\begin{aligned}\gamma_1 &= -c_1 + 2\delta s, \\ \gamma_0 &= c_0 - s + \delta^2.\end{aligned}\quad (4.5)$$

Now let us choose the parameters A and B so that the relation $\gamma_2 x^2 + \gamma_1 x + \gamma_0 = \lambda(1 - x^2)$ is satisfied, i.e. $\gamma_2 = -\lambda$, $\gamma_1 = 0$, $\gamma_0 = \lambda$, where $\lambda = \text{const}$. From these equalities we find the parameters A , B and λ :

$$A = \frac{1}{2}\sqrt{c_2 + c_1 - c_0} = \frac{1}{2}\sqrt{m^2 + \frac{2m_0}{\hbar^2}(\alpha + \beta + \gamma)}, \quad (4.6)$$

$$B = \frac{1}{2}\sqrt{c_2 - c_1 - c_0} = \frac{1}{2}\sqrt{m^2 + \frac{2m_0}{\hbar^2}(\alpha - \beta + \gamma)}, \quad (4.7)$$

$$\lambda = c_2 - A - B - (A + B)^2. \quad (4.8)$$

From (4.6) and (4.7) it follows that $\alpha + \gamma \geq |\beta|$. Now, Eq. (4.4) takes the form

$$(1 - x^2)y''(x) - 2[(A - B) + (A + B + 1)x]y'(x) + \lambda y(x) = 0. \quad (4.9)$$

Comparing it with the equation for Jacobi polynomials $\bar{y}(x) = P_k^{(\bar{\alpha}, \bar{\beta})}(x)$, $k = 0, 1, 2, \dots$ [32]:

$$(1 - x^2)\bar{y}''(x) + [\bar{\beta} - \bar{\alpha} - (\bar{\alpha} + \bar{\beta} + 2)x]\bar{y}'(x) + k(k + \bar{\alpha} + \bar{\beta} + 1)\bar{y}(x) = 0, \quad (4.10)$$

we get $\bar{\alpha} = 2A$, $\bar{\beta} = 2B$ and

$$\lambda \equiv \lambda_k = k(k + 2A + 2B + 1). \quad (4.11)$$

Thus, we conclude that the solution of equation (4.9) $y(x) \equiv y_k(\cos\vartheta)$ is expressed through Jacobi polynomials, i.e.

$$y_k(\cos\vartheta) = P_k^{(2A, 2B)}(\cos\vartheta). \quad (4.12)$$

We can now write an expression for the total angular wave function in terms of the angle ϑ

$$F_{km}(\cos\vartheta) = C_{km}(1 - \cos\vartheta)^A(1 + \cos\vartheta)^B P_k^{(2A, 2B)}(\cos\vartheta). \quad (4.13)$$

The normalization constant C_{km} is found from the orthonormality condition

$$\int_0^\pi F_{km}(\cos\vartheta) F_{k'm'}(\cos\vartheta) \sin\vartheta d\vartheta = \delta_{kk'}. \quad (4.14)$$

It equals to

$$C_{km} = 2^{-A-B} \sqrt{\frac{(k+A+B+1/2)k!\Gamma(k+2A+2B+1)}{\Gamma(k+2A+1)\Gamma(k+2B+1)}}. \quad (4.15)$$

Let us now emphasize that from the two formulas (4.8) and (4.11) for the value λ we find the following quantized expression for the separation parameter $\Lambda \equiv \Lambda_k$:

$$\Lambda_k = k(k + 2A + 2B + 1) + A + B + (A + B)^2 - \frac{2m_0}{\hbar^2} \alpha \quad (4.16a)$$

or

$$\begin{aligned} \Lambda_k = k & \left(k + \sqrt{m^2 + 2m_0(\alpha + \beta + \gamma)/\hbar^2} + \sqrt{m^2 + 2m_0(\alpha - \beta + \gamma)/\hbar^2} + 1 \right) \\ & + \frac{1}{2} \left(\sqrt{m^2 + 2m_0(\alpha + \beta + \gamma)/\hbar^2} + \sqrt{m^2 + 2m_0(\alpha - \beta + \gamma)/\hbar^2} \right) \\ & + \frac{1}{4} \left(\sqrt{m^2 + 2m_0(\alpha + \beta + \gamma)/\hbar^2} + \sqrt{m^2 + 2m_0(\alpha - \beta + \gamma)/\hbar^2} \right)^2 \\ & - \frac{2m_0}{\hbar^2} \alpha. \end{aligned}$$

(4.16b)

It is easy to see that when $f(\vartheta) = 0$ we have $\Lambda_k \equiv \Lambda_l = l(l + 1)$, where $l = k + m$.

5. The solutions of the radial equation

We will obtain the solutions of Eq. (3.7). To solve Eq. (3.7), we choose $R(\rho)$ as [11]

$$R(\rho) = (-\rho)^{(\mu_k)} M_{\nu_k}(\rho) \Omega(\rho). \quad (5.1)$$

Here the separated factors

$$\rho^{(\mu_k)} = i^{\mu_k} \frac{\Gamma(\mu_k - i\rho)}{\Gamma(-i\rho)}, \quad M_{\nu_k}(\rho) = \omega_0^{i\rho} \Gamma(\nu_k + i\rho) \quad (5.2)$$

determine the asymptotic behaviour of $R(\rho)$ at the points $\rho = 0$ and $\rho = \infty$ respectively, where

$$\begin{aligned} \mu_k &= \frac{1}{2} + \frac{1}{2} \sqrt{1 + \frac{2}{\omega_0^2} (1 - \sqrt{1 - 4\omega_0^2 \Lambda_k})}, \\ \nu_k &= \frac{1}{2} + \frac{1}{2} \sqrt{1 + \frac{2}{\omega_0^2} (1 + \sqrt{1 - 4\omega_0^2 \Lambda_k})} \end{aligned} \quad (5.3)$$

are the real parameters. It follows that

$$\Lambda_k \leq \left(\frac{m_0 c^2}{2\hbar\omega} \right)^2. \quad (5.4)$$

This condition imposes an upper limit on the values of the "orbital" quantum number k .

The function $\Omega(\rho)$ then satisfies the following finite-difference equation:

$$[(\mu_k + i\rho)(\nu_k + i\rho)e^{-i\partial\rho} - (\mu_k - i\rho)(\nu_k - i\rho)e^{i\partial\rho}] \Omega(\rho) = 2 \frac{\varepsilon}{\omega_0} i\rho \Omega(\rho). \quad (5.5)$$

Let's compare this equation with the equation for continuous dual Hahn polynomials $y(x) = S_n(x^2; a, b, c)$ при $c = 1/2$ [31]

$$[(a + ix)(b + ix)e^{-i\partial x} - (a - ix)(b - ix)e^{i\partial x}] y(x) = (2a + 2b + 4n)ixy(x). \quad (5.6)$$

From the comparison we get that $a = \mu_k, b = \nu_k, \varepsilon = \omega_0(2n + \mu_k + \nu_k)$, where $n = 0, 1, 2, \dots$ is the radial quantum number. As a result we have

$$E_{nk} = \hbar\omega(2n + \mu_k + \nu_k). \quad (5.7)$$

This gives the quantization rule for the energy levels of the three-dimensional finite-difference relativistic ring-shaped oscillator model under consideration. Thus, the polynomial solution of the finite difference equation (5.5) is expressed through the continuous dual Hahn polynomials:

$$\Omega(\rho) \equiv \Omega_{nk}(\rho) = S_n(\rho^2; \mu_k, \nu_k, \frac{1}{2}). \quad (5.8)$$

Note that the continuous dual Hahn polynomials are defined with relation [32]

$$S_n(x^2; a, b, c) = (a + b)_n(a + c)_n = {}_3F_2\left(\begin{matrix} -n & a + ix & a - ix \\ a + b & a + c \end{matrix} \middle| 1\right). \quad (5.9)$$

If a, b and c are positive except possibly for a pair of complex conjugates with positive real parts, then the continuous dual Hahn polynomials satisfy the following orthogonality condition [31]

$$\begin{aligned} \frac{1}{2\pi} \int_0^\infty \left| \frac{\Gamma(a + ix)\Gamma(b + ix)\Gamma(c + ix)}{\Gamma(2ix)} \right|^2 S_n(x^2; a, b, c) S_m(x^2; a, b, c) dx = \\ = \Gamma(n + a + b)\Gamma(n + a + c)\Gamma(n + b + c)n! \delta_{nm}. \end{aligned} \quad (5.10)$$

We can now write down an expression for the radial wave function $R(\rho)$ (5.1), corresponding to the energy levels (5.7)

$$R_{nk}(\rho) = c_{nk}(-\rho)^{(\mu_k)} M_{\nu_k}(\rho) S_n(\rho^2; \mu_k, \nu_k, \frac{1}{2}). \quad (5.11)$$

The orthogonality condition for the function (5.11) easily follows from the condition (5.10)

$$\int_0^\infty R_{nk}^*(\rho) R_{mk}(\rho) d\rho = \delta_{nm}. \quad (5.12)$$

From here we obtain the following expression for the normalization constant:

$$c_{nk} = 2^{1/2} [n! \Gamma(n + \mu_k + \nu_k) \Gamma(n + \mu_k + 1/2) \Gamma(n + \nu_k + 1/2)]^{-1/2}. \quad (5.13)$$

Hence, the total wave function takes the form

$$\psi_{nkm}(\mathbf{r}) = c_{nk} C_{km} \frac{1}{r} \left(-\frac{r}{\lambda}\right)^{(\mu_k)} M_{\nu_k}(\rho) S_n\left(\left(\frac{r}{\lambda}\right)^2; \mu_k, \nu_k, \frac{1}{2}\right) \times$$

$$\times (1 - \cos\vartheta)^A (1 + \cos\vartheta)^B P_k^{(2A, 2B)}(\cos\vartheta) \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{im\varphi}. \quad (5.14)$$

6. The non-relativistic limit case

It can be easily shown that formula (5.7) for the energy spectrum and formula (5.11) for the radial wave function of the relativistic ring-shaped oscillator have a correct nonrelativistic limit, i.e. they in the nonrelativistic limit $c \rightarrow \infty$ pass into the corresponding formulas of the nonrelativistic ring-shaped oscillator. For this, it is sufficient to take into account the following limit and asymptotic relations [11]:

$$\lim_{c \rightarrow \infty} \mu_k = \frac{1}{2} + \frac{1}{2} \sqrt{1 + 4\Lambda_k} \equiv a, \quad \lim_{c \rightarrow \infty} \left(\nu_k - \frac{1}{\omega_0} \right) = \frac{1}{2}, \quad (6.1)$$

$$\lim_{c \rightarrow \infty} \lambda^{\mu_k} (-\rho)^{(\mu_k)} = (-r)^a, \quad \lim_{c \rightarrow \infty} M_{\nu_k}(\rho) \cong \sqrt{2\pi} \exp\left(\frac{1}{\omega_0} \ln \frac{1}{\omega_0} - \frac{1}{\omega_0} - \frac{1}{2} \lambda_0^2 r^2\right), \quad (6.2)$$

$$\lim_{c \rightarrow \infty} \frac{\omega_0^n}{n!} S_n\left(\rho^2; \mu_k, \nu_k, \frac{1}{2}\right) = L_n^{a-1/2}(\lambda_0^2 r^2). \quad (6.3)$$

Here $\lambda_0 = \sqrt{m_0 \omega / \hbar}$ and $L_n^a(z)$ are the generalized Laguerre polynomials [32].

7. Conclusion

The application of the finite-difference relativistic quantum mechanics to a large class of physical problems requires relativistic generalizations of the exactly solvable problems of non-relativistic quantum mechanics. In this paper, we found the exact solution of the relativistic finite-difference wave equation with the ring-shaped oscillator potential. We solved the radial part and the angular part of this equation by functional method. We have shown that the radial wave function is expressed in terms of the continuous dual Hahn polynomials, and the angular wave function is expressed in terms of the Jacobi polynomials. We also have shown that the radial wave functions and the energy spectra of the model under consideration have the correct nonrelativistic limit.

References

1. L. D. Landau and E. M. Lifshitz, Quantum Mechanics, 3rd edn. (Pergamon Press, New York, 1979).
2. Flügge, Practical Quantum Mechanics, (Springer, Berlin, 1974).
3. W. Greiner, Relativistic Quantum Mechanics, 3rd edn. (Springer, Berlin, 2000).
4. V.G. Kadyshevsky, R.M. Mir-Kasimov, N.B. Skachkov, [Quasi-potential approach and the expansion in relativistic spherical functions](#), Nuovo Cimento A55 (1968), 233-257.
5. M. Freeman, M.D. Mateev, R.M. Mir-Kasimov, On a relativistic quasipotential equation with local interaction, Nucl. Phys. B 12 (1969) 197–215.

6. E.D. Kagramanov, R.M. Mir-Kasimov, Sh.M. Nagiyev, The covariant linear oscillator and generalized realization of the dynamical $SU(1, 1)$ symmetry algebra, *J. Math. Phys.*, **31**:7 (1990), 1733–1738.
7. Sh. M. Nagiyev, On a hidden symmetry of a relativistic Coulomb problem in the quasipotential approach, *J. Phys. A: Math. Gen.* **21** (1988) 2559-2564.
8. R. A. Frick, Eur. A relativistic superalgebra in a generalized Schrödinger picture, *Phys. J. C* **28** (2003) 431-435.
9. Sh. M. Nagiyev, *Theor. Math. Phys.*, [Dynamical symmetry group of the relativistic Coulomb problem in the quasipotential approach](#), **80** (1989) 40-46.
10. N.M. Atakishiyev, R.M. Mir-Kasimov, Sh.M. Nagiyev, A Relativistic Model of the Isotropic Oscillator, *Ann. der Phys.*, **42**:1 (1985) 25–30.
11. Sh. M. Nagiyev, E. I. Jafarov, R. M. Imanov, The relativistic linear singular oscillator, *J. Phys. A: Math. Gen.* **36**, 7813 (2003).
12. S.M. Nagiyev, E.I. Jafarov, R.M. Imanov, L. Homorodean, A relativistic model of the isotropic three-dimensional singular oscillator, *Physics Letters A* **334** (2005) 260–266.
13. Yu. A. Grischechkin, V. N. Kapshai, Solution of the Logunov-Tavkhelidze equation for the three-dimensional oscillator potential in the relativistic configuration representation, *Russ. Phys. J.* **61**, 1645 (2019).
14. H. Hartmann, Die Bewegung eines Körpers in einem ringförmigen potential feld. *Teor. Chim. Acta* **24**(2–3), 201–206 (1972).
15. C.J. Quesne, A new ring-shaped potential and its dynamical invariance algebra. *Phys. A: Math. Gen.* **21** (1988) 3093–3103.
16. A. Hautot, Exact motion in noncentral electric fields, *J. Math. Phys.* **14** (1973) 1320–1327
17. A. Khare, R.K. Bhaduri, Exactly solvable noncentral potentials in two and three dimensions. *Am. J. Phys.* **62**, 1008–1014 (1994).
18. B. Gönül, I. Zorba, Supersymmetric solutions of noncentral potentials. *Phys. Lett A* **269**, 83–88 (2000).
19. C.Y. Chen, C.L. Liu, S.S. Dong, The normalized wavefunctions of the Hartmann potential and explicit expressions for their radial average values. *Phys. Lett. A* **305**, 341–348 (2002).
20. C. Berkdemir, J. Han, Any 1-state solutions of the Morse potential through the Pekeris approximation and Nikiforov–Uvorov method. *Chem. Phys. Lett.* **409**, 203–207 (2005).
21. C.Y. Fu, D.T. Qing, Exact solutions of the Schrödinger equation for a new ring-shaped nonharmonic oscillator potential. *Int. J. Mod. Phys. A* **23**, 1919–1927 (2008).
22. S.H. Dong, G.H. Sun, M.L. Cassou, Exact solutions and ladder operator for a new anharmonic oscillator. *Phys. Lett. A* **340**, 94–103 (2005).
23. C.Y. Chen, S.H. Dong, Exactly complete solutions of the Coulomb potential plus a new ring-shaped potential. *Phys. Lett. A* **335**, 374–382 (2005).

24. G.Q.H. Fu, M.C. Zhang, Exact solution for a noncentral electric dipole ring-shaped potential in the tridiagonal representation. *J. Math. Phys.* 52, 042108 (2011).
25. C.J. Berkdemir, A novel angle-dependent potential and its exact solution. *Math. Chem.* 46, 139–154 (2009).
26. Q.W. Chao, Bound states of the Klein-Gordon and Dirac equations for the potential $V(r) = Ar^{-2} - Br^{-1}$, *Chin.Phys.* **12** (10), 1054-1104 (2003).
27. S.H. Dong, C.Y. Chen, M.L. Cassou, Quantum properties of complete solutions for a new noncentral ring-shaped potential. *Int. J. Quan. Chem.* 105, 453–462 (2005).
28. F. Yasuk, A. Durmus, I. Boztosun, Exact analytical solution of the relativistic Klein–Gordon equation with noncentral equal scalar and vector potentials. *J. Math. Phys.* 47, 082302 (2006).
29. Sh.M. Nagiyev, A.I. Ahmadov, V.A. Tarverdiyeva, Approximate solutions to the Klein–Fock–Gordon equation for the sum of coulomb and ring-shaped-like potentials. *Adv. High Energy Phys.* 2020, 1356384 (2020).
30. Sh.M.Nagiyev, A.I. Ahmadov, Exact solution of the relativistic finite difference equation for the Coulomb plus Ring-Shaped potential, *Int. J. Mod. Phys. A* **34**(17) (2019) 1950089.
31. Tchana, B. et al. Factorization method for exact solution of the noncentral modified Killingbeck potential plus a ring-shaped-like potential. *Mod. Phys. A* 34, 1950072 (2019).
32. R. Koekoek, P. A. Lesky and R. F. Swarttow, *Hypergeometric Orthogonal Polynomials and their q-Analogues* (Springer-Verlag, Berlin, 2010).

THE PREDICTION OF TOXIC AND ECOTOXIC EFFECTS OF SELECTED DINITROANILINES USING *IN SILICO* TOOLS

Nazli Turkten¹, Yunus Karatas¹, Yelda Yalcin Gurkan², Simal Kurumoglu^{2*}

¹ Kirsehir Ahi Evran University, Faculty of Arts and Sciences, Department of Chemistry, 40100,
Kirsehir, Türkiye.

² Tekirdag Namik Kemal University, Faculty of Arts and Sciences, Department of Chemistry, 59030,
Tekirdag, Türkiye.

ABSTRACT

The increasing world population has resulted in the adoption of intensive agricultural practices, with the aim of increasing the yield of products per unit area. In this regard, the use of herbicides constitutes a critical measure in plant protection against pests. Despite the benefits of herbicides, their long-term use is detrimental to the ecosystem and human health. Herbicides, which are preferred against agricultural pests, cause both toxic and ecotoxic problems due to long-term exposure and contamination of water sources.

It is important to determine the lowest toxic exposure dose to reap its benefits. In this study, *in silico* modeling highlighted the predicted toxicity values for nine selected dinitroaniline herbicides (benfluralin, butralin, dinitramide, ethalfluralin, fluchloralin, oryzalin, pendimethalin, prodiamine, and trifluralin) using ToxTree and ECOSAR. According to the ToxTree results, all of them were found to exhibit activity concerning genotoxic carcinogenic effects. ECOSAR predicted that these dinitroaniline herbicides were highly toxic to aquatic organisms and that their toxicity was primarily due to their lipophilicity. Trifluralin and benfluralin were found to be the most dangerous of these herbicides.

Keywords: *Herbicides, toxicology, ecotoxicology, Toxtree, ECOSAR*

INTRODUCTION

Herbicides are common pesticides used to manage pests, weeds, and diseases in plants within modern agriculture. These plant protection chemicals can be applied to soil as a pre-planned and pre-emergent treatment. Dinitroanilines are a primary class of herbicides consisting of two nitro groups and an aromatic amine that act on microtubule proteins and inhibit cell division. It is known that these herbicides can enhance economic returns, although they are not effective against a wide range of weeds. The widespread migration of dinitroaniline residues in the

environment poses a hazard to ecosystems and organisms, addressing a global issue. The presence of persistent pesticides in surface water and groundwater can lead to potential adverse health effects. Therefore, minimizing public health risks and contamination issues in both terrestrial and aquatic ecosystems, it is crucial to reduce implementation concentration levels and prevent leakage and runoff activities (Bacmaga et al., 2024; Giglio & Vommaro, 2022; Shekhawat et al., 2017; Zhang et al., 2024).

Dinitroaniline herbicides include benfluralin, butralin, dinitramide, ethalfuralin, fluchloralin, nitrilin, oryzalin, pendimethalin, prodiamine, trifluralin, etc., which are chemically stable compounds with a half-life of 3–12 months. (Zhang et al., 2025). Trifluralin and pendimethalin are extensively used herbicides in the dinitroaniline family that can harm the thyroid gland and liver and reveal extreme toxicity to aquatic organisms. Consequently, these two dinitroanilines have been banned in numerous European countries (Zheng et al., 2016).

In the present study, the predicted toxicological risk assessment and endpoints of nine selected dinitroanilines were investigated using *in silico* approaches of both ToxTree and ECOSAR. The predicted ecotoxicity results were compared with experimental data from the literature. Additionally, the effects of dinitroaniline exposure on organisms, as well as their toxicological profiles in aquatic specimens, were evaluated.

MATERIALS AND METHODS

The predicted ecotoxicity of selected dinitroanilines was assessed by using two QSAR (Quantitative Structure-Activity Relationship) *in silico* tools, ToxTree (online software version developed by IDEA consult. Ltd., Sofia, Bulgaria) and ECOSAR (Ecological Structural Activity Relationships) version 2.2. SMILES strings of selected dinitroanilines were exploited in Toxtree by using a decision tree approach (<http://toxtree.sf.net/predict>). Decision trees were implemented for Cramer classes of dinitroanilines based on the chemical and structural information (I, II, or III, from potentially least to most toxic) (Bakhtyari et al., 2013). The predicted toxicological concern level and endpoints, such as mutagenicity/carcinogenicity, biodegradation, skin sensitization, and protein or DNA binding alerts, were also determined (Bhatarai et al., 2016; Rim, 2020). ECOSAR software program predicted the acute and chronic toxicity of selected dinitroanilines and their toxicity assessments in terms of median effective concentration (EC₅₀) for algae green and the median lethal concentration (LC₅₀) for fish and *Daphnia* (Cronin et al., 2003).

RESULTS AND DISCUSSION

The silico predictions were derived by computational tools, namely ToxTree and ECOSAR. The chemical structures of the selected nine dinitroanilines (benfluralin, butralin, dinitramide, ethalfluralin, fluchloralin, oryzalin, pendimethalin, prodiamine, and trifluralin) are presented in Figure 1, while their associated data, including SMILES and CAS numbers, are listed in Table 1.

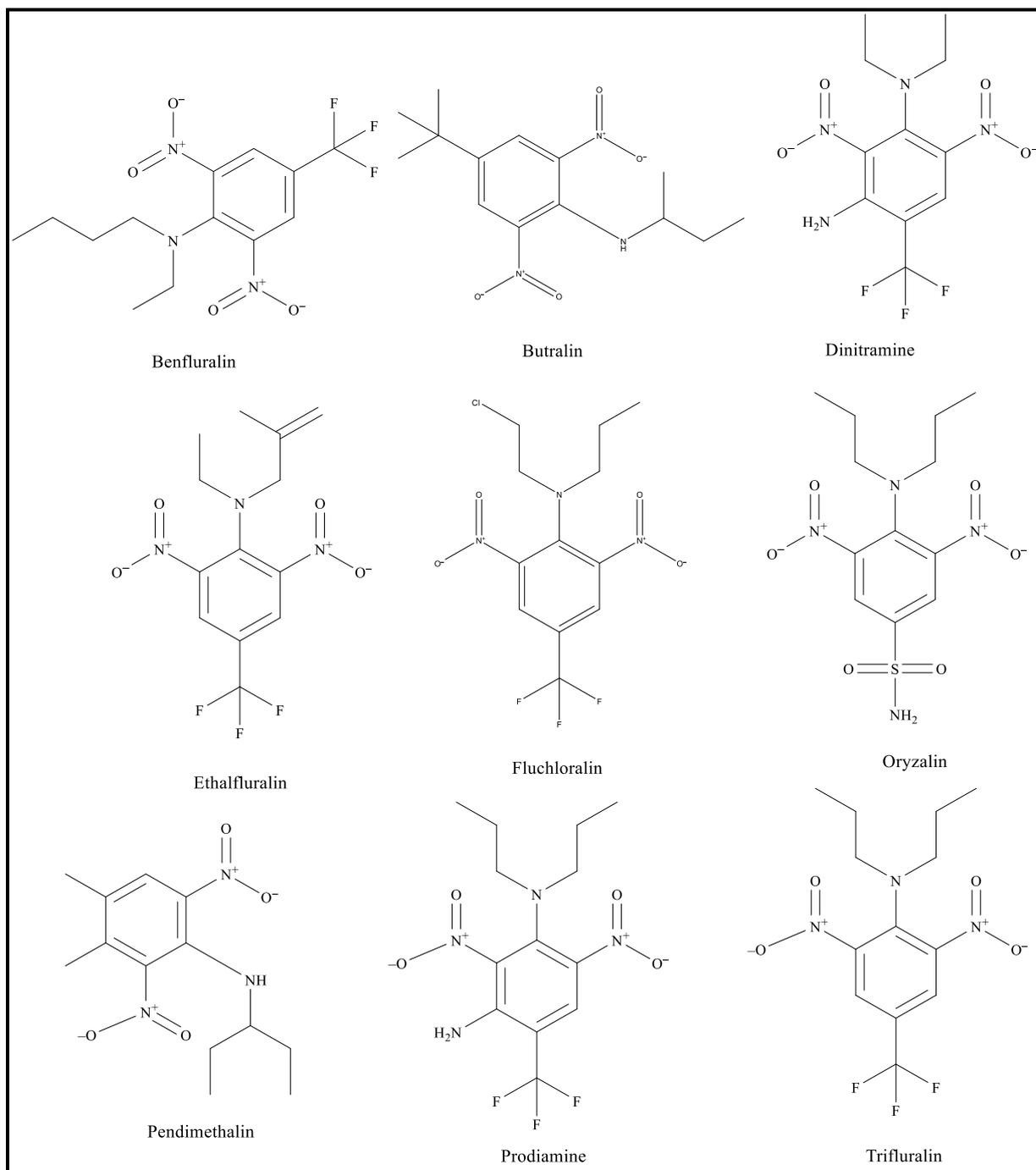


Figure 1. The chemical structures of the selected dinitroanilines.

Table 1. The identifiers of the selected dinitroanilines

Dinitroaniline Herbicides	CAS	SMILES
Benfluralin	1861-40-1	<chem>CCCCN(CC)C1=C(C=C(C=C1[N+](=O)[O-])C(F)(F)F)[N+](=O)[O-]</chem>
Butralin	33629-47-9	<chem>CCC(C)NC1=C(C=C(C=C1[N+](=O)[O-])C(C)(C)C)[N+](=O)[O-]</chem>
Dinitramine	29091-05-2	<chem>CCN(CC)C1=C(C=C(C=C1[N+](=O)[O-])N)C(F)(F)F)[N+](=O)[O-]</chem>
Ethalfuralin	55283-68-6	<chem>CCN(CC(=C)C)C1=C(C=C(C=C1[N+](=O)[O-])C(F)(F)F)[N+](=O)[O-]</chem>
Fluchloralin	33245-39-5	<chem>CCCN(CCCl)C1=C(C=C(C=C1[N+](=O)[O-])C(F)(F)F)[N+](=O)[O-]</chem>
Oryzalin	19044-88-3	<chem>CCCN(CCC)C1=C(C=C(C=C1[N+](=O)[O-])S(=O)(=O)N)[N+](=O)[O-]</chem>
Pendimetalin	40487-42-1	<chem>CCC(CC)NC1=C(C=C(C=C1[N+](=O)[O-])C)C)[N+](=O)[O-]</chem>
Prodiamin	29091-21-2	<chem>CCCN(CCC)C1=C(C=C(C=C1[N+](=O)[O-])N)C(F)(F)F)[N+](=O)[O-]</chem>
Trifluralin	1582-09-8	<chem>CCCN(CCC)C1=C(C=C(C=C1[N+](=O)[O-])C(F)(F)F)[N+](=O)[O-]</chem>

The predicted toxicity effects of nine dinitroanilines were derived by *in silico* tools, ToxTree (Tables 2) and ECOSAR (Table 3) methods. The predicted LC₅₀ values for fish and daphnid ranged from 0.105 mg/L to 3.39 mg/L and from 0.239 mg/L to 23.0 mg/L, respectively. The structural alerts for chemical and biological profiling were defined as *Salmonella* mutagenicity, since mutagenicity is considered one of the important endpoints for dinitroanilines. The results of nine dinitroanilines were associated with the potential structural alerts for *S. typhimurium* mutagenicity. The structural alerts for potential carcinogenicity were also detected for all dinitroanilines. All pesticides were within the Class 2 category, indicating that they were persistent chemicals. Additionally, the alerts for protein and DNA bindings were also observed. Oryzalin was reported to be toxic to fish and algae. The LC₅₀, 96 h values of 2.88 mg/L, in and 3.26 mg/L for *bluegill sunfish* and *rainbow trout*, respectively, while the EC₅₀ value was found to be 42 mg/L for *Selenastrum capricornutum green algae* (<http://www.epa.gov/ecotox/>). Hong et al reported that the LC₅₀ value of ethalfuralin for zebrafish embryos was 18.49 mg/L (Hong et al., 2023). The LC₅₀, 96 h value of pendimethalin for freshwater fish *Clarias batrachus* was found to be 3.55 mg/L (Gupta & Verma, 2022), while this value for another freshwater fish, *Channa punctatus*, was 3.6 mg/L (Ahmad & Ahmad, 2016). Prodiamin and trifluralin were relatively non-toxic with LC₅₀ values exceeding 1000 µg/cm² on the soil invertebrate *Eisenia fetida* (Wang et al., 2012). In another toxicity study, the LC₅₀ value of trifluralin in the pollinator *Apis mellifera* was reported as 11 µg bee⁻¹ (Marin-Morales et al., 2013).

Table 2. The predicted toxicological endpoints using the ToxTree platform.

Dinitroaniline Herbicides	Cramer Rules	Biodegradation Ability	Carcinogenicity (genotoxic and nongenotoxic)	Mutagenicity	DNA Binding Alerts	Protein Binding Alerts
Benfluralin	High level (III)	Class (persistent chemical)	2 Structural Alert for genotoxic carcinogenicity	Structural Alert for S. typhimurium mutagenicity	Alert for SN1 and Michael Acceptor Identified	Alert for SNAr and Michael Acceptor Identified
Butralin	High level (III)	Class (persistent chemical)	2 Structural Alert for genotoxic carcinogenicity	Structural Alert for S. typhimurium mutagenicity	Alert for SN1 and Michael Acceptor Identified	Alert for SNAr and Michael Acceptor Identified
Dinitramine	High level (III)	Class (persistent chemical)	2 Structural Alert for genotoxic carcinogenicity	Structural Alert for S. typhimurium mutagenicity	Alert for SN1 and Michael Acceptor Identified	Alert for SNAr and Michael Acceptor Identified
Ethalfuralin	High level (III)	Class (persistent chemical)	2 Structural Alert for genotoxic carcinogenicity	Structural Alert for S. typhimurium mutagenicity	Alert for SN1 and Michael Acceptor Identified	Alert for SNAr, Michael Acceptor, SN2 Identified
Fluchloralin	High level (III)	Class (persistent chemical)	2 Structural Alert for genotoxic carcinogenicity	Structural Alert for S. typhimurium mutagenicity	Alert for SN1 and Michael Acceptor Identified	Alert for SNAr, Michael Acceptor, SN2 Identified
Oryzalin	High level (III)	Class (persistent chemical)	2 Structural Alert for genotoxic and nongenotoxic carcinogenicity	Structural Alert for S. typhimurium mutagenicity	Alert for SN1 and Michael Acceptor Identified	Alert for SNAr and Michael Acceptor Identified
Pendimetalin	High level (III)	Class (persistent chemical)	2 Structural Alert for genotoxic and nongenotoxic carcinogenicity	Structural Alert for S. typhimurium mutagenicity	Alert for SN1 and Michael Acceptor Identified	Alert for SNAr and Michael Acceptor Identified
Prodiamin	High level (III)	Class (persistent chemical)	2 Structural Alert for genotoxic carcinogenicity	Structural Alert for S. typhimurium mutagenicity	Alert for SN1 and Michael Acceptor Identified	Alert for SNAr and Michael Acceptor Identified
Trifluralin	High level (III)	Class (persistent chemical)	2 Structural Alert for genotoxic carcinogenicity	Structural Alert for S. typhimurium mutagenicity	Alert for SN1 and Michael Acceptor Identified	Alert for SNAr and Michael Acceptor Identified

Table 3. The predicted toxicological risk assessments using the ECOSAR platform.

<u>Dinitroaniline Herbicides</u>	Fish (96 hours) LC50 (mg/L)	Daphnid (48 hours) LC50 (mg/L)	Green Algae (96 hours) EC50 (mg/L)	Log Kow
Benfluralin	27.8	17.5	19.9	3.11
Butralin	0.066	0.281	0.087	4.93
Dinitramine	0.897	1.099	0.117	4.3
Ethalfuralin	32.6	20.4	22.5	3.03
Fluchloralin	0.089	0.384	0.112	4.63
Oryzalin	3.39	23.0	0.860	3.73
Pendimetalin	0.105	0.473	0.110	5.18
Prodiamin	0.235	0.416	0.078	4.1
Trifluralin	0.058	0.239	0.086	5.34

CONCLUSION

The results highlighted the alerting structural features of dinitroanilines, particularly their potential to cause cancer and mutations. The potential structural alerts of the selected nine dinitroanilines were determined as characteristic structural alerts of potential mutagenic and carcinogenic compounds. The highest predicted fish LC₅₀, 96 h, was found to be 32.6 mg/L. All dinitroanilines were noted as Class 2 chemicals, indicating that they are persistent in the environment. The use of in silico tools was recommended for preliminary assessments to evaluate the toxicity of dinitroanilines in the environment rather than simply assessing their presence.

REFERENCES

- Ahmad, I., & Ahmad, M. (2016). Fresh water fish, *Channa punctatus*, as a model for pendimethalin genotoxicity testing: A new approach toward aquatic environmental contaminants. *Environmental Toxicology*, 31(11), 1520–1529. <https://doi.org/https://doi.org/10.1002/tox.22156>
- Bacmaga, M., Wyszowska, J., & Kucharski, J. (2024). Environmental Implication of Herbicide Use. *Molecules*, 29(24), 5965. <https://doi.org/10.3390/molecules29245965>
- Bakhtyari, N. G., Raitano, G., Benfenati, E., Martin, T., & Young, D. (2013). Comparison of In Silico Models for Prediction of Mutagenicity. *Journal of Environmental Science and Health, Part C*, 31(1), 45–66. <https://doi.org/10.1080/10590501.2013.763576>
- Bhatarai, B., Wilson, D. M., Parks, A. K., Carney, E. W., & Spencer, P. J. (2016). Evaluation of TOPKAT, Toxtree, and Derek Nexus *in Silico* Models for Ocular Irritation and Development of a Knowledge-Based Framework To Improve the Prediction of Severe Irritation. *Chemical Research in Toxicology*, 29(5), 810–822. <https://doi.org/10.1021/acs.chemrestox.5b00531>
- Cronin, M. T. D., Walker, J. D., Jaworska, J. S., Comber, M. H. I., Watts, C. D., & Worth, A. P. (2003). Use of QSARs in international decision-making frameworks to predict ecologic effects and environmental fate of chemical substances. *Environmental Health Perspectives*, 111(10), 1376–1390. <https://doi.org/doi:10.1289/ehp.5759>
- Giglio, A., & Vommaro, M. L. (2022). Dinitroaniline herbicides: a comprehensive review of toxicity and side effects on animal non-target organisms. *Environmental Science and Pollution Research*, 29(51), 76687–76711.
- Gupta, P., & Verma, S. K. (2022). Evaluation of genotoxicity induced by herbicide pendimethalin in fresh water fish *Clarias batrachus* (linn.) and possible role of oxidative stress in induced DNA damage. *Drug and Chemical Toxicology*, 45(2), 750–759. <https://doi.org/10.1080/01480545.2020.1774603>

- Hong, T., Park, H., An, G., Song, G., & Lim, W. (2023). Ethalfluralin induces developmental toxicity in zebrafish via oxidative stress and inflammation. *Science of the Total Environment*, 854, 158780. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.158780>
<http://www.epa.gov/ecotox/>. <https://doi.org/> (<http://www.epa.gov/ecotox/>)
- Marin-Morales, M. A., Fernandes, T. C. C., & Pizano, M. A. (2013). Characterization, Modes of Action and Effects of Trifluralin: A Review. In A. Price & J. Kelton (Eds.), *Herbicides - Current Research and Case Studies in Use*. IntechOpen. <https://doi.org/10.5772/55169>
- Rim, K.-T. (2020). In silico prediction of toxicity and its applications for chemicals at work. *Toxicology and Environmental Health Sciences*, 12(3), 191–202. <https://doi.org/10.1007/s13530-020-00056-4>
- Shekhawat, K., Rathore, S. S., Dass, A., Das, T. K., Mahajan, G., & Chauhan, B. S. (2017). Weed menace and management strategies for enhancing oilseed brassicas production in the Indian sub-continent: A review. *Crop Protection*, 96, 245–257. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.cropro.2017.02.017>
- Wang, Y., Wu, S., Chen, L., Wu, C., Yu, R., Wang, Q., & Zhao, X. (2012). Toxicity assessment of 45 pesticides to the epigeic earthworm *Eisenia fetida*. *Chemosphere*, 88(4), 484–491. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2012.02.086>
- Zhang, C., Jin, B., Liu, J., Wang, Q., & Tian, B. (2025). Biodegradation of dinitroaniline herbicides: A comprehensive review. *Environmental Technology & Innovation*, 39, 104225. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.eti.2025.104225>
- Zhang, J., Ding, X., Tan, Q., Liang, R., Chen, B., Yu, L., Wang, M., Qing, M., Yang, S., Li, Y., Chen, W., & Zhou, M. (2024). Associations of dinitroaniline herbicide exposure, genetic susceptibility, and lifestyle with glucose dysregulation: A gene-environment interaction study from the Wuhan-Zhuhai cohort. *Environmental Research*, 262, 119938. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.envres.2024.119938>
- Zheng, S., Chen, B., Qiu, X., Chen, M., Ma, Z., & Yu, X. (2016). Distribution and risk assessment of 82 pesticides in Jiulong River and estuary in South China.



Chemosphere,

144,

1177–1192.

<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2015.09.050>

PHOTOCATALYTIC DEGRADATION OF CIPROFLOXACIN USING TiO₂- CuO AND TiO₂-ZnO BINARY COMPOSITES

Nazli Turkten¹, Yunus Karatas¹, Yelda Yalcin Gurkan², Simal Kurumoglu^{2*},

¹ Kirsehir Ahi Evran University, Faculty of Arts and Sciences, Department of
Chemistry, 40100, Kirsehir, Türkiye.

² Tekirdag Namik Kemal University, Faculty of Arts and Sciences, Department of
Chemistry, 59030, Tekirdag, Türkiye.

ABSTRACT

The frequent detection of antibiotic traces in surface water, wastewater, and drinking water has raised a global issue due to their widespread medical use. Ciprofloxacin (CIP) is a commonly prescribed broad-spectrum antibiotic belonging to the second-generation fluoroquinolone class. The presence of CIP can have serious effects on ecosystems and human health. Therefore, it is essential to remove this persistent pollutant with a halogenated heterocyclic structure from wastewater treatment plants before entering an aquatic system. Heterogeneous photocatalysis is a potentially effective strategy for eliminating CIP in wastewater under mild reaction conditions. Although TiO₂ is widely used in photocatalysis, it has some inherent limitations, resulting in the design of coupled semiconductors to achieve higher photocatalytic efficiency. This study conducted a comparative photocatalytic investigation of two different TiO₂-based semiconductors, TiO₂-CuO and TiO₂-ZnO binary composites. The photocatalytic performance of these binary composites was evaluated using CIP as an organic pollutant under visible light irradiation. The photocatalytic results revealed that the TiO₂-ZnO binary composite was more effective in removing CIP than the TiO₂-CuO binary composites under the same conditions.

Keywords: Binary composite, ciprofloxacin, photocatalysis, TiO₂-CuO, TiO₂-ZnO.

INTRODUCTION

Antibiotics are considered chemotherapeutic agents that are extensively used worldwide for the treatment of infectious diseases, particularly retarding and eradicating bacterial infections. The application of these pharmaceuticals extends beyond human medicine to veterinary medicine as well. Additionally, these drugs are used to enhance agricultural productivity and promote animal growth in livestock farms. However, excessive antibiotic consumption leads to the development of antibiotic-resistant genes and bacteria. In particular, inadequate wastewater treatment can lead to the entry of antibiotic residues into water bodies, posing risks to human health and aquatic life (Bai et al., 2022; Khmaissa et al., 2024; Li & Shi, 2016).

Recently, numerous water treatment strategies have been implemented to address the issue of antibiotic wastewater (Gurkan et al., 2012; Li & Shi, 2016). Current methods for eliminating antibiotics are classified into three main categories based on their treatment mechanisms: physical removal, biological treatment, and chemical degradation. Adsorption, sedimentation, flocculation, ionic resin, and filtration are common examples of physical methods used to remove antibiotic residues from water; however, they have the disadvantage of resulting in contaminated adsorbents. Biological approaches rely on the metabolic action of microorganisms in oxidizing and decomposing antibiotic substances. Nevertheless, these methods suffer from the disadvantages of being time-consuming and often lacking reliability. Different chemical degradation processes, including ozonation, chlorination, and the Fenton process, have gained interest in the treatment of antibiotic residues. Advanced oxidation processes are effective approaches used in wastewater treatment, which are based on the generation of reactive free radicals with stronger oxidizing features, such as hydroxyl radicals, peroxy radicals, and sulfate radicals, resulting in the decomposition of targeted molecules. Heterogeneous photocatalysis stands out as a promising advanced oxidation process, revealing high efficiency, low cost, low energy consumption, and environmentally friendly properties (Huang et al., 2022; Mestre & Carvalho, 2019; Yang et al., 2021).

To date, several semiconductors have been used to eliminate antibiotics from wastewater (Disha & Kumar, 2023; Gurkan et al., 2012; Mohamed et al., 2023; Shehu Imam et al., 2018). Yelda et al. investigated the photocatalytic degradation mechanism of cefazolin in the presence of nitrogen-doped TiO₂, and they reported an improved cefazolin removal efficiency compared to the sole TiO₂ nanoparticles (Gurkan et al., 2012). Furthermore,

they found that the degradation of cefazolin occurred through the cleavage of the intramolecular β -lactam, thiadiazole, tetrazole, and dihydrothiazine rings. Numerous studies were also reported on the photocatalytic degradation of CIP using another common photocatalyst, ZnO (El-Kemary et al., 2010; Shehu Imam et al., 2018).

The motivation for interest was based on our prior knowledge of the positive photocatalytic performance of these binary composites. Our previous studies indicated that TiO₂-CuO and TiO₂-ZnO binary composites exhibit high photocatalytic performance for the removal of Reactive blue 198 dye and humic acid, respectively (Turkten & Bekbolet, 2020; Turkten et al., 2025). For this reason, a typical second-generation fluoroquinolone antibiotic, CIP, was selected as a model organic pollutant. The present study investigated the photocatalytic degradation performances of both TiO₂-CuO and TiO₂-ZnO binary composites by monitoring the degradation of CIP under visible light in a comparative manner.

MATERIALS AND METHODS

TiO₂ (Evonik), ZnO (Aldrich), CuO (Thermo Scientific), and CIP (Cipro) were used without further treatment. The chemical structure of the CIP antibiotic is given in Figure 1.

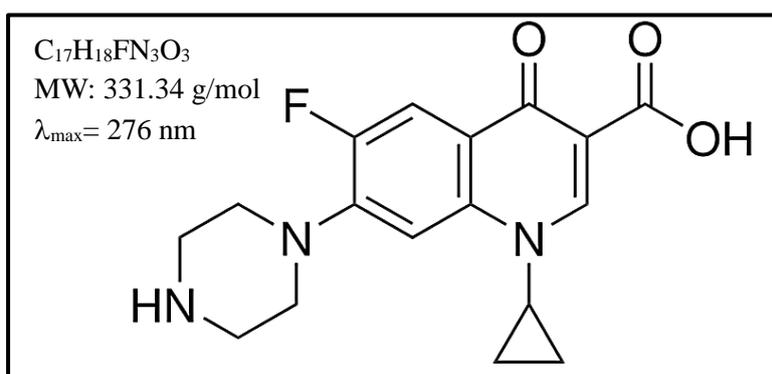


Figure 1. The chemical structure of CIP

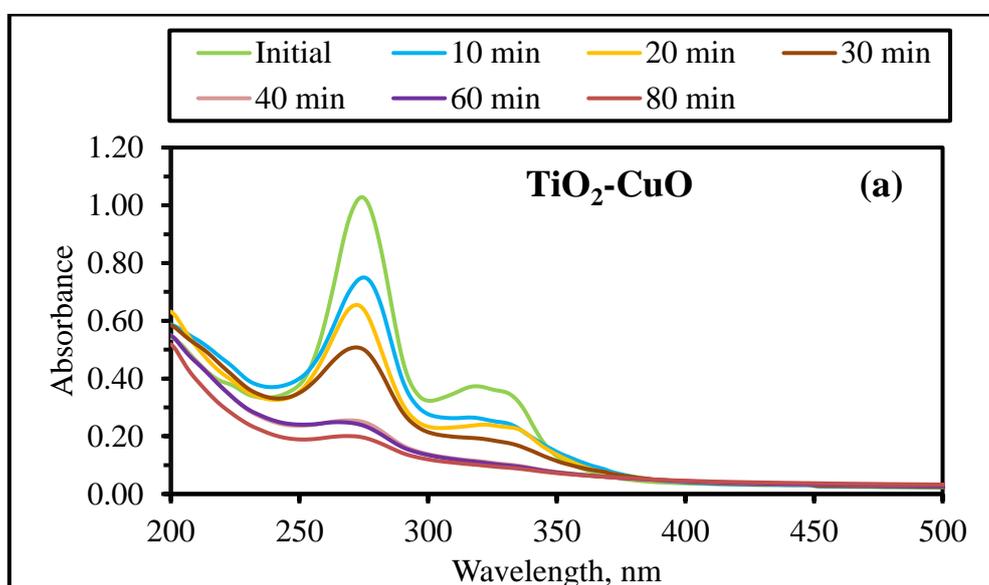
TiO₂-CuO binary composite was prepared by a mechanical mixing method with a weight TiO₂:CuO ratio of 1:1. The detailed synthesis procedure and characterization findings were reported in our previous study (Turkten et al., 2025). TiO₂-ZnO binary composite

(weight TiO₂:ZnO ratio of 1:1) was synthesized using a solid-state dispersion method, which was reported in our previous study (Turkten & Bekbolet, 2020).

The photocatalytic activity experiments of TiO₂-CuO and TiO₂-ZnO binary composites were evaluated by degrading the CIP antibiotic solution. Each binary composite (0.25 g/L) was placed in a 50 mL CIP solution (10 mg/L). An OSRAM Ultra-Vitalux lamp (300 W) was used as a solar simulation.

RESULTS AND DISCUSSION

The photocatalytic activities of TiO₂-CuO and TiO₂-ZnO binary composites on CIP degradation were evaluated in Figure 2. The initial spectra of CIP revealed a maximum absorption band at $\lambda_{\text{max}} = 276$ nm, corresponding to the $\pi-\pi^*$ electronic transitions of the aromatic backbones of CIP. The gradual decrease in the intensities of these absorbance bands indicated the photocatalytic degradation of CIP. In addition, the almost disappearance of the prominent absorption bands of CIP could reveal an ongoing photocatalytic degradation, leading to the formation of intermediates and potentially resulting in complete oxidative degradation.



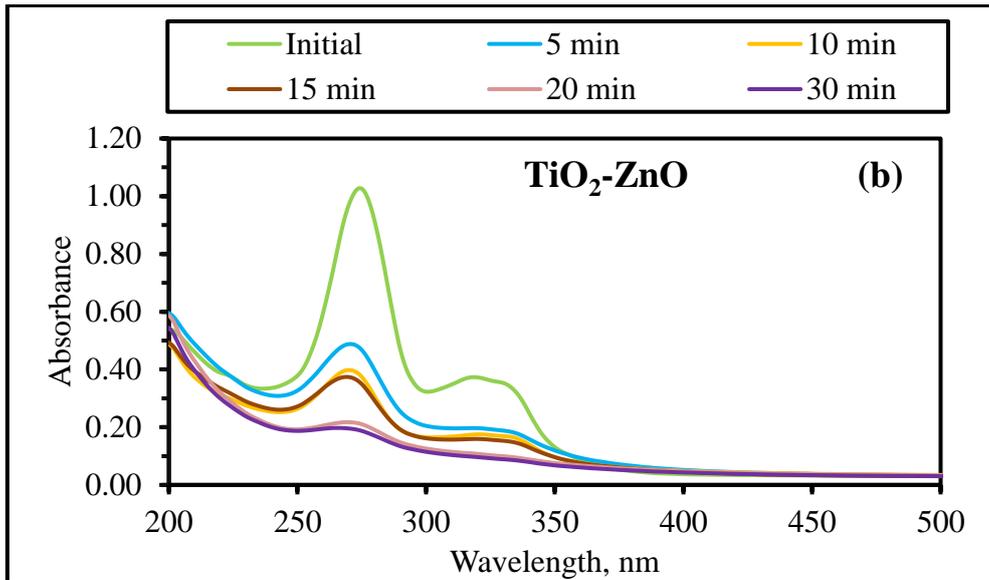


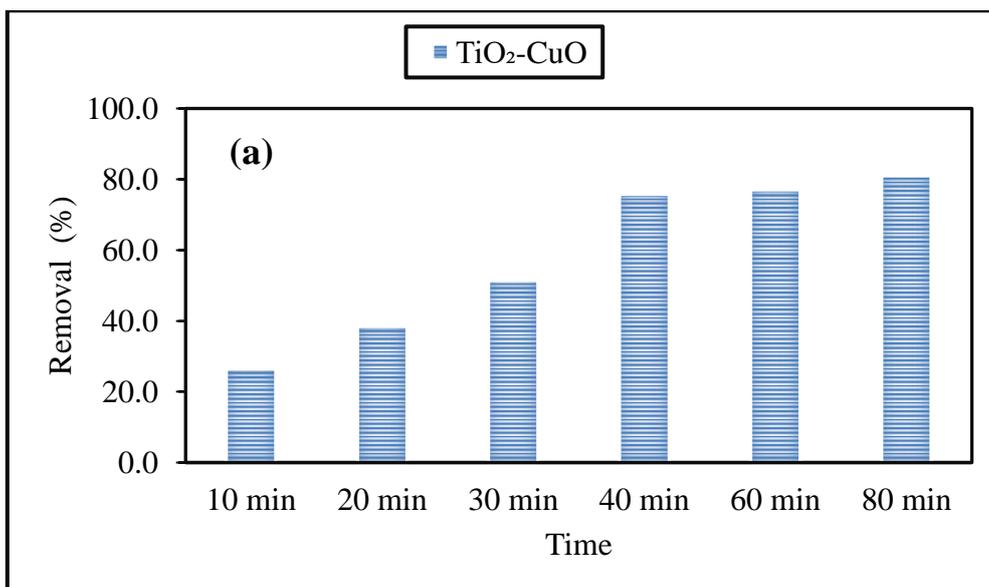
Figure 2. Time-dependent UV-vis absorption spectra of CIP using (a) TiO₂-CuO and (b) TiO₂-ZnO binary composites.

The photocatalytic degradation of CIP was assessed using TiO₂-CuO and TiO₂-ZnO binary composites over various time intervals, as presented in Figure 3. The removal efficiencies of CIP specimens were monitored by UV-vis analysis at the maximum wavelength of $\lambda_{\text{max}} = 276 \text{ nm}$ and presented according to the following equation:

$$\text{Removal efficiency, \%} = \left(\frac{A_0 - A_t}{A_0} \right) \times 100$$

(1)

where, A_0 and A_t are the absorbances of CIP at initial and time t , respectively.



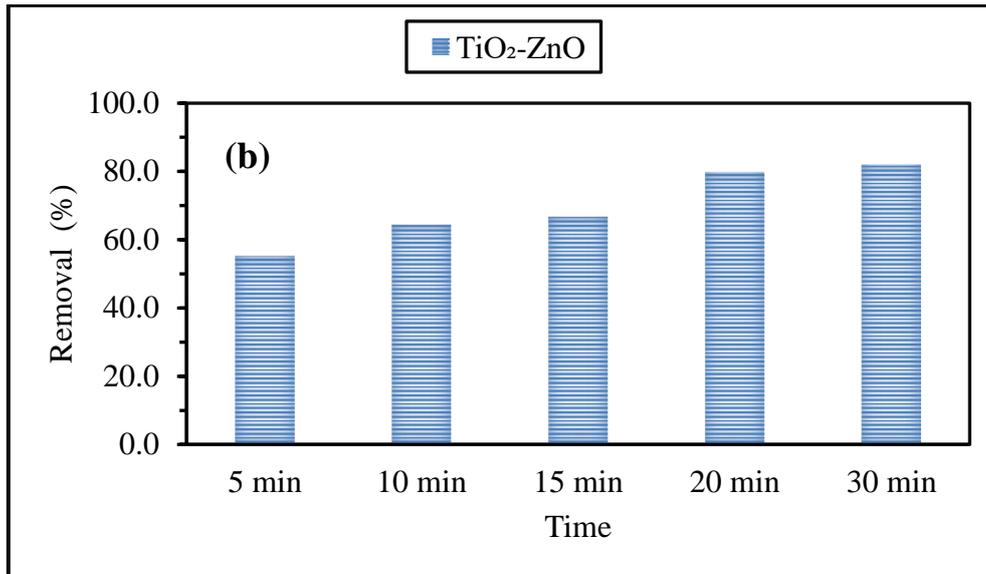


Figure 3. Photocatalytic degradation of CIP upon the use of (a) $\text{TiO}_2\text{-CuO}$ and (b) $\text{TiO}_2\text{-ZnO}$ binary composites.

The removal efficiency of CIP after 80 minutes of visible irradiation using $\text{TiO}_2\text{-CuO}$ binary composite was 81%, while the photocatalytic degradation of CIP within 30 minutes using $\text{TiO}_2\text{-ZnO}$ binary composite was 82%. Batterjee et al. reported that green hydrothermal synthesis of ZnO nanoparticles exhibited a high photocatalytic activity toward ciprofloxacin (>90%) under UV light irradiation within 160 min. (Batterjee et al., 2022). In another photocatalytic study, the photocatalytic degradation efficiency of CIP in the presence of CuO nanoparticles was found to be 76.3% for 120 min. (Agalya et al., 2025). These results indicated that $\text{TiO}_2\text{-CuO}$ and $\text{TiO}_2\text{-ZnO}$ binary composites exhibited a notable photocatalytic degradation performance of CIP.

CONCLUSIONS

The photocatalytic activity results indicated that the $\text{TiO}_2\text{-ZnO}$ binary composite exhibited a more efficient photocatalytic degradation of CIP than the $\text{TiO}_2\text{-CuO}$ specimen. The removal efficiency of CIP was 81% after 80 minutes with the $\text{TiO}_2\text{-CuO}$ specimen, while the $\text{TiO}_2\text{-ZnO}$ binary composite achieved a similar efficiency within only 30 minutes. Our findings suggested that both $\text{TiO}_2\text{-CuO}$ and $\text{TiO}_2\text{-ZnO}$ binary composites effectively degrade CIP in aqueous solution under visible light, making them high-efficiency photocatalysts.

REFERENCES

- Agalya, S., Krishna Veni, k., Nehru, L. C., & Eswaramoorthy, N. (2025). Photocatalytic degradation of organic pollutants and antibacterial properties of CuO nanoparticles: a study on methylene blue, congo red, tetracycline, ampicillin, ciprofloxacin, and azithromycin. *Journal of Sol-Gel Science and Technology*, *115*(3), 1404–1427. <https://doi.org/10.1007/s10971-025-06830-5>
- Bai, X., Chen, W., Wang, B., Sun, T., Wu, B., & Wang, Y. (2022). Photocatalytic Degradation of Some Typical Antibiotics: Recent Advances and Future Outlooks. *International Journal of Molecular Sciences*, *23*(15), 8130.
- Batterjee, M. G., Nabi, A., Kamli, M. R., Alzahrani, K. A., Danish, E. Y., & Malik, M. A. (2022). Green Hydrothermal Synthesis of Zinc Oxide Nanoparticles for UV-Light-Induced Photocatalytic Degradation of Ciprofloxacin Antibiotic in an Aqueous Environment. *Catalysts*, *12*(11), 1347.
- Disha, & Kumar, M. (2023). Metal oxide nanomaterials for photocatalytic degradation of antibiotics. *Materials Today: Proceedings*.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.matpr.2023.03.422>
- El-Kemary, M., El-Shamy, H., & El-Mehasseb, I. (2010). Photocatalytic degradation of ciprofloxacin drug in water using ZnO nanoparticles. *Journal of Luminescence*, *130*(12), 2327–2331. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jlumin.2010.07.013>
- Gurkan, Y. Y., Turkten, N., Hatipoglu, A., & Cinar, Z. (2012). Photocatalytic degradation of cefazolin over N-doped TiO₂ under UV and sunlight irradiation: Prediction of the reaction paths via conceptual DFT. *Chemical Engineering Journal*, *184*, 113–124. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.1016/j.cej.2012.01.011>
- Huang, S., Yu, J., Li, C., Zhu, Q., Zhang, Y., Lichtfouse, E., & Marmier, N. (2022). The Effect Review of Various Biological, Physical and Chemical Methods on the Removal of Antibiotics. *Water*, *14*(19), 3138.
- Khmaissa, M., Zouari-Mechichi, H., Sciara, G., Record, E., & Mechichi, T. (2024). Pollution from livestock farming antibiotics an emerging environmental and human health concern: A review. *Journal of Hazardous Materials Advances*, *13*, 100410. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.hazadv.2024.100410>

Li, D., & Shi, W. (2016). Recent developments in visible-light photocatalytic degradation of antibiotics. *Chinese Journal of Catalysis*, 37(6), 792–799. [https://doi.org/10.1016/S1872-2067\(15\)61054-3](https://doi.org/10.1016/S1872-2067(15)61054-3)

Mestre, A. S., & Carvalho, A. P. (2019). Photocatalytic Degradation of Pharmaceuticals Carbamazepine, Diclofenac, and Sulfamethoxazole by Semiconductor and Carbon Materials: A Review. *Molecules*, 24(20), 3702.

Mohamed, K. M., Benitto, J. J., Vijaya, J. J., & Bououdina, M. (2023). Recent Advances in ZnO-Based Nanostructures for the Photocatalytic Degradation of Hazardous, Non-Biodegradable Medicines. *Crystals*, 13(2), 329.

Shehu Imam, S., Adnan, R., & Mohd Kaus, N. H. (2018). Photocatalytic degradation of ciprofloxacin in aqueous media: a short review. *Toxicological & Environmental Chemistry*, 100(5-7), 518–539. <https://doi.org/10.1080/02772248.2018.1545128>

Turkten, N., & Bekbolet, M. (2020). Photocatalytic performance of titanium dioxide and zinc oxide binary system on degradation of humic matter. *Journal of Photochemistry and Photobiology A: Chemistry*, 401. <https://doi.org/10.1016/j.jphotochem.2020.112748>

Turkten, N., Karatas, Y., Kurumoglu, S., & Yalcin Gurkan, Y. (2025). Enhanced photocatalytic degradation of diazo reactive blue 198 using ternary PANI-TiO₂-CuO composites: Predicted degradation pathway, mechanism, and DFT calculations. *Physica B: Condensed Matter*, 717, 417802. <https://doi.org/10.1016/j.physb.2025.417802>

Yang, X., Chen, Z., Zhao, W., Liu, C., Qian, X., Zhang, M., Wei, G., Khan, E., Hau Ng, Y., & Sik Ok, Y. (2021). Recent advances in photodegradation of antibiotic residues in water. *Chemical Engineering Journal*, 405, 126806. <https://doi.org/10.1016/j.cej.2020.126806>

GIDA SEKTÖRÜNE AİT DOĞAL KİMYASALLARIN KULLANILMASI İLE HAZIRLANMIŞ ÇÖZELTİLERİN SUCUPİRA ODUNU YÜZEYLERİNE UYGULANMASI VE SEÇİLMİŞ BAZI YÜZEY ÖZELLİKLERİNİN TESPİT EDİLMESİ

**Doç. Dr. Abdi ATILGAN¹, Doç. Dr. Osman ÇAMLİBEL² ve Doç. Dr. Ümit
AYATA³**

¹Afyon Kocatepe Üniversitesi, Afyon Meslek Yüksekokulu, İç Mekân Tasarımı
Programı, Afyon, Türkiye
atilgan03@aku.edu.tr ORCID ID: 0000-0002-5893-2113

²Kırıkkale Üniversitesi, Kırıkkale Meslek Yüksekokulu, Tasarım Bölümü, İç Mekan
Tasarımı Pr., Kırıkkale, Türkiye
osmancamlibel@kku.edu.tr, ORCID ID: 0000-0002-8766-1316

³Bayburt Üniversitesi, Sanat ve Tasarım Fakültesi, İç Mimarlık ve Çevre Tasarımı
Bölümü, Bayburt, Türkiye

Sorumlu yazar: umitayata@yandex.com ORCID ID: 0000-0002-6787-7822

Özet

Bu araştırmada, gıda sektörüne ait doğal kimyasalların kullanılması (karbonat, üzüm ve alıç sirkeleri) ile hazırlanmış çözeltilerin sucupira (*Bowdichia nitida* Benth.) odunu yüzeylerine uygulandıktan sonra renk parametreleri ve beyazlık indeksi (WI^*) değerlerindeki değişimler incelenmiştir. Her iki çözelti türü ile a^* , WI^*_{\perp} , C^* ve L^* değerlerinde azalışlar tespit edilirken, h° ve WI^*_{\parallel} değerlerinde ise artışlar belirlenmiştir. Buna ek olarak b^* parametresinde üzüm sirkesi + karbonat karışımına ait uygulama ile azalış belirlenirken, alıç sirkesi + karbonat karışımına ait uygulama ile artış elde edilmiştir. ΔE^* değerleri üzüm sirkesi + karbonat karışımına ait çözeltisi ile 3.75 olarak bulunurken, alıç sirkesi + karbonat karışımına ait çözeltisi ile 1.93 olarak hesaplanmıştır.

Anahtar kelimeler: Sucupira, beyazlık indeksi, sirke, renk parametreleri, karbonat

Application of Solutions Prepared Using Natural Chemicals from the Food Industry to Sucupira Wood Surfaces and Determination of Some Selected Surface Properties

Abstract

This study investigated changes in color parameters and whiteness index (WI^*) values after applying solutions prepared using natural chemicals from the food industry (baking soda, grape and hawthorn vinegars) to the wood surfaces of sucupira (*Bowdichia nitida* Benth.). Decreases in a^* , WI^*_{\perp} , C^* , and L^* values were observed with both solution types, while increases in h° and WI^*_{\parallel} were observed. Additionally, a decrease in the b^* parameter was observed with the grape vinegar + baking soda mixture application, while an increase was observed with the hawthorn vinegar + baking soda

mixture application. ΔE^* values were calculated as 3.75 with the grape vinegar + baking soda mixture solution and 1.93 with the hawthorn vinegar + baking soda mixture solution.

Keywords: Sucupira, whiteness index, vinegar, color parameters, baking soda

1. Giriş

Ahşap, diğer malzeme türlerine kıyasla olağanüstü özelliklere sahiptir; örneğin, yüksek mekanik mukavemet, üretim için gereken minimum enerji ve yenilenebilir bir kaynak olma özelliği. Faydacı yönlerinin yanı sıra, ahşap, geniş bir renk ve doku yelpazesi sunan çekici bir estetiğe sahiptir (Medeiros ve ark., 2021; Nascimento ve ark., 2023; de Araújo ve ark., 2024).

Sucupira (*Bowdichia nitida* Benth.) odunu, dekoratif laminat, mobilya yapımında, çerçeve, zemin, lambri kaplama, kiriş, lata, travers ve köprü üretiminde kullanılmaktadır (Souza ve ark., 1997).

Bowdichia nitida odununda radyal yönde genişleme %6.00, anizotropi oranı 1.43, hacmen genişleme %14.60, teğet yönde genişleme %8.60 (Andrade, 2015), teğet yönde daralma %7.10, hacimsel daralma %14.40, radyal yönde daralma %4.90 (Jankowska, 2018), karbon %15.13, uçucu madde içeriği %85.45 ve kül içeriği %0.42 (da Silva ve ark., 2017) olarak belirlenmiştir.

Taze kesilmiş öz odun sucupirasının rengi, kuruduktan sonra koyu kahverengiye dönen ve ayrıca daha açık kahverengi dar bantlar sunan çikolata kahverengisidir. Diri odunu dar, öz odunundan belirgin şekilde farklı ve gri veya pembemsi gridir. Odunun dokusu kaba, homojen olmasına rağmen, bazı desen özellikleri, yüksek parlaklık ve lif yapısı düzden hafifçe iç içe geçmişe kadar değişmektedir. Koku ve tat ayırt edilemez (Souza ve ark., 2012).

Sucupira tohumunun kaynatılması Brezilya'da ateş, romatizma, gut, nevralsi, frengi, cilt ülseri, uçuk vb. rahatsızlıkların hafifletilmesinde kullanılmaktadır. Tohumları, saf alkolde reflü altında çıkarılmıştır. Ekstre, maltoz üzerine serpilerek hastalar için sağlıklı gıda olarak kullanılmıştır. Nevrozlu hastalar ve Parkinson hastaları bu sağlıklı gıdayı kullanarak tedavi edilmiştir. Nevrozlu hastalar Sitomegalovirüs ile enfekte olabilmektedir. Sucupira, Sitomegalovirüs karşıtı etkiye sahip olduğu bildirilmiştir (Hirobe ve ark., 2004).

Bu çalışmada, karbonat, üzüm ve alıç sirkeleri kullanılarak hazırlanmış 2 farklı özellikteki çözeltilerin sucupira (*Bowdichia nitida* Benth.) odunu yüzeylerine muamele edilmesi ile oluşan beyazlık indeksi (WI^*) değerlerindeki ve renk parametreleri renk parametrelerindeki farklılıklar tespit edilmiştir.

2. Materyal ve Metot

100 mm x 100 mm x 15 mm boyutlarında hazırlanmış Sucupira (*Bowdichia nitida* Benth.) odunları üzerinde iklimlendirme uygulamaları gerçekleştirilmiştir (ISO 554, 1976).

farklı 2 tür sirke (50 mlt üzüm sirkesi ve 50 mlt alıç sirkesi) ve 5 gr karbonat kimyasalları bu çalışmada kullanılmıştır. Bir fırça yardımıyla çözeltiler tek kat olarak zımparalanmış ahşap malzemeye ait olan yüzeylere uygulanmıştır.

Renk parametreleri (ASTM D 2244-3, 2007) ve beyazlık indeksi (WI^*) değerleri (ASTM E313-15e1, 2015) belirlenmiştir. Toplam renk farklılıkları aşağıdaki formüller ile belirlenmiştir.

$$\Delta E^* = [(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2]^{0.5} \quad (1)$$

$$C^* = [(a^*)^2 + (b^*)^2]^{0.5} \quad (2)$$

$$\Delta H^* = [(\Delta E^*)^2 - (\Delta L^*)^2 - (\Delta C^*)^2]^{0.5} \quad (3)$$

$$h^o = \arctan (b^*/a^*) \quad (4)$$

$$\Delta C^* = (C^* \text{ çözeltili uygulanmış deney örneği}) - (C^* \text{ kontrol}) \quad (5)$$

$$\Delta L^* = (L^* \text{ çözeltili uygulanmış deney örneği}) - (L^* \text{ kontrol}) \quad (6)$$

$$\Delta a^* = (a^* \text{ çözeltili uygulanmış deney örneği}) - (a^* \text{ kontrol}) \quad (7)$$

$$\Delta b^* = (b^* \text{ çözeltili uygulanmış deney örneği}) - (b^* \text{ kontrol}) \quad (8)$$

Literatürde ΔC^* : kroma kısmı veya doygunluk farkı ve ΔH^* : ton bölümü veya gölge farkıdır bve buna ek olarak diğer parametrelere ait bilgiler (Lange, 1999) Çizelge 1’de verilmiştir.

Çizelge 1. Δa^* , ΔL^* , Δb^* ve ΔC^* değerleri için bilgiler (Lange, 1999)

Parametre	Pozitif durumda referansa kıyasla	Negatif durumda referansa kıyasla
Δb^*	Daha sarı	Daha mavi
ΔC^*	Daha net, daha parlak	Mat, daha bulanık
ΔL^*	Daha açık	Daha koyu
Δa^*	Daha kırmızı	Daha yeşil

Çizelge 2’de ΔE^* için kriterler (DIN 5033, 1979) verilmiştir.

Çizelge 2. ΔE^* için kriterler (DIN 5033, 1979)

Renk farkı (ΔE^*)	Görsel puanı farkı	Renk farkı (ΔE^*)	Görsel puanı farkı
<0.2	Algılanamaz	3.0 ila 6.0	Çok belirgin
0.2 ila 0.5	Çok zayıf	6.0 ila 12.0	Güçlü
0.5 ila 1.5	Zayıf	> 12.0	Çok güçlü
1.5 ila 3.0	Belirgin		

Bir istatistik programı ile ortalama değerleri, varyans analizleri, standart sapmaları, maksimum ve minimum değerleri, yüzde (%) değişim oranları ve homojenlik grupları belirlenmiştir.

3. Bulgular ve Tartışma

Varyans analizi sonuçları Çizelge 3 ile verilmiştir. Renk parametreleri ve beyazlık indeksi (WI^*) değerleri için karışım türü anlamlı şekilde bulunmuştur (Çizelge 3).

Çizelge 3. Varyans analizi sonuçları

Varyans Kaynağı	Test	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Ortalama Kare	F Değeri	$\alpha \leq 0.05$ (*: Anlamlı)
Karışım Türü	L^*	26.331	2	13.166	61.081	0.000*
	a^*	37.217	2	18.609	302.040	0.000*
	b^*	14.828	2	7.414	106.341	0.000*

	C^*	31.689	2	15.845	306.128	0.000*
	h^o	370.492	2	185.246	139.830	0.000*
	wI^* (\perp)	102.835	2	51.417	5258.591	0.000*
	wI^* (\parallel)	4.472	2	2.236	203.959	0.000*
Hata	L^*	5.820	27	0.216		
	a^*	1.663	27	0.062		
	b^*	1.882	27	0.070		
	C^*	1.397	27	0.052		
	h^o	35.770	27	1.325		
	wI^* (\perp)	0.264	27	0.010		
Toplam	L^*	50479.372	30			
	a^*	936.945	30			
	b^*	4785.560	30			
	C^*	5734.700	30			
	h^o	134039.764	30			
	wI^* (\perp)	1988.060	30			
Düzeltilmiş Toplam	L^*	32.151	29			
	a^*	38.881	29			
	b^*	16.710	29			
	C^*	33.087	29			
	h^o	406.261	29			
	wI^* (\perp)	103.099	29			
	wI^* (\parallel)	4.768	29			

Renk parametreleri ile beyazlık indeksi (WI^*) değerleri için ölçüm sonuçları ve toplam renk farklılıkları için hesaplanmış sonuçları Çizelge 4’de sunulmaktadır.

Çizelge 4. Sonuçlar

Ölçüm sonuçları								
Test	Kimyasal Türü	Orta-lama	Değişim (%)	HG *: En yüksek, **: En düşük	SS	Mini-mum	Maksi-mum	Varyasyon Katsayısı
L^*	Kontrol	42.24	-	A*	0.38	41.43	42.63	0.90
	Üzüm sirkesi + karbonat	39.97	↓5.37	C**	0.31	39.17	40.30	0.79
	Alç sirkesi + karbonat	40.81	↓3.39	B	0.64	39.87	41.71	1.56
a^*	Kontrol	6.78	-	A*	0.33	6.32	7.49	4.87
	Üzüm sirkesi + karbonat	4.06	↓40.12	C**	0.16	3.88	4.33	3.83
	Alç sirkesi + karbonat	5.58	↓17.70	B	0.23	5.19	5.82	4.07
b^*	Kontrol	12.86	-	B	0.28	12.47	13.47	2.21
	Üzüm sirkesi + karbonat	11.65	↓9.41	C**	0.27	11.21	12.09	2.30
	Alç sirkesi + karbonat	13.31	↑3.50	A*	0.24	13.02	13.78	1.78
C^*	Kontrol	14.59	-	A*	0.24	14.39	15.15	1.65
	Üzüm sirkesi + karbonat	12.34	↓15.42	B**	0.24	11.92	12.69	1.95
	Alç sirkesi + karbonat	14.44	↓1.03	A	0.20	14.03	14.73	1.39
h^o	Kontrol	62.20	-	C**	1.46	58.99	64.00	2.34
	Üzüm sirkesi + karbonat	70.77	↑13.78	A*	0.88	69.29	72.10	1.24
	Alç sirkesi + karbonat	67.26	↑8.14	B	1.04	66.01	69.37	1.55
WI^* \perp	Kontrol	10.54	-	A*	0.14	10.30	10.70	1.36
	Üzüm sirkesi + karbonat	6.48	↓38.52	C**	0.08	6.40	6.60	1.22
	Alç sirkesi + karbonat	6.76	↓35.86	B	0.05	6.70	6.80	0.76
WI^* \parallel	Kontrol	3.98	-	C**	0.15	3.70	4.20	3.89
	Üzüm sirkesi + karbonat	4.86	↑22.11	A*	0.05	4.80	4.90	1.06
	Alç sirkesi + karbonat	4.72	↑18.59	B	0.08	4.60	4.80	1.67
SS: Standart Sapma, Ölçüm Sayısı: 10, HG: Homojenlik Grubu,								
Toplam renk farklılıkları için sonuçları								
Çözelti Türü	ΔL^*	Δb^*	Δa^*	ΔC^*	ΔH^*	ΔE^*	Renk Kriteri	

							(DIN 5033, 1979)
Üzüm sirkesi + karbonat	-2.27	-2.72	-1.22	-2.25	1.96	3.75	X
Alıç sirkesi + karbonat	-1.44	-1.20	0.45	-0.15	1.27	1.93	Y
Renk kriteri (DIN 5033, 1979) sütunu için X: Çok belirgin (3.0 ila 6.0), Y: Belirgin (1.5 ila 3.0)							

Hazırlanmış olan her iki çözelti türü ile WI^*_{\perp} , a^* , C^* ve L^* değerlerinde azalışlar tespit edilirken, h° ve WI^*_{\parallel} değerlerinde ise artış görülmüştür. Buna ek olarak b^* parametresinde üzüm sirkesi + karbonat karışımına ait uygulama ile azalış belirlenirken, alıç sirkesi + karbonat karışımına ait uygulama ile artış elde edilmiştir. ΔL^* değerleri negatif (referans ile karşılaştırıldığında daha koyu), Δb^* değerleri negatif (referans ile karşılaştırıldığında daha mavi), ΔC^* değerleri negatif (mat, referans ile karşılaştırıldığında daha bulanık) olarak tespit edilmiştir. Δa^* değerleri ise üzüm sirkesi + karbonat karışımına ait çözeltisi ile negatif değerde (referans ile karşılaştırıldığında daha yeşil) tespit edilirken, alıç sirkesi + karbonat karışımına ait çözeltisi ile pozitif (referans ile karşılaştırıldığında daha kırmızı) olarak belirlenmiştir. ΔE^* değerleri renk kriterine (DIN 5033, 1979) göre kıyaslandığında üzüm sirkesi + karbonat karışımına ait hazırlanmış olan çözelti ile 3.75 olarak bulunduğundan dolayı “çok belirgin (3.0 ila 6.0)”, alıç sirkesi + karbonat karışımına ait hazırlanmış olan çözelti ile 1.93 olarak bulunduğundan dolayı ise “belirgin (1.5 ila 3.0)” kriterine ulaşıldığı belirlenmiştir (Çizelge 4).

4. Sonuçlar

Bu çalışmada, sucupira odunu yüzeylerine muamele edilen karbonat, üzüm ve alıç sirkeleri kullanılarak hazırlanmış 2 farklı özellikteki çözeltilerin renk parametreleri ve beyazlık indeksi (WI^*) değerlerini değiştirdiği belirlenmiştir.

Kaynaklar

- Andrade, A., (2015). Pisos de madeira: características de espécies brasileiras, Piracicaba: ANMP.
- ASTM D 2244-3, (2007). Standard practice for calculation or color tolerances and color, differences from instrumentally measured color coordinates, ASTM International, West Conshohocken, PA.
- ASTM E313-15e1, (2015). Standard practice for calculating yellowness and whiteness indices from instrumentally measured color coordinates, ASTM International, West Conshohocken, PA.
- da Silva, L.F.F., da Silva Nunes, F., Lobato, C.C.S., Júnior, D.H.G., da Silva, M.C., and Nagaishi, T.Y.R., (2017). Chemical characterization from amazon species for energetic purposes, I Fórum de Anatomistas de Madeira da Amazônia,
- de Araújo, R.D., do Nascimento, C.C., do Nascimento, C.S., Kroessin, A., de Paula, E.V.C.M., and Higuchi, N., (2024). Evaluation of conventional and microwave drying of tropical Amazonian wood indicated for the manufacture of EGP (Edge Glued Panels). Scientia Plena, 20(5).
- DIN 5033, (1979). Deutsche Normen, Farbmessung. Normenausschuß Farbe (FNF) im DIN Deutsches Institut für Normung eV, Beuth, Berlin März.
- Hirobe, C., Furukawa, M., Horiuchi, N., Tanaka, T., Ohki, M., and Shimotsuura, Y., (2004). Sucupira (*Bowdichia nitida*) Useful for Treating Parkinsonian Disease,

- Neurotic Disorder, Depression, etc. and Useful for Removing Cytomegalovirus. *Acupuncture & Electro-Therapeutics Research*, 29(3-4): 291-292. DOI: 10.1177/036012932004029003021.
- ISO 554, (1976). Standard atmospheres for conditioning and/or testing, International Standardization Organization, Geneva, Switzerland.
- Jankowska, A., (2018). Assessment of sorptive properties of selected tropical wood species, *Drvna Industrija*, 69(1): 35-42. DOI: 10.5552/drind.2018.1733.
- Lange, D.R., (1999). *Fundamentals of Colourimetry - Application Report No. 10e*. DR Lange: New York, NY, USA.
- Medeiros, D.T., Melo, R.R., Cademartori, P.H.G., Batista, F.G., and Mascarenha, A.R.P., (2021). Characterization of Amazon woods, *Madera Bosques*, 27(2): e2722209. DOI: 10.21829/myb.2021.2722209.
- Nascimento, C.S., Cruz, I.A., Nascimento, C.C., Araújo, R.D., Higuchi, N., and Santos, J., (2023). Technological properties of wood from small diameter in an area of forest exploitation of reduced impact in the Tropical Forest, *European Journal of Forest Research*, 142(3): 1-15. DOI: 10.1007/s10342-023-01588-3.
- Souza, M. R. de, Teixeira, D. E., Siqueira, M. J., Anacleto, J. E., Ulian, M., and Lecomte, R. (2012). Physical and mechanical properties of Amazon timber species (Project 433/06 R3 (I): “Sustainable model for the Brazilian wood flooring production chain”, Subproject). Brazilian Forest Service (SFB), Forest Products Laboratory (LPF). Retrieved from https://www.itto.int/files/itto_project_db_input/2915/Technical/Physical%20and%20mechanical%20properties%20of%20Amazon%20timber%20species.pdf.
- Souza, M., Magliano, M., and Camargos, J., (1997). *Madeiras tropicais brasileiras*, Brasília, DF: IBAMA. Laboratório de Produtos Florestais, 152 p.

PİYASADA SATILAN FARKLI ÖZELLİKLERE SAHİP AHŞAP KORUYUCU YAĞLARININ YABANI KİRAZ ODUNUNDA UYGULANMASI

Prof. Dr. Hüseyin PEKER¹, Doç. Dr. Göksel ULAY² ve Doç. Dr. Ümit AYATA³

¹Artvin Çoruh Üniversitesi, Orman Fakültesi, Orman Endüstrisi Mühendisliği Bölümü, Artvin, Türkiye

peker100@artvin.edu.tr, ORCID ID: 0000-0002-7771-6993

²Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Van Meslek Yüksekokulu, Malzeme ve Malzeme İşleme Teknolojisi Bölümü, Mobilya Dekorasyon Programı, Van, Türkiye, g.ulay@yyu.edu.tr, ORCID ID: 0000-0003-4080-8816

^{3*}Bayburt Üniversitesi, Sanat ve Tasarım Fakültesi, İç Mimarlık ve Çevre Tasarımı Bölümü, Bayburt, Türkiye

Sorumlu yazar: umitayata@yandex.com, ORCID ID: 0000-0002-6787-7822

Özet

Bu çalışmada, piyasada satılan farklı özelliklere sahip ahşap koruyucu yağlarının [mutfak gereçleri yağı, sauna yağı, tung yağı, parke yağı, masif tezgâh yağı, saman yağı ve teras yağı] yabani kiraz (*Cerasus avium* (L.) Moench) odununda uygulanması sonrasındaki renk parametrelerindeki değişimler incelenmiştir. Renk parametrelerine ait ölçüm sonuçlarına göre bütün yağlara ait uygulamalar ile h^0 ve L^* değerlerinde azalışlar bulunurken, C^* , b^* ve a^* değerleri artışlar tespit edilmiştir. ΔE^* değerleri masif tezgâh yağı ile 8.22, parke yağı ile 8.36, mutfak gereçleri yağı 12.95, teras yağı ile 12.83, sauna yağı ile 17.45, saman yağı ile 18.45 ve tung yağı ile 19.79 olarak hesaplanmıştır. Bütün yağ türleri ahşabın rengini değiştirici özellikte bulunduğu görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: Yabani kiraz, renk değişimi, ahşap koruyucu yağlar

Application of Commercially Available Wood Protective Oils with Different Properties on Wild Cherry Wood

Abstract

This study investigated changes in color parameters following the application of commercially available wood preservative oils with different properties [kitchenware oil, sauna oil, tung oil, parquet oil, solid countertop oil, hay oil, and terrace oil] to wild cherry (*Cerasus avium* (L.) Moench) wood. According to the color parameter measurement results, decreases in h^0 and L^* values were observed with all oil treatments, while increases were observed in C^* , b^* , and a^* values. ΔE^* values were calculated as 8.22 for solid countertop oil, 8.36 for parquet oil, 12.95 for kitchenware oil, 12.83 for terrace oil, 17.45 for sauna oil, 18.45 for hay oil, and 19.79 for tung oil. All oil types were found to alter wood color.

Keywords: Wild cherry, color change, wood preservative oils

1. Giriş

Dış mekân uygulamalarında kullanılan biyolojik bir malzeme olan ahşap, hava koşullarına ve mikroorganizma saldırılarına karşı hassastır. Hizmet ömrünü uzatmak ve hoş görünümünü korumak için abiyotik ve biyotik etkilerden korunması gerekir. Pigmentli kaplamalar veya UV emici içeren kaplamalar, ultraviyole (UV) ışık kaynaklı bozulmayı ve bunun sonucunda ahşap yüzeylerin aşınmasını önlemek için mevcut tek etkili önlemlerdir. UV ışığına ek olarak, ahşap üzerindeki son katların kaplama özellikleri esas olarak ahşap alt tabakanın kendisinden (örneğin, ekstraktif madde içeriği, hücre yapısı) ve nem, ahşabın nem içeriği, sıcaklık, atmosferik kirleticiler (örneğin, asit yağmuru, ozon, azot oksitler, kükürt dioksit) ve mikroorganizmalar gibi ortam faktörlerinden etkilenir (Xie ve ark., 2006).

Ahşap ve ahşap esaslı malzemelerin elemanları yapılar ve iç mekân ürünlerinde yaygın olarak kullanılmaktadır. Ahşabın dış mekân kullanımına dayanıklılığı yalnızca iklimsel faktörlerden değil, aynı zamanda büyük ölçüde cilaya bağlı olan ahşabın mekanik özelliklerinden de etkilenir. Ahşabın mekanik ve fiziksel özellikleri ile çevresel faktörlerin karmaşık etkisi, ahşap yapıların ve diğer ahşap esaslı ürünlerin dayanıklılığını belirler. Amaca bağlı olarak, ahşap yapılar genellikle mevzuata, yapı yönetmeliklerine ve standartlara tabi olan uygun mekanik özelliklere sahip olmalıdır. Bazı durumlarda, yapılar elastik ve çeşitli mekanik yüklere dayanıklı olmalı, diğer durumlarda ise tam tersine titreşimleri ve sesleri sönmüleyebilmeli ve ayrıca engelleyici özelliklere sahip olmalıdır (Forssén ve ark., 2008; Botterman ve ark., 2018; Albrektas ve ark., 2019).

Dış mekân ahşaplarının cilalanması için birçok nüfuz edici yağ veya yağ bazlı doğal ahşap cila formülü mevcuttur. En yaygın yağlar keten tohumu ve tungstendir. Ancak, bu yağlar küf önleyici madde olmadan ahşaba uygulandığında küf için besin kaynağı görevi görebilir. Formüle su itici bir madde eklendiğinde yağlar daha iyi performans gösterir. Tüm bu yağ sistemleri ahşabı korur, ancak ortalama ömürleri yalnızca su itici koruyucular için açıklanan süre kadar olabilir (Feist ve Abdullahi, 2016).

En düşük parlaklık veya ışıltıya sahip doğal cila, yağlı ciladır. Ayrıca, yağın ahşaba daha fazla nüfuz etmesi nedeniyle ahşabın rengini diğer doğal cilalardan daha fazla koyulaştırır. Dahası, yağlar yaşlandıkça çoğu vernik veya vernikten daha fazla koyulaşmaya eğilimlidir. Ancak koyulaşma, ileride açıklanacağı gibi, yağa biraz pigment eklenerek büyük ölçüde düzeltilebilir (Browne, 1951).

Keten tohumu ve tung gibi kuruyan yağlar, iç mekân kullanımı için uygun doğal cilalardır ve su veya yüksek neme maruz kalmayan iç mekân mobilyaları ve diğer iç mekân kullanımları için uygundur. Yağlar, doğal ürünler oldukları ve bu nedenle küf için besin kaynağı oldukları için dış mekânlarda düşük performans gösterirler. Sekoya veya sedir gibi koyu renkli ağaçlarda kullanıldıklarında küf oluşumunu artırma eğilimindedirler. Küf önleyici ile formüle edilseler bile, dış mekânlarda yeterli performans göstermeyebilirler (Williams, 2007).

Yüzey hazırlığı, bitirme işleminin ilk adımıdır. Genellikle planyalama işleminden sonra, ahşap yüzey bitirme işleminden önce bir miktar hazırlığa ihtiyaç duyar. Yüzeyi pürüzsüzleştirmek ve temizlemek, pürüzleri ve bitirme kalitesini etkileyebilecek diğer kusurları gidermek için zımpara kâğıdı, çelik yünü veya çeşitli bitirme pedleri yaygın

olarak kullanılır. Zımpara kâğıdı üretiminde birçok farklı malzeme türü kullanılır. Silisyum karbür, zirkonyum, seramik ve granat en yaygın kullanılan minerallerdir. Zımpara kâğıdının alt katmanı olarak bez, kâğıt veya farklı filmlerin bir kombinasyonu kullanılır (Hiziroglu, 2007).

Bu çalışmada, yabancı kiraz (*Cerasus avium* (L.) Moench) odunu yüzeylerine uygulanan farklı özelliklere sahip ahşap koruyucu yağlarının (mutfak gereçleri yağı, sauna yağı, tung yağı, parke yağı, masif tezgâh yağı, saman yağı ve teras yağı) renk parametreleri üzerindeki etkileri araştırılmıştır.

2. Materyal ve Metot

Yabancı kiraz (*Cerasus avium* (L.) Moench) ağaç türüne ait deney numuneleri 100 mm x 100 mm x 15 mm boyutlarında hazırlanmıştır. Daha sonra iklimlendirme uygulamaları yapılmıştır (ISO 554, 1976). Çalışmada seçilen ahşap türüne ait deney örnekleri ve yağlar (sauna yağı, tung yağı, mutfak gereçleri yağı, parke yağı, masif tezgâh yağı, saman yağı ve teras yağı) satın alınma yolu ile elde edilmiştir. Deney örnekleri üzerine çalışmada satın alınan yağlar bir fırça yardımıyla tek kat olarak uygulanmıştır. CS-10 cihazı ile renk parametrelerinde ki değişimler belirlenmiştir (ASTM D 2244-3, 2007). Ölçümler; gibi parametreleri içermektedir. Kroma farkı ΔC^* ile ton veya gölge farkı ise ΔH^* ile ifade edilmektedir (Lange, 1999). Renk parametrelerine (ΔL^* , Δa^* , Δb^* ve ΔC^*) dair açıklamalar (Lange, 1999) ile toplam renk farkı ΔE^* 'ye ilişkin değerlendirme kriterleri (Jirouš ve Ljuljka, 1999) Çizelge 1'de verilmiştir.

Çizelge 1. ΔL^* , Δa^* , Δb^* ve ΔC^* için bazı önemli açıklamalar (Lange, 1999) ve ΔE^* için kriterler (Jirouš ve Ljuljka, 1999)

Parametre (Lange, 1999)	Pozitif Durumda		Negatif Durumda	
ΔC^*	Referanstan daha net, daha parlak		Mat, referanstan daha bulanık	
ΔL^*	Referanstan daha açık		Referanstan daha koyu	
Δb^*	Referanstan daha sarı		Referanstan daha mavi	
Δa^*	Referanstan daha kırmızı		Referanstan daha yeşil	
Jirouš ve Ljuljka, (1999) için ΔE^* Değerleri	ΔE^* Aralığı	Renk Değişimi	ΔE^* Aralığı	Renk Değişimi
	> 12.00	Çok yoğun	0.50 - 1.50	Hafif
	6.00 - 12.00	Yoğun	0.20 - 0.50	Çok hafif
	3.00 - 6.00	Çok belirgin	< 0.20	Anlaşılamaz
	1.50 - 3.00	Belirgin		

Aşağıdaki formüller ile toplam renk farklılıkları belirlenmiştir.

$$C^* = [(a^*)^2 + (b^*)^2]^{0.5} \quad (1)$$

$$h^\circ = \arctan (b^*/a^*) \quad (2)$$

$$\Delta C^* = (C^* \text{ yağ işlemi görmüş}) - (C^* \text{ yağ işlemi görmemiş}) \quad (3)$$

$$\Delta a^* = (a^* \text{ yağ işlemi görmüş}) - (a^* \text{ yağ işlemi görmemiş}) \quad (4)$$

$$\Delta L^* = (L^* \text{ yağ işlemi görmüş}) - (L^* \text{ yağ işlemi görmemiş}) \quad (5)$$

$$\Delta b^* = (b^* \text{ yağ işlemi görmüş}) - (b^* \text{ yağ işlemi görmemiş}) \quad (6)$$

$$\Delta H^* = [(\Delta E^*)^2 - (\Delta L^*)^2 - (\Delta C^*)^2]^{0.5} \quad (7)$$

$$\Delta E^* = [(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2]^{0.5} \quad (8)$$

Varyans analizleri, maksimum ile minimum değerleri, standart sapmaları, homojenlik grupları, ortalamalar ve % değişim oranları bir istatistik programı ile hesaplanmıştır.

3. Bulgular ve Tartışma

Renk parametrelerine ait varyans analizi sonuçları Çizelge 2’de verilmiştir. Renk parametreleri üzerinde yağ türü faktörü anlamlı olarak bulunmuştur (Çizelge 2).

Çizelge 2. Renk parametrelerine ait varyans analizi sonuçları

Test	Varyans Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Ortalama Kare	F Değeri	$\alpha \leq 0.05$ (*: Anlamlı)
L^*	Yağ Türü	1750.012	7	250.002	2426.194	0.000*
	Hata	7.419	72	0.103		
	Toplam	285175.006	80			
	Düzeltilmiş Toplam	1757.431	79			
a^*	Yağ Türü	886.081	7	126.583	3281.527	0.000*
	Hata	2.777	72	0.039		
	Toplam	17632.965	80			
	Düzeltilmiş Toplam	888.859	79			
b^*	Yağ Türü	734.560	7	104.937	1275.761	0.000*
	Hata	5.922	72	0.082		
	Toplam	67078.980	80			
	Düzeltilmiş Toplam	740.483	79			
C^*	Yağ Türü	1242.223	7	177.460	2260.459	0.000*
	Hata	5.652	72	0.079		
	Toplam	84708.492	80			
	Düzeltilmiş Toplam	1247.876	79			
h^0	Yağ Türü	1206.333	7	172.333	1385.175	0.000*
	Hata	8.958	72	0.124		
	Toplam	325610.126	80			
	Düzeltilmiş Toplam	1215.291	79			

Test sütunu için: ışıklılık: L^* , kırmızı renk tonu: a^* , sarı renk tonu: b^* , kroma: C^* ve ton açısı: h^0

Renk parametrelerine ait ölçüm sonuçları Çizelge 3’de gösterilmiştir. Farklı türlerde hazırlanmış olan bütün yağlara ait uygulamalar ile h^0 ve L^* değerlerinde azalışlar bulunmuştur. En yüksek h^0 ve L^* değerleri sırası ile 68.19 ve 67.68 olarak kontrol deney örneklerinde belirlenmiştir. Uygulanmış olan bütün yağlar tarafından ölçülen b^* ve a^* değerlerinde artışlar elde edilmiştir. En düşük b^* ve a^* değerleri sırası ile 21.90 ve 8.80 olarak kontrol deney örneklerinde tespit edilmiştir. Buna ek olarak C^* değerlerinde de bütün yağ türleri tarafından artışlar tespit edilmiştir. En düşük C^* değeri 23.60 olarak yağ uygulamasının yapılmadığı kontrol deney örnekleri üzerinde belirlenmiştir (Çizelge 3).

Çizelge 3. Renk parametrelerine ait ölçüm sonuçları

Test	Yağ Türü	Ortalama	Değişim (%)	Homojenlik Grubu	Standart Sapma	Minimum	Maksimum	Varyasyon Katsayısı
L^*	Uygulama yok	67.68	-	A*	0.14	67.50	67.90	0.21
	Teras yağı	59.85	↓11.57	D	0.13	59.71	60.14	0.21
	Masif tezgâh yağı	62.54	↓7.59	B	0.11	62.43	62.80	0.18
	Parke yağı	62.81	↓7.20	B	0.24	62.50	63.31	0.38
	Sauna yağı	56.56	↓16.43	E	0.15	56.28	56.77	0.27
	Saman yağı	53.61	↓20.79	F	0.34	53.11	54.13	0.63
	Tung yağı	52.88	↓21.87	G**	0.75	52.06	53.97	1.43
	Mutfak gereçleri yağı	60.25	↓10.98	C	0.10	60.05	60.37	0.17
a^*	Uygulama yok	8.80	-	H**	0.12	8.65	8.96	1.40
	Teras yağı	13.43	↑52.61	E	0.17	13.19	13.70	1.29
	Masif tezgâh yağı	11.88	↑35.00	G	0.16	11.67	12.20	1.32
	Parke yağı	12.66	↑43.86	F	0.21	12.29	12.98	1.62
	Sauna yağı	17.46	↑98.41	C	0.27	17.07	17.82	1.56
	Saman yağı	17.73	↑101.48	B	0.22	17.44	18.14	1.25
	Tung yağı	19.55	↑122.16	A*	0.22	19.23	19.84	1.10
	Mutfak gereçleri yağı	14.22	↑61.59	D	0.16	14.03	14.54	1.15

<i>b*</i>	Uygulama yok	21.90	-	F**	0.11	21.75	22.07	0.49
	Teras yağı	30.95	↑41.32	B	0.30	30.44	31.35	0.98
	Masif tezgâh yağı	27.54	↑25.75	E	0.35	27.12	28.20	1.27
	Parke yağı	27.49	↑25.53	E	0.39	27.00	28.08	1.43
	Sauna yağı	32.20	↑47.03	A*	0.17	31.98	32.49	0.53
	Saman yağı	29.82	↑36.16	C	0.40	29.33	30.38	1.33
	Tung yağı	29.45	↑34.47	D	0.29	29.17	29.91	0.97
	Mutfak gereçleri yağı	31.02	↑41.64	B	0.10	30.87	31.17	0.31
<i>C*</i>	Uygulama yok	23.60	-	H**	0.11	23.49	23.80	0.46
	Teras yağı	33.72	↑42.88	E	0.30	33.26	34.09	0.89
	Masif tezgâh yağı	29.99	↑27.08	G	0.36	29.57	30.63	1.19
	Parke yağı	30.27	↑28.26	F	0.41	29.67	30.85	1.37
	Sauna yağı	36.63	↑55.21	A*	0.10	36.43	36.80	0.28
	Saman yağı	34.70	↑47.03	C	0.43	34.21	35.34	1.24
	Tung yağı	35.35	↑49.79	B	0.15	35.19	35.63	0.42
	Mutfak gereçleri yağı	34.13	↑44.62	D	0.09	33.98	34.34	0.27
<i>h^o</i>	Uygulama yok	68.19	-	A*	0.30	67.81	68.65	0.44
	Teras yağı	66.72	↓2.16	B	0.32	66.24	67.27	0.47
	Masif tezgâh yağı	66.67	↓2.23	B	0.26	66.33	67.03	0.38
	Parke yağı	65.27	↓4.28	C	0.31	64.69	65.56	0.47
	Sauna yağı	61.52	↓9.78	D	0.48	60.96	62.24	0.78
	Saman yağı	59.26	↓13.10	E	0.24	58.90	59.64	0.41
	Tung yağı	56.43	↓17.25	F**	0.53	55.82	57.21	0.94
	Mutfak gereçleri yağı	65.37	↓4.14	C	0.28	64.77	65.69	0.43
Uygulama yok: Herhangi bir yağ uygulamasına sahip olmayan deney örneklerini temsil etmektedir. Ölçüm Sayısı: 10, Homojenlik Grubu Sütunu için *: En yüksek sonuç, **: En düşük sonuç Işıklılık: <i>L*</i> , kırmızı renk tonu: <i>a*</i> , sarı renk tonu: <i>b*</i> , kroma: <i>C*</i> ve ton açısı: <i>h^o</i>								

Toplam renk farklılıklarına ait sonuçlar Çizelge 4’de verilmiştir. Bütün yağ uygulamaları sonrasında ΔL^* değerleri negatif (referanstan daha koyu), Δa^* değerleri pozitif (referanstan daha kırmızı), Δb^* değerleri pozitif (referanstan daha sarı) ve ΔC^* değerleri ise pozitif (referanstan daha net, daha parlak) olarak elde edilmiştir. ΔE^* değerlerine ait sonuçlar renk kriteri (Jirouš ve Ljuljka, 1999) ile kıyaslandığında masif tezgâh yağı ve parke yağı uygulamalarına ait yüzeylerde “yoğun (6.00 - 12.00)” kriteri bulunurken, diğer bütün yağlara ait uygulamalardan elde edilen yüzeyler üzerinde ise “çok yoğun (> 12.00)” kriteri elde edilmiştir (Çizelge 4).

Çizelge 4. Toplam renk farklılıklarına ait sonuçlar

Yağ Türü	ΔL^*	Δa^*	Δb^*	ΔC^*	ΔH^*	ΔE^*	Renk Kriteri (Jirouš ve Ljuljka, 1999)
Masif tezgâh yağı	-5.13	3.07	5.64	6.39	0.65	8.22	Yoğun (6.00 - 12.00)
Parke yağı	-4.87	3.86	5.59	6.67	1.31	8.36	
Mutfak gereçleri yağı	-7.42	5.42	9.12	10.52	1.33	12.95	Çok yoğun (> 12.00)
Teras yağı	-7.82	4.63	9.05	10.12	1.01	12.83	
Sauna yağı	-11.12	8.66	10.30	13.03	3.37	17.45	
Saman yağı	-14.07	8.93	7.92	11.09	4.40	18.45	
Tung yağı	-14.80	10.74	7.55	11.75	5.87	19.79	

4. Sonuçlar

Araştırmada kullanılan bütün yağ türlerinin yabancı kiraz odununa ait rengini değiştirici özellikte bulunduğu sonucuna ulaşılmıştır.

Kaynaklar

- Albrektas, D., Revuckaitė, E., Dobilaitė, V., and Jucienė, M., (2019). Influence of finishing materials on viscous elastic properties of wooden structures, *Drvna Industrija*, 70(1): 89-94. DOI: 10.5552/drvind.2020.1955.
- ASTM D 2244-3, (2007). Standard practice for calculation or color tolerances and color differences from instrumentally measured color coordinates, ASTM International, West Conshohocken, PA.
- Botterman, B., Doudart de la Grée, G.C.H., Hornikx, M.C.J., Yu, Q.L, and Brouwers, H.J.H., (2018). Modelling and optimization of the sound absorption of wood-wool cement boards. *Applied Acoustics*, 129: 144-154. DOI: 10.1016/j.apacoust.2017.07.017.
- Browne, F.L., (1951). Natural wood finishes for exteriors of houses (No. 1908). USDA, Forest Service, Forest Products Laboratory.
- Feist, W.C., and Abdullahi, A.A., (2016). Wood: finishes and coatings. In: Saleem Hashmi (editor-in-chief), *Reference Module in Materials Science and Materials Engineering*. Oxford: Elsevier; 2016. pp. 1-5. ISBN: 978-0-12-803581-8.
- Forssén, J., Kropp, W., Brunskog, J., Ljunggren, S., Bard, D., Sandberg, G., Ljunggren, F., Ågren, A., Hallström, O., Dybro, H., Larsson, K., Tillberg, K., Jarnerö, K., Sjökvist, L.-G., Östman, B., Hagberg, K., Bolmsvik, Å., Olsson, A., Ekstrand, C.-G., and Johansson, M., (2008). Acoustics in wooden buildings. State of the art 2008. Vinnova project 2007-01653. SP Rapport 2008: 16. SP Technical Research Institute of Sweden, Stockholm.
- Hiziroglu, S., (2007). Practical approaches to wood finishing.
- ISO 554, (1976). Standard atmospheres for conditioning and/or testing, International Standardization Organization, Geneva, Switzerland.
- Jirouš, R.V., and Ljuljka, B., (1999). Boja drva i njezine promjene prilikom izlaganja atmosferskim utjecajima, *Drvna Industrija*, 50(1): 31-39.
- Lange, D.R., (1999). *Fundamentals of Colourimetry - Application Report No. 10e*. DR Lange: New York, NY, USA.
- Williams, R.S., (2007). *Finishing of wood*. Agriculture, UD Skyhorse Publishing Inc., New York, NY.
- Xie, Y., Krause, A., Militz, H., and Mai, C., (2006). Coating performance of finishes on wood modified with an N-methylol compound. *Progress in Organic Coatings*, 57(4): 291-300. DOI: 10.1016/j.porgcoat.2006.06.010.

IRONWOOD ODUNUNDA AĞARTMA UYGULAMASI SONRASINDA MEYDANA GELEN YÜZEY DEĞİŞİMLERİNİN ARAŞTIRILMASI

Doç. Dr. Abdi ATILGAN¹, Doç. Dr. Osman ÇAMLIBEL² ve Doç. Dr. Ümit
AYATA³

¹Afyon Kocatepe Üniversitesi, Afyon Meslek Yüksekokulu, İç Mekân Tasarımı
Programı, Afyon, Türkiye
atilgan03@aku.edu.tr, ORCID ID: 0000-0002-5893-2113

²Kırıkkale Üniversitesi, Kırıkkale Meslek Yüksekokulu, Tasarım Bölümü, İç Mekan
Tasarımı Pr., Kırıkkale, Türkiye
osmancamlibel@kku.edu.tr, ORCID ID: 0000-0002-8766-1316

³Bayburt Üniversitesi, Sanat ve Tasarım Fakültesi, İç Mimarlık ve Çevre Tasarımı
Bölümü, Bayburt, Türkiye

Sorumlu yazar: umitayata@yandex.com, ORCID ID: 0000-0002-6787-7822

Özet

Bu çalışmada, ironwood (*Ostrya virginiana*) odununda ağartma [tek komponentli (oksalik asit) ve çift komponentli (sodyum hidroksit ve hidrojen peroksit)] uygulaması sonrasında renk parametreleri, parlaklık değerleri ve beyazlık indeksi (WI^*) değerlerinde meydana gelen değişimler incelenmiştir. Sonuçlara göre, tek ve çift komponentli ağartıcı kimyasallarının ahşap malzeme uygulanması ile C^* , a^* ve b^* parametrelerinde artışlar belirlenmiştir. Tek komponentli ile L^* ve h^o parametrelerinde azalışlar tespit edilmiştir. WI^*_{\perp} değerlerinde tek ve çift komponentli ağartıcı kimyasalları tarafından azalışlar görülmüştür. WI^*_{\parallel} değerlerinde ise tek komponentli ağartıcı tarafından azalış bulunurken, çift komponentli ağartıcı tarafından artış verdiği tespit edilmiştir. ΔE^* değerleri tek komponentli ağartma kimyasalı ile 9.59 ve çift komponentli ağartma kimyasalı ile 9.36 olarak hesaplanmıştır.

Anahtar kelimeler: ironwood, *Ostrya virginiana*, ağartma kimyasalı, renk, parlaklık

The Investigation of Surface Changes Occurring After Bleaching Treatment on Ironwood

Abstract

This study investigated the changes in color parameters, brightness values, and whiteness index (WI^*) values following bleaching treatments [single-component (oxalic acid) and two-component (sodium hydroxide and hydrogen peroxide)] in ironwood (*Ostrya virginiana*). The results indicated that the application of single- and two-component bleaching chemicals to the wood material increased the C^* , a^* , and b^* parameters. Decreases were observed in the L^* and h^o parameters with the single-component bleaching chemicals. Decreases were observed in the WI^*_{\perp} values with the single-component bleaching chemicals. While the single-component bleaching agent decreased the WI^*_{\parallel} values, the double-component bleaching agent increased them. ΔE^* values

were calculated as 9.59 with the single-component bleaching agent and 9.36 with the double-component bleaching agent.

Key words: ironwood, *Ostrya virginiana*, bleaching agent, color, brightness

1. Giriş

Ağartıcılar, ham ahşaptaki doğal aşınma sürecini hızlandıran özel leke bazlı ürünlerdir. Ağartıcılar genellikle keten tohumu yağı bazlı ürünlerdir ve çoğu ahşabın birkaç yıl boyunca doğal koşullara maruz kalmasıyla elde ettiği renge çok benzeyen, tekdüze bir dalgakıran grisi rengi üretmektedir. Bu ürünler genellikle ilk renk için açık gri bir pigmentle hafifçe renklendirilmektedir. Altı ay ila bir yıl boyunca doğal koşullara maruz kaldıktan sonra ahşap doğal gri bir renk almaktadır (Garrison, 2002).

Ağartmanın ahşabın rengini açmaktır. Bu, rengi veren yağların kimyasal olarak parçalanmasıyla sağlanmaktadır. Ağartma genellikle temiz, beyaz lekeli bir görünüm elde etmek için gereklidir. Ahşabın doğal renginin ihtiyaç duyulandan daha koyu olduğu durumlarda da ağartma gereklidir. Bu durum bazen yeni iş ve yeni ahşabı mevcut eski bitmiş işlerle eşleştirirken ortaya çıkmaktadır. Ağartma lekeleri çıkarmaz. Leke çıkarma işlemi ayrı bir işlem gerektirir. İşlem yapılmadığında, ağartma işleminden sonra lekeler hala mevcut olabilmektedir (URL 1).

A ve B veya iki bileşenli ahşap ağartıcısı genellikle iyi stoklanmış bir nalburdan temin edilebilmektedir. Bu tür ağartıcı, ahşapta tutarlı bir renk tonu elde etmek için kullanılır. A bileşeni ağartıcı, B bileşeni ise ağartma etkisini durduran nötrleştiricidir. Ağartıcı ne kadar uzun süre bekletilirse, ahşap o kadar açık renkli olmaktadır (Poore, 1987).

Parlaklık, bir kaplamanın estetik özelliklerinden biridir. Bir yüzeyin yönlendirilmiş ışığı yansıtma yeteneğine dayanmaktadır (Zivkovic, 2004; Gupta ve ark., 2016). Bu özellik, özellikle ürünün estetik görünümünün önemli olduğu durumlarda, bir ürünün kalite değerlendirmesinde sıklıkla önem taşımaktadır (Gupta ve ark., 2016).

Ahşap bir yapının rengi ve cilası, insanların yapıyı nasıl deneyimledikleri konusunda önemli bir unsurdur. Parlaklık seviyeleri de mattan çok parlaklığa kadar değişmektedir ve parlaklık ve renk kombinasyonuna her yeni yapının tasarım aşamasında karar verilmelidir (Bassar, 2021).

Doğu boynuzlu ağacı (*Ostrya virginiana*), Amerikan boynuzlu ağacı, gürgen, levrek ağacı ve “demir ağacı” olarak da bilinmektedir ve sert ağaç ormanlarının alt katmanlarına dağılmış küçük, kısa ömürlü bir ağaçtır. Çok çeşitli topraklarda yavaş ila orta hızda büyümektedir ve son derece sert bir odun üretmektedir. Ağaç, ticari açıdan önemli kereste için yeterince büyük değildir. Ancak yerel olarak kullanılmaktadır. Çekici bir peyzaj ağacıdır ve yaban hayatına sınırlı miktarda tohum sağlamaktadır (Metzger ve ark., 1990). Embriyo tamamen oluştuğunda ancak dış kabuk kurumadan hasat edilen 'yeşil' tohum, soğuk bir çerçeveye hemen ekildiğinde çok iyi çimlenmektedir. Saklanan tohumlar tabakalama gerektirir; 3 ay sıcak, ardından 5 ay soğuk genellikle iyi sonuç vermektedir. Ancak çimlenme 18 ay sürebilmektedir. Bu cinsteki bitkiler bal mantarına karşı oldukça dirençlidir (Huxley, 1992).

Doğu boynuzlu ağaçkakanının tomurcukları ve kedicikleri, kızıl orman tavuğu için titrek kavak ve huş ağacı kadar önemli bir kış yiyeceğidir ve meyveleri sonbaharda ikincil besindir. Sivri kuyruklu orman tavuğu ve yabani hindi için tercih edilen bir besindir ve

daha az oranda bobwhite, kızıl ve gri sincaplar, pamuk kuyruklular, ak kuyruklu geyikler, halka boyunlu sülünler, mor ispinozlar, gül göğüslü ispinozlar ve tüylü ağaçkakanlar tarafından tüketilmektedir (Hamilton, 1974; Halls, 1977; Metzger ve ark., 1990).

Ağaç, yavaş büyümesi ve kirleticilere karşı hassasiyeti nedeniyle genellikle süs bitkisi olarak kullanılmaz (Metzger ve ark., 1990). Çok iyi bir yakıt olarak karşımıza çıkmakta olup, ancak parçalanması neredeyse imkânsız olduğu bildirilmiştir (Lauriault 1989).

Bu çalışmada, ironwood odununda ağartma uygulaması sonrasında meydana gelen yüzey değişimlerine ait sonuçlar incelenmiştir.

2. Materyal ve Metot

Hazırlanmış ironwood (*Ostrya virginiana*) (100 mm x 100 mm x 10 mm boyutlarında) odunu örnekleri kullanılmıştır. İklimlendirme işlemleri gerçekleştirilmiştir (ISO 554, 1976). Araştırmada tek komponentli (oksalik asit) ve çift komponentli (sodyum hidroksit ve hidrojen peroksit) kimyasalları kullanılmıştır. Bir fırça ile kimyasallar ahşap malzemeye uygulanmıştır.

Parlaklık değerleri (ISO 2813, 1994), renk değişimleri (ASTM D 2244-3, 2007) ve beyazlık indeksi (WI^*) değerleri (ASTM E313-15e1, 2015) belirlenmiştir. Toplam renk farklılıkları aşağıdaki formüllere göre belirlenmiştir.

$$h^0 = \arctan (b^*/a^*) \quad (1)$$

$$C^* = [(a^*)^2 + (b^*)^2]^{0.5} \quad (2)$$

$$\Delta C^* = (C^*_{\text{işlemleri}}) - (C^*_{\text{kontrol}}) \quad (3)$$

$$\Delta a^* = (a^*_{\text{işlemleri}}) - (a^*_{\text{kontrol}}) \quad (4)$$

$$\Delta H^* = [(\Delta E^*)^2 - (\Delta L^*)^2 - (\Delta C^*)^2]^{0.5} \quad (5)$$

$$\Delta L^* = (L^*_{\text{işlemleri}}) - (L^*_{\text{kontrol}}) \quad (6)$$

$$\Delta b^* = (b^*_{\text{işlemleri}}) - (b^*_{\text{kontrol}}) \quad (7)$$

$$\Delta E^* = [(\Delta a^*)^2 + (\Delta L^*)^2 + (\Delta b^*)^2]^{0.5} \quad (8)$$

Δa^* , ΔC^* , Δb^* , ΔH^* ve ΔL^* hakkında bilgiler (Lange, 1999):

ΔH^* : Ton bölümü veya gölge farkı,

ΔL^* : Pozitif durumda referans ile kıyaslandığında daha açık ve negatif durumda referans ile kıyaslandığında daha koyu,

Δa^* : Pozitif durumda referans ile kıyaslandığında daha kırmızı ve negatif durumda referans ile kıyaslandığında daha yeşil,

Δb^* : Pozitif durumda referans ile kıyaslandığında daha sarı ve negatif durumda referans ile kıyaslandığında daha mavi,

ΔC^* : Pozitif durumda referans ile kıyaslandığında daha net, daha parlak, kroma kısmı veya doygunluk farkı, Negatif durumda mat, referans ile kıyaslandığında daha bulanık.

ΔE^* için kriterler (DIN 5033, 1979) Çizelge 1’de verilmiştir.

Çizelge 1. ΔE^* için kriterler (DIN 5033, 1979)

ΔE^* değeri	Görsel fark	ΔE^* değeri	Görsel fark
<0.20	Algılanamaz	3.00 ila 6.00	Çok belirgin
0.20 ila 0.50	Çok zayıf	6.00 ila 12.00	Güçlü
0.50 ila 1.50	Zayıf	> 12.00	Çok güçlü
1.50 ila 3.00	Belirgin		

Bir istatistik programı ile homojenlik grupları, en düşük ve en yüksek ölçümlere ait veriler, varyans analizleri, ortalamalar, % değişim oranları, standart sapma hesaplanmıştır.

3. Bulgular ve Tartışma

ΔE^* değerleri tek komponentli ağartma kimyasalının ahşap malzeme yüzeylerine uygulanması ile 9.59 olarak bulunurken, çift komponentli ağartma kimyasalının ahşap malzeme yüzeylerine 9.36 olarak elde edilmiştir. Her iki ağartma kimyasalına ait uygulamalar ile Δa^* değerleri pozitif (referans ile kıyaslandığında daha kırmızı), Δb^* değerleri pozitif (referans ile kıyaslandığında daha sarı) ve ΔC^* değerleri pozitif (referans ile kıyaslandığında daha net, daha parlak) olarak elde edilmiştir. ΔL^* değerleri tek komponentli ağartma uygulaması ile negatif (referans ile kıyaslandığında daha koyu) olarak tespit edilirken, çift komponentli ağartma uygulaması ile pozitif (referans ile kıyaslandığında daha açık) olarak bulunmuştur. Renk kriteri açısından (DIN 5033, 1979) bakıldığında Her iki ağartma kimyasalına ait uygulamalar ile “güçlü (6.00 ila 12.00)” kriterinin elde edildiği görülmektedir (Çizelge 2).

Çizelge 2. Toplam renk farklılıklarına ait sonuçlar

Kimyasal Türü	ΔL^*	Δa^*	Δb^*	ΔC^*	ΔH^*	ΔE^*	Renk Kriteri (DIN 5033, 1979)
Tek Komponentli	-4.47	7.90	3.10	8.29	1.79	9.59	Güçlü (6.00 ila 12.00)
Çift Komponentli	5.64	0.41	7.45	5.38	5.17	9.36	

Çizelge 3’de bütün testlere ait ölçüm sonuçları verilmiştir.

Çizelge 3. Ölçüm sonuçları

Test	Kimyasal Türü	Minimum	Maksimum	Ortalama	Değişim (%)	HG *: En yüksek sonuç, **: En düşük değer	SS	COV
L^*	X	40.91	42.40	41.82	-	B	0.44	1.05
	Y	36.20	38.41	37.36	↓10.66	C**	0.82	2.19
	Z	46.19	49.11	47.47	↑13.51	A*	0.87	1.83
a^*	X	15.10	18.31	17.40	-	B**	0.95	5.47
	Y	24.95	25.70	25.30	↑45.40	A*	0.24	0.93
	Z	16.67	19.06	17.81	↑2.36	B	0.94	5.30
b^*	X	10.92	13.06	12.59	-	C**	0.62	4.89
	Y	14.75	16.54	15.68	↑24.54	B	0.68	4.31
	Z	19.21	20.71	20.04	↑59.17	A*	0.45	2.22
C^*	X	18.64	22.49	21.48	-	C**	1.10	5.11
	Y	29.09	30.37	29.77	↑38.59	A*	0.48	1.60
	Z	25.43	28.14	26.86	↑25.05	B	0.86	3.21
h^o	X	34.95	37.40	35.89	-	B	0.75	2.08
	Y	30.39	33.08	31.78	↓11.45	C**	1.03	3.26
	Z	46.19	50.24	48.29	↑34.55	A*	1.40	2.89
$\perp 20^o$	X	0.10	0.10	0.10	-	A	0.00	0.00
	Y	0.10	0.10	0.10	0.00	A	0.00	0.00
	Z	0.10	0.10	0.10	0.00	A	0.00	0.00
$\perp 60^o$	X	0.40	0.80	0.60	-	A*	0.21	35.14
	Y	0.20	0.20	0.20	↓66.67	B**	0.00	0.00
	Z	0.20	0.40	0.26	↓56.67	B	0.08	32.43
$\perp 85^o$	X	0.40	0.80	0.60	-	A*	0.21	35.14
	Y	0.10	0.10	0.10	↓83.33	B**	0.00	0.00
	Z	0.10	0.10	0.10	↓83.33	B**	0.00	0.00
$\perp 20^o$	X	0.10	0.30	0.16	-	A*	0.08	52.70

	Y	0.10	0.10	0.10	↓37.50	B**	0.00	0.00
	Z	0.10	0.10	0.10	↓37.50	B**	0.00	0.00
60°	X	1.20	1.80	1.36	-	A*	0.25	18.08
	Y	0.60	1.20	0.84	↓38.24	B	0.24	28.17
	Z	0.50	0.60	0.56	↓58.82	C**	0.05	9.22
85°	X	1.30	1.60	1.52	-	A*	0.12	8.09
	Y	0.10	0.10	0.10	↓93.42	B**	0.00	0.00
	Z	0.10	0.10	0.10	↓93.42	B**	0.00	0.00
WI* (⊥)	X	7.30	9.30	8.20	-	A*	0.80	9.71
	Y	4.40	4.90	4.54	↓44.63	B**	0.20	4.31
	Z	8.00	8.60	8.16	↓0.49	A	0.24	2.90
WI* ()	X	4.90	5.40	5.17	-	B	0.24	4.56
	Y	2.20	2.70	2.48	↓52.03	C**	0.20	8.24
	Z	7.00	7.20	7.12	↑37.72	A*	0.08	1.11
COV: Varyasyon Katsayısı, Ölçüm Sayısı: 10, HG: Homojenlik Grubu, SS: Standart Sapma, X: Kontrol, Y: Tek Komponentli, Z: Çift Komponentli								

Tek ve çift komponentli ağartıcı kimyasallarının ahşap malzeme uygulanması ile C^* (sırası ile %38.59 ve %25.05), a^* (sırası ile %45.40 ve %2.36) ve b^* (sırası ile %24.54 ve %59.17) parametrelerinde artışlar görülmüştür. L^* ve h^o değerlerinde ise farklı durumlar elde edilmiştir. Tek komponentli ile L^* parametresinde %10.66 oranında ve h^o parametresinde %11.45 oranında azalış bulunurken, çift komponentli ile L^* parametresinde %13.51 oranında ve h^o parametresinde %34.55 oranında artış tespit edilmiştir. Bütün parlaklık testlerinde azalışlar bulunmuştur. $WI^*\perp$ değerlerinde tek ve çift komponentli ağartıcı kimyasalları tarafından azalışlar görülmüştür. $WI^*\parallel$ değerlerinde ise tek komponentli ağartıcı tarafından %52.03 oranı ile azalış bulunurken, çift komponentli ağartıcı tarafından %37.72 oranı ile artış tespit edilmiştir (Çizelge 3). Varyans analizi sonuçları Çizelge 4’de verilmiştir. Ölçülen testlerden birisi olan $\perp 20^\circ$ ’de parlaklık değeri dışındaki bütün testler üzerinde ağartma kimyasalı türü anlamlı olarak belirlenmiştir (Çizelge 4).

Çizelge 4. Varyans analizi sonuçları

Varyans Kaynağı	Test	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Ortalama Kare	F Değeri	$\alpha \leq 0.05$ (*: Anlamlı)
Ağartma Kimyasalı Türü	L^*	513.478	2	256.739	475.672	0.000*
	a^*	395.641	2	197.821	320.457	0.000*
	b^*	280.220	2	140.110	406.263	0.000*
	C^*	354.104	2	177.052	244.212	0.000*
	h^o	1476.918	2	738.459	618.585	0.000*
	$\perp 20^\circ$ parlaklık	0.000	2	0.000		
	$\perp 60^\circ$ parlaklık	0.931	2	0.465	27.078	0.000*
	$\perp 85^\circ$ parlaklık	1.667	2	0.833	56.250	0.000*
	$\parallel 20^\circ$ parlaklık	0.024	2	0.012	5.062	0.014*
	$\parallel 60^\circ$ parlaklık	3.296	2	1.648	41.507	0.000*
	$\parallel 85^\circ$ parlaklık	13.443	2	6.721	1334.382	0.000*
	$WI^*(\perp)$	88.339	2	44.169	182.128	0.000*
	$WI^*(\parallel)$	108.561	2	54.280	1570.814	0.000*

4. Sonuçlar

Araştırmada kullanılan ağartma kimyasallarının ironwood odununa ait renk parametrelerini, WI^* değerlerine ve parlaklık değerlerini değiştirici özellikte bulunduğu sonucuna ulaşılmıştır.

Kaynaklar

- ASTM D 2244-3, (2007). Standard practice for calculation of color tolerances and color differences from instrumentally measured color coordinates, ASTM International, West Conshohocken, PA.
- ASTM E313-15e1, (2015). Standard practice for calculating yellowness and whiteness indices from instrumentally measured color coordinates, ASTM International, West Conshohocken, PA.
- Bässar, A., (2021). Challenges in flame retardant wood coatings, Laboratory of Polymer Technology, Faculty of Science and Engineering, Åbo Akademi University, Turku, Finland.
- DIN 5033, (1979). Deutsche Normen, Farbmessung. Normenausschuß Farbe (FNF) im DIN Deutsches Institut für Normung eV, Beuth, Berlin März.
- Garrison, E. M., (2002). The Graphic Standards Guide to Architectural Finishes: Using Masterspec to Evaluate, Select, and Specify Materials. John Wiley & Sons.
- Gupta, S., Singh, C.P., and Kumar, V.K., (2016). Gloss of four common wood coatings measured before and after their exposure to high humidity, Revista Ciência da Madeira (Brazilian Journal of Wood Science), 7(2). DOI: 10.12953/2177-6830/rcm.v7n2p94-99.
- Halls, L.K., (1977). Southern fruit-producing woody plants used by wildlife. USDA Forest Service, General Technical Report SO-16. Southern Forest Experiment Station, New Orleans, LA. 154 p.
- Hamilton, T.S., Jr. (1974). Eastern hophornbeam. In Shrubs and vines for northeastern wildlife. p. 83-85. John D. Gill and William M. Healy, comp. USDA Forest Service, General Technical Report NE-g. Northeastern Forest Experiment Station, Broomall, PA.
- Huxley, A., (1992). The New RHS Dictionary of Gardening. MacMillan Press. ISBN: 0-333-47494-5.
- ISO 2813, (1994). Paints and varnishes - determination of specular gloss of non-metallic paint films at 20 degrees, 60 degrees and 85 degrees, International Organization for Standardization, Geneva, Switzerland.
- ISO 554, (1976). Standard atmospheres for conditioning and/or testing, International Standardization Organization, Geneva, Switzerland.
- Lange, D.R., (1999). Fundamentals of Colourimetry - Application Report No. 10e. DR Lange: New York, NY, USA.
- Lauriault, J., (1989). Identification Guide to the Trees of Canada Fitzhenry and Whiteside, Ontario. ISBN: 0889025649.
- Metzger, F.T., Burns, R.M., and Honkala, B.H., (1990). *Ostrya virginiana* (Mill.) K. Koch eastern hophornbeam, Silvics of North America. USDA Forest Service, Washington, DC, 490-496.
- Poore, J., (1987). The Old-House restoration technique Journal, The Greek revival house, Vol. XV, No: 3, May/June 1987, page 37.
- URL 1. Bleaching Wood, Daly's Wood Finishing Products, <https://www.dalyswoodfinishes.com/PDF/Bleaching%20Wood%202.pdf>, 05.05.2023.
- Yamamoto, A., Rohumaa, A., Hughes, M., Vuorinen, T., and Rautkari, L., (2017). Surface modification of birch veneer by peroxide bleaching, Wood Science and Technology, 51: 85-95. DOI: 10.1007/s00226-016-0880-7.
- Zivkovic, V., (2004). Gloss and gloss measurement, Drvna Industrija, 55(3): 145-150.

ISIL İŞLEM GÖRMÜŞ İSVEÇ ÇAMINDA TAŞ VERNİĞİ VE SICAK SU BUHARININ RENK ÖZELLİKLERİNE ETKİSİ

Doç. Dr. Göksel ULAY¹, Prof. Dr. Hüseyin PEKER² ve Doç. Dr. Ümit AYATA³

¹Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Van Meslek Yüksekokulu, Malzeme ve Malzeme İşleme Teknolojisi Bölümü, Mobilya Dekorasyon Programı, Van, Türkiye
g.ulay@yyu.edu.tr, ORCID ID: 0000-0003-4080-8816,

²Artvin Çoruh Üniversitesi, Orman Fakültesi, Orman Endüstrisi Mühendisliği Bölümü, Artvin, Türkiye

peker100@artvin.edu.tr, ORCID ID: 0000-0002-7771-6993

³Bayburt Üniversitesi, Sanat ve Tasarım Fakültesi, İç Mimarlık ve Çevre Tasarımı Bölümü, Bayburt, Türkiye

Sorumlu yazar: umitayata@yandex.com, ORCID ID: 0000-0002-6787-7822

Özet

Bu çalışmada, ısıtılmış (212°C'de 2 saat süre) ve görmemiş İsveç çamı (*Pinus contorta*) odununda taş verniği ve sıcak su buharının renk parametreleri özellikleri üzerine etkisi incelenmiştir. Bu amaçla taş verniği uygulandıktan sonra elde edilen katmanlar 30 ve 60 dakika süreleri boyunca sıcak su buharı maruziyetine bırakılmıştır. Isıtılmış uygulamaya sahip olmayan ama taş verniği ile verniklenmiş deney örnekleri üzerinde yapılan sıcak su buharı uygulamalarından sonra L^* parametresinde 30 dakika uygulaması ile artış, 60 dakika ile azalış, a^* parametresinde 30 ve 60 dakika ile artış, b^* ve C^* parametrelerinde 30 dakika uygulaması ile azalış, 60 dakika ile artış, h^0 parametresinde 30 ve 60 dakika ile azalışlar belirlenmiştir. Isıtılmış uygulamaya sahip olan ve taş verniği ile verniklenmiş deney örnekleri üzerinde yapılan sıcak su buharı uygulamalarından sonra ise h^0 , b^* ve L^* parametrelerinde 30 ve 60 dakika ile artışlar, a^* parametresinde 30 ve 60 dakika ile azalış, C^* parametresinde 30 dakika uygulaması ile azalış, 60 dakika ile artışlar tespit edilmiştir.

Anahtar kelimeler: İsveç çamı, *Pinus contorta*, taş verniği, sıcak su buharı, renk,

Effect of Stone Varnish and Hot Water Steam on Color Properties of Heat-Treated Lodgepole Pine

Abstract

In this study, the effects of stone varnish and hot water steam on the color parameters of heat-treated (212°C for 2 h) and untreated Lodgepole pine (*Pinus contorta*) wood were investigated. For this purpose, the layers obtained after the application of stone varnish were exposed to hot water steam for 30 and 60 min. After the hot water steam treatments on test samples varnished with stone varnish but not heat-treated, an increase in the L^* parameter was determined with 30 min of treatment and a decrease with 60 min; an increase in the a^* parameter with 30 and 60 min; a decrease in the b^* and C^* parameters with 30 min of treatment and a decrease with 60 min; and a decrease in the h^0 parameter with 30 and 60 min. After hot water steam applications on test samples that had heat treatment and were varnished with stone varnish, increases in the h^0 , b^* and L^* parameters

with 30 and 60 min, decreases in the a^* parameter with 30 and 60 min, decreases in the C^* parameter with 30 min application and increases with 60 min were detected.

Keywords: Lodgepole pine, *Pinus contorta*, stone varnish, hot water vapor, color,

1. Giriş

Modern pazarda, ahşap için dış ve iç olmak üzere birkaç koruyucu kaplama grubu ayırt edilebilmektedir. Açık havada kullanımda, önemli sıcaklık ve nem değişikliklerine, nem ve toprakla uzun süreli temasa ve küf sporları ve böcek larvalarının bulaşma olasılığına karşı dayanıklılık varsayılmaktadır. İç mekân ürünlerinde ise çoğunlukla son kat ve dekoratif kaplama olarak kullanılırlar. Bu ürün grubu için üretici genellikle aşınma direnci sınıfını belirtmektedir (Ivanchenko ve Horbachova, 2024).

Genel olarak boya ve vernik, yüzeylere dekorasyon, koruma veya her ikisi için uygulanır. Boya ve vernik arasındaki temel fark, boyanın süspansiyon halinde önemli miktarda pigment adı verilen ve taşıyıcı olarak bilinen sıvı kısımda büyük ölçüde çözünmeyen bir madde içermesidir. Diğer yandan vernik, içinde bulunan reçine veya mumların çoğunlukla çözelti halinde olduğu bir sıvıdan oluşmaktadır. Bir boyanın sıvı kısmı, yani taşıyıcı kısmı, genellikle kolaylık olması açısından iki sınıfa ayrılabilir bir dizi madde içermektedir. Atmosferik basınçta bir buhar akımında uçucu olanlar uçucu tineri oluşturmaktadır; sıvı kısmın geri kalanı ise uçucu olmayan taşıyıcı olarak adlandırılmaktadır (Stratton, 1920).

Vernik genellikle ahşaba uygulanmaktadır ve bu işleme vernikleme denmektedir. Vernikleme işlemi için, sıradan boya fırçaları yerine, vernikleme fırçası adı verilen özel (ince tüylü) fırçalar kullanılmaktadır. Vernik, tamamen cilalı bir yüzey elde edilene kadar birkaç kat halinde uygulanmaktadır (Varghese, 2015).

Vernikler, filmin kuruma şekline göre iki ana sınıfa ayrılabilir. En büyük ve en önemli olan birinci sınıf vernikler, yağ vernikleri olarak bilinmektedir. Bu vernikler, esas olarak sert ve elastik bir film oluşturan yağın oksidasyonu ile kurumaktadır. Bu yağ verniklerindeki ikincil kuruma, uçucu taşıyıcının buharlaşması ve bileşenlerin polimerizasyonu ile oluşmaktadır. Genel olarak, bir yağ verniğinin kuruması kimyasal niteliktedir (Brecher 1922).

Vernik, film oluşturan bir diğer son kattır. Ancak vernikler şeffaf olduğundan, çekici görünmeleri için sık bakım gerektirirler. Güneş ışığı hem verniği hem de hemen altındaki ahşap liflerini bozmaktadır. Bazı vernikler UV radyasyonunu kısmen engelleyen kimyasallar içermektedir. Ancak verniklerin hepsi kısa sürede çatlamaya, soyulmaya ve dökülmeye başlamaktadır ve fotokimyasal olarak bozulmuş ahşabın liflerini de beraberinde götürmektedir. Bu bozulma meydana gelir gelmez ahşabın temizlenip yeniden verniklenmesi gerekmektedir. Vernik, doğrudan güneş ışığına maruz kalan ahşapta yalnızca 1-2 yıl, gölgeli ahşapta ise daha uzun süre dayanmaktadır. Verniğin ömrü, önce ahşabı boyayıp ardından birçok kat vernik uygulayarak uzatılabilir (Anonim, 2013).

Yağlı cila veya vernik cilasının aksine, vernik, ahşap yüzeyini kaplayan, gözle görülür kalınlıkta, oldukça parlak bir kaplama oluşturmaktadır. Vernik, başlangıçta ahşabın rengini bir vernik kadar koyulaştırmayabilir. Ancak zamanla verniğin kendisindeki değişiklik, ahşap verniğine göre daha fazla koyulaşmaya neden olabilmektedir. Ön kapılar ve dış cephe ahşap işçiliğinin nispeten küçük diğer alanlarını verniklemek uzun zamandır yaygın bir uygulamadır. Ancak verniğin yüksek parlaklığı, bir evin dış cephe

kaplaması gibi geniş alanlarda doğal bir yüzey elde etmek için nadiren istenen bir özelliktir (Browne, 1951).

Ahşabın değişken atmosfer koşullarındaki zayıf boyutsal kararlılığı ve birçok türün düşük dayanıklılığı, lignoselülozik malzemenin nem emilimini sınırlayan stabilizasyon işlemi araştırmalarına yol açmıştır. Son on yıldır Fransa ve Avrupa’da incelenen işlemlerden biri, ahşabın türüne ve ulaşılabilecek fiziksel-mekanik özelliklere bağlı olarak yaklaşık 180°C ile 250°C arasında değişen sıcaklıklarda ısıl işleme tabi tutulmasıdır. Temel amaç, kontrollü atmosferde yumuşak bir piroliz reaksiyonu olarak ısıl işlem uygulayarak bazı bileşenlerinin kimyasal yapısını üç boyutlu olarak değiştirerek ahşabın hidrofilik davranışını azaltmaktır. Piroliz işleminin gerçekleştirilme şekli ve süreçte yer alan çeşitli parametrelerin seçimi, nihai ürünün özelliklerini etkilemektedir (Vernois, 2001).

Bu çalışmada, ısıl işlem görmüş (212 derecede 2 saat süre) ve görmemiş İsveç çamı (*Pinus contorta*) odununda taş verniği uygulandıktan sonra 30 ve 60 dakika süreleri boyunca maruz bırakılan sıcak su buharının renk parametreleri üzerine etkileri araştırılmıştır.

2. Materyal ve Metot

Bu çalışmada, İsveç çamı (*Pinus contorta*) odunu kullanılmıştır. Deney örnekleri 100 mm x 100 mm x 20 mm boyutlarında hazırlanmıştır. Hazırlanan numuneler, ISO 554 (1976) standardına uygun olarak iklimlendirilmiştir. 212°C’de 2 saat süre ile ısıl işlem görmüş ve görmemiş ahşap malzemeler ile taş verniği satın alınarak elde edilmiştir. Isıl işlemler ve işlemsiz olan ahşap yüzeyler, 120, 150 ve 220 grit zımpara kâğıtları kullanılarak zımparalanmıştır. Daha sonra yüzeyler toz ve kalıntılardan arındırılmıştır. Taş verniği, zımparalanıp temizlenmiş ahşap yüzeylere fırça kullanılarak 2 kat halinde uygulanmıştır. Daha sonra, 2 hafta süre ile oda koşullarında bekletilmiştir. Su buharına dayanıklılık testi, TS EN 438-2+A1, (2019) standardına göre yapılmıştır. 30 ve 60 dakika süreleri boyunca sıcak su buharına maruz kalmış ve kalmamış olan verniklenmiş deney örneklerine ait renk parametreleri [kroma (C^*), kırmızı (a^*) renk tonu, ışıklılık (L^*), sarı (b^*) renk tonu ve ton (h°) açısı] (ASTM D 2244-3, 2007) ölçülmüştür. ΔC^* : kroma kısmı veya doygunluk farkı ve ΔH^* : ton bölümü veya gölge farkı olmaktadır (Lange, 1999). ΔL^* , Δa^* , Δb^* ve ΔC^* için bazı önemli açıklayıcı bilgiler (Lange, 1999) ve ΔE^* için kriterler (Jirouš ve Ljuljka, 1999) Çizelge 1’de sunulmaktadır.

Çizelge 1. ΔL^* , Δa^* , Δb^* ve ΔC^* için bazı önemli açıklayıcı bilgiler (Lange, 1999) ve ΔE^* için kriterler (Jirouš ve Ljuljka, 1999)

Parametre (Lange, 1999)	Pozitif Durumda		Negatif Durumda	
ΔC^*	Referanstan daha net, daha parlak		Mat, referanstan daha bulanık	
ΔL^*	Referanstan daha açık		Referanstan daha koyu	
Δb^*	Referanstan daha sarı		Referanstan daha mavi	
Δa^*	Referanstan daha kırmızı		Referanstan daha yeşil	
Jirouš ve Ljuljka, (1999) İçin ΔE^* Değerleri	ΔE^* Aralığı	Renk Değişimi	ΔE^* Aralığı	Renk Değişimi
	> 12.00	Çok yoğun	0.50 - 1.50	Hafif
	6.00 - 12.00	Yoğun	0.20 - 0.50	Çok hafif
	3.00 - 6.00	Çok belirgin	< 0.20	Anlaşılamaz
	1.50 - 3.00	Belirgin		

Aşağıdaki formüller ile toplam renk farklılıkları belirlenmiştir.

$$C^* = [(a^*)^2 + (b^*)^2]^{0.5} \quad (1)$$

$$h^\circ = \arctan (b^*/a^*) \quad (2)$$

$$\Delta C^* = (C^*_{\text{sıcak su buharı uygulamasına sahip deney örneği}}) - (C^*_{\text{işlem görmemiş}}) \quad (3)$$

$$\Delta a^* = (a^*_{\text{sıcak su buharı uygulamasına sahip deney örneği}}) - (a^*_{\text{işlem görmemiş}}) \quad (4)$$

$$\Delta L^* = (L^*_{\text{sıcak su buharı uygulamasına sahip deney örneği}}) - (L^*_{\text{işlem görmemiş}}) \quad (5)$$

$$\Delta b^* = (b^*_{\text{sıcak su buharı uygulamasına sahip deney örneği}}) - (b^*_{\text{işlem görmemiş}}) \quad (6)$$

$$\Delta H^* = [(\Delta E^*)^2 - (\Delta L^*)^2 - (\Delta C^*)^2]^{0.5} \quad (7)$$

$$\Delta E^* = [(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2]^{0.5} \quad (8)$$

Maksimum ile minimum değerleri, homojenlik grupları, ortalamalar, % değişim oranları, standart sapmaları ve varyans analizleri bir istatistik programı ile hesaplanmıştır.

3. Bulgular ve Tartışma

Toplam renk farklılıklarına ait sonuçları Çizelge 2’de ve deney örneklerine ait görüntüleri Şekil 1’de gösterilmektedir.

Çizelge 2. Toplam renk farklılıklarına ait sonuçları

Isıl İşlem Uygulaması	Sıcak Su Buharı Uygulama Süresi	ΔL^* ▼	Δa^* ▼	Δb^* ▼	ΔC^* ▼	ΔH^* ▼	ΔE^* ▼	Renk Kriteri (DIN 5033, 1979)
Yok	30 dakika	0.73	0.04	-1.09	-1.05	0.29	1.31	Hafif (0.50 - 1.50)
		Referanstan daha açık	Referanstan daha kırmızı	Referanstan daha mavi	Mat, referanstan daha bulanık			
	60 dakika	-1.82	1.38	1.94	2.23	0.80	2.99	Belirgin (1.50 - 3.00)
		Referanstan daha koyu	Referanstan daha kırmızı	Referanstan daha sarı	Referanstan daha net, daha parlak			
	Verniğin etkisi	-6.44	0.77	3.88	3.95	0.20	7.55	Yoğun (6.00 - 12.00)
		Referanstan daha koyu	Referanstan daha kırmızı	Referanstan daha sarı	Referanstan daha net, daha parlak			
212°C’de 2 saat süre	30 dakika	2.98	0.42	3.31	3.04	1.37	4.47	Çok belirgin (3.00 - 6.00)
		Referanstan daha açık	Referanstan daha net, daha parlak	Referanstan daha sarı	Referanstan daha net, daha parlak			
	60 dakika	5.04	-0.33	3.61	2.89	2.19	6.21	Yoğun (6.00 - 12.00)
		Referanstan daha açık	Referanstan daha yeşil	Referanstan daha sarı	Referanstan daha net, daha parlak			
	Verniğin etkisi	-13.46	5.55	-1.70	1.08	5.70	14.66	Çok yoğun (> 12.00)
		Referanstan daha koyu	Referanstan daha kırmızı	Referanstan daha mavi	Referanstan daha net, daha parlak			
Isıl işlemin etkisi	-25.27	5.01	6.10	7.38	2.79	26.48	Çok yoğun (> 12.00)	
	Referanstan daha koyu	Referanstan daha kırmızı	Referanstan daha sarı	Referanstan daha net, daha parlak				

Isıl işlem uygulamasının olmadığı deney örnekleri üzerine uygulanan taş verniği katmanlarında sıcak su buharı uygulama süresinin 30 dakika olması ile ΔE^* değerinin 1.31 olarak hesaplanması sonrasında “hafif (0.50 - 1.50)”, 60 dakika olması ile ΔE^* değerinin 2.99 olarak hesaplanması sonrasında “belirgin (1.50 - 3.00)”, verniğin etkisi ise ΔE^* değerinin 7.55 olarak hesaplanması sonrasında “yoğun (6.00 - 12.00)” kriteri şeklinde bulunurken, ısı işlem uygulamasının olduğu deney örnekleri üzerine uygulanan taş verniği katmanlarında ise sıcak su buharı uygulama süresinin 30 dakika olması ile ΔE^* değerinin 4.47 olarak hesaplanması sonrasında “çok belirgin (3.00 - 6.00)”, 60 dakika olması ile ΔE^* değerinin 6.21 olarak hesaplanması sonrasında “yoğun (6.00 - 12.00)”, verniğin etkisi ise ΔE^* değerinin 14.66 olarak hesaplanması sonrasında “çok yoğun (> 12.00)” kriteri şeklinde ede edildikleri görülmektedir (Çizelge 2).

Isıl işlemsiz yüzeye verniklenmiş deney örneği	212 derecede 2 saat sürede ısıl işlemleri gördükten sonra verniklenmiş deney örneği
	
Isıl işlemsiz yüzeye verniklenmiş daha sonra 100°C’de 30 dakika süre ile sıcak su buharına maruz kalmış deney örneği	212 derecede 2 saat sürede ısıl işlemleri gördükten sonra verniklenmiş daha sonra 100°C’de 30 dakika süre ile sıcak su buharına maruz kalmış deney örneği
	
Isıl işlemsiz yüzeye verniklenmiş daha sonra 100°C’de 60 dakika süre ile sıcak su buharına maruz kalmış deney örneği	212 derecede 2 saat sürede ısıl işlemleri gördükten sonra verniklenmiş daha sonra 100°C’de 60 dakika süre ile sıcak su buharına maruz kalmış deney örneği
	

Şekil 1. Deney örneklerine ait görüntüleri

Renk parametrelerine ait varyans analizi sonuçları Çizelge 3’de gösterilmiştir. a^* , L^* , b^* , C^* ve h° değerleri için malzeme türü (A), sıcak su buharı uygulaması (B) ve etkileşim (AB) anlamlı olarak tespit edilmiştir (Çizelge 3).

Çizelge 3. Vernik uygulamasına sahip deney örneklerinde sıcak su buharı öncesi ve sonrasındaki renk parametrelerine ait varyans analizi sonuçları

Test	Varyans Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Ortalama Kare	F Değeri	$\alpha \leq 0.05$ (*: Anlamlı)
L^*	Isıl İşlem Uygulaması (A)	12847.774	1	12847.774	88544.160	0.000*
	Sıcak Su Buharı Süresi (B)	40.634	2	20.317	140.022	0.000*

	Etkileşim (AB)	122.199	2	61.100	421.086	0.000*
	Hata	7.835	54	0.145		
	Toplam	222500.766	60			
	Düzeltilmiş Toplam	13018.443	59			
a*	Isıl İşlem Uygulaması (A)	1310.683	1	1310.683	5605.047	0.000*
	Sıcak Su Buharı Süresi (B)	2.731	2	1.365	5.839	0.005*
	Etkileşim (AB)	12.406	2	6.203	26.526	0.000*
	Hata	12.627	54	0.234		
	Toplam	8768.613	60			
	Düzeltilmiş Toplam	1338.447	59			
b*	Isıl İşlem Uygulaması (A)	96.571	1	96.571	227.849	0.000*
	Sıcak Su Buharı Süresi (B)	77.782	2	38.891	91.759	0.000*
	Etkileşim (AB)	49.292	2	24.646	58.150	0.000*
	Hata	22.887	54	0.424		
	Toplam	36977.516	60			
	Düzeltilmiş Toplam	246.532	59			
c*	Isıl İşlem Uygulaması (A)	557.540	1	557.540	1104.868	0.000*
	Sıcak Su Buharı Süresi (B)	66.634	2	33.317	66.024	0.000*
	Etkileşim (AB)	48.288	2	24.144	47.846	0.000*
	Hata	27.250	54	0.505		
	Toplam	45746.408	60			
	Düzeltilmiş Toplam	699.712	59			
h°	Isıl İşlem Uygulaması (A)	3843.361	1	3843.361	4781.250	0.000*
	Sıcak Su Buharı Süresi (B)	16.337	2	8.169	10.162	0.000*
	Etkileşim (AB)	90.383	2	45.192	56.220	0.000*
	Hata	43.407	54	0.804		
	Toplam	270658.822	60			
	Düzeltilmiş Toplam	3993.489	59			

Bu çizelge için çalışmada verniksiz örnek kullanılmamıştır.

Renk parametrelerine ait ölçüm sonuçları Çizelge 4’de sunulmaktadır.

Çizelge 4. Vernik uygulamasına sahip deney örneklerinde sıcak su buharı öncesi ve sonrasındaki renk parametrelerine ait ölçüm sonuçları

Test	Isıl İşlem Uygulaması	Sıcak Su Buharı Uygulama Süresi	Orta-lama	Değişim (%)	Homo-jenlik Grubu	Standart Sapma	Mini-mum	Maksi-mum	COV
L*	Yok	Yok	74.08	-	B	0.36	73.75	74.86	0.48
		30 dakika	74.81	↑0.99	A*	0.20	74.50	75.06	0.27
		60 dakika	72.27	↓2.44	C	0.74	71.43	73.52	1.02
	212°C’de 2 saat süre	Yok	41.78	-	F**	0.16	41.63	42.13	0.37
		30 dakika	44.76	↑7.13	E	0.27	44.45	45.27	0.59
		60 dakika	46.82	↑12.06	D	0.24	46.46	47.18	0.52
a*	Yok	Yok	5.98	-	D**	0.45	5.42	6.56	7.54
		30 dakika	6.02	↑0.67	D	0.38	5.64	7.00	6.39
		60 dakika	7.36	↑23.08	C	0.97	5.32	8.21	13.24
	212°C’de 2 saat süre	Yok	15.77	-	AB	0.14	15.57	15.96	0.86
		30 dakika	16.20	↑2.73	A	0.19	15.95	16.50	1.17
		60 dakika	15.44	↓2.09	B	0.22	15.12	15.80	1.42
b*	Yok	Yok	23.19	-	D	0.36	22.59	23.72	1.53
		30 dakika	22.10	↓4.70	E**	0.32	21.60	22.69	1.46
		60 dakika	25.13	↑8.37	B	1.47	22.39	26.41	5.86
	212°C’de	Yok	23.71	-	D	0.25	23.35	24.17	1.03

	2 saat süre	30 dakika	27.01	↑13.92	A	0.17	26.64	27.30	0.64
		60 dakika	27.31	↑15.18	A*	0.23	27.01	27.75	0.85
C*	Yok	Yok	23.96	-	D	0.27	23.53	24.40	1.13
		30 dakika	22.91	↓4.38	E**	0.25	22.62	23.41	1.07
		60 dakika	26.19	↑9.31	C	1.67	23.01	27.65	6.39
	212°C'de 2 saat süre	Yok	28.47	-	B	0.21	28.25	28.87	0.73
		30 dakika	31.51	↑10.68	A*	0.15	31.21	31.74	0.49
		60 dakika	31.36	↑10.15	A	0.16	31.15	31.62	0.52
h°	Yok	Yok	75.52	-	A*	1.21	73.82	76.94	1.60
		30 dakika	74.74	↓1.03	A	1.09	72.04	75.79	1.46
		60 dakika	73.74	↓2.36	B	1.29	72.65	76.62	1.75
	212°C'de 2 saat süre	Yok	56.36	-	E**	0.38	55.65	56.88	0.67
		30 dakika	59.06	↑4.79	D	0.42	58.59	59.78	0.70
		60 dakika	60.57	↑7.47	C	0.44	59.92	61.34	0.73
<p>İşıklılık: L*, kırmızı renk tonu: a*, sarı renk tonu: b*, kroma: C* ve ton açısı: h° Isıl işlem yok: Isıl işlem uygulamasına sahip olmayan verniklenmiş deney örneğini temsil etmektedir. 212°C'de 2 saat süre: Isıl işlem uygulamasına sahip olan verniklenmiş deney örneğini temsil etmektedir. Sıcak su buharı işlemi yok: Verniklenmiş deney örneği yüzeylerine sıcak su buharı işlemi uygulanmamıştır. Sıcak su buharı işlemi var: Verniklenmiş deney örneği yüzeylerine 100°C'de 30 ve 60 dakika süreleri boyunca sıcak su buharı işlemi uygulanmıştır. Bu çizelge için çalışmada verniksiz örnek kullanılmamıştır. COV: Varyasyon Katsayısı, Ölçüm Sayısı: 10, Homojenlik Grubu sütunu için → *: En yüksek sonuç, **: En düşük sonuç</p>									

Isıl işlem uygulamasına sahip olmayan ama taş verniği ile verniklenmiş deney örnekleri üzerinde yapılan sıcak su buharı uygulamalarından sonra L* parametresinde 30 dakika uygulaması ile %0.99 oranında artış, 60 dakika ile %2.44 oranında azalış, a* parametresinde 30 dakika uygulaması ile %0.67 oranında artış ve 60 dakika ile %23.08 oranında artışlar, b* parametresinde 30 dakika uygulaması ile %4.70 oranında azalış, 60 dakika ile %8.37 oranında artış, C* parametresinde 30 dakika uygulaması ile %4.38 oranında azalış, 60 dakika ile %9.31 oranında artış, h° parametresinde 30 dakika uygulaması ile %1.03 oranında ve 60 dakika ile %2.36 oranında azalışlar belirlenmiştir. Isıl işlem uygulamasına sahip olan ve taş verniği ile verniklenmiş deney örnekleri üzerinde yapılan sıcak su buharı uygulamalarından sonra ise L* parametresinde 30 dakika uygulaması ile %7.13 oranında ve 60 dakika ile %12.06 oranında artışlar, a* parametresinde 30 dakika uygulaması ile %2.73 oranında artış, 60 dakika ile %2.09 oranında azalış, b* parametresinde 30 dakika uygulaması ile %13.92 ve 60 dakika ile %15.18 oranında artışlar, C* parametresinde 30 dakika uygulaması ile %10.68 oranında azalış, 60 dakika ile %10.15 oranında artışlar, h° parametresinde 30 dakika uygulaması ile %4.79 oranında ve 60 dakika ile %7.47 oranında artışlar bulunmuştur (Çizelge 4). Vernik uygulamasına sahip olmayan deney örneklerinde (ısıl işlemlili ve işlemsiz) renk parametrelerine ait ölçüm sonuçları Çizelge 5'de sunulmaktadır.

Çizelge 5. Vernik uygulamasına sahip olmayan deney örneklerinde (ısıl işlemlili ve işlemsiz) renk parametrelerine ait ölçüm sonuçları

Isıl işlemsiz (kontrol) verniksiz deney örneğine ait renk parametre değerleri ve görüntüsü						
Ölçüm	İşıklılık	Kırmızı renk tonu	Sarı renk tonu	Kroma	Ton açısı	
1	80.43	5.38	19.75	20.47	74.77	
2	80.20	4.96	19.75	20.36	75.89	
3	80.27	5.43	19.85	20.58	74.69	
4	80.81	5.06	18.97	19.64	75.06	
5	80.68	4.63	19.26	19.81	76.49	
6	80.48	5.47	19.12	19.89	74.02	
7	80.70	5.29	19.15	19.87	74.55	
8	80.60	5.58	19.24	20.03	73.81	
9	80.73	5.11	19.11	19.79	75.02	

	10	80.28	5.25	18.94	19.66	74.50
Ortalama		80.52	5.22	19.31	20.01	74.88
Standart sapma		0.22	0.28	0.34	0.34	0.81
Minimum ölçüm		80.20	4.63	18.94	19.64	73.81
Maksimum ölçüm		80.81	5.58	19.85	20.58	76.49
Varyasyon katsayısı		0.27	5.43	1.76	1.70	1.08
212°C'de 2 saat süre ile ısıtılmış verniksiz deney örneğine ait renk parametre değerleri ve görüntüsü						
	Ölçüm	Işıklılık	Kırmızı renk tonu	Sarı renk tonu	Kroma	Ton açısı
	1	55.04	10.48	25.55	27.61	67.69
	2	55.11	10.44	25.69	27.73	67.88
	3	55.18	10.30	25.61	27.61	68.09
	4	55.30	10.47	25.34	27.42	67.54
	5	55.40	9.98	25.60	27.48	68.69
	6	55.43	9.99	25.17	27.08	68.35
	7	55.19	10.10	25.17	27.12	68.13
	8	55.06	10.48	25.11	27.21	67.34
	9	55.41	10.09	25.61	27.52	68.50
	10	55.33	9.92	25.24	27.12	68.53
Ortalama		55.25	10.23	25.41	27.39	68.07
Standart sapma		0.15	0.23	0.22	0.24	0.45
Minimum ölçüm		55.04	9.92	25.11	27.08	67.34
Maksimum ölçüm		55.43	10.48	25.69	27.73	68.69
Varyasyon katsayısı		0.27	2.27	0.88	0.87	0.67

4. Sonuçlar

Çalışmada yapılan ısıtılmış ve işlemlenmiş yüzeyler üzerinde verniklerle kaplanması sonucunda sıcak su buharı uygulaması ile vernik katmanlarına ait renk parametrelerinde değişikliklerin elde edildiği sonucuna ulaşılmıştır.

Kaynaklar

Anonim, (2013). Paint, Stain, Varnish, or Preservative? It's Your Choice, USDA Forest Service, Forest Products Laboratory, One Gifford Pinchot Drive, Madison, WI 53726-2398.

ASTM D 2244-3, (2007). Standard practice for calculation of color tolerances and color differences from instrumentally measured color coordinates, ASTM International, West Conshohocken, PA.

ASTM D 3023-98, (2017). Standard practice for determination of resistance of factory-applied coatings on wood products to stains and reagents, ASTM International, West Conshohocken, PA.

Brecher, L.C., (1922). The effect of heat on the resistance of varnish, Electronic Theses and Dissertations. Paper 146. DOI: 10.18297/etd/146.

Browne, F.L., (1951). Natural wood finishes for exteriors of houses (No. 1908). USDA, Forest Service, Forest Products Laboratory.

- ISO 554, (1976). Standard atmospheres for conditioning and/or testing, International Standardization Organization, Geneva, Switzerland.
- Ivanchenko, D., and Horbachova, O., (2024). Advantages of protecting wood with oils. Матеріали конференції МНЛ, (18 жовтня 2024 р., м. Київ), 308-310.
- Jirouš, R.V., and Ljuljka, B., (1999). Boja drva i njezine promjene prilikom izlaganja atmosferskim utjecajima, *Drvna Industrija*, 50(1): 31-39.
- Lange, D.R., (1999). *Fundamentals of Colourimetry - Application Report No. 10e*. DR Lange: New York, NY, USA.
- Stratton, S.W., (1920). Circular of the bureau of standards, No. 106 lime-definitions and specifications.
- TS EN 438-2+A1, (2019). Yüksek basınçta sıkıştırılmış dekoratif laminatlar (HPL) – Termoset reçine esaslı levhalar – Bölüm 2: Özelliklerin tayini. Ankara: TSE.
- Varghese, P.C., (2015). *Building materials*, PHI Learning Pvt. Ltd. Second Edition, ISBN: 978-81-203-5091-5.
- Vernois, M., (2001). Heat treatment of wood in France: state of the art. In *Proceedings of Special Seminar “Review on heat treatments of wood”*, Antibes, France.

THE PURPOSE OF USING CARBOHYDRATE SOURCES IN MEAT AND MEAT PRODUCTS: TECHNOLOGICAL, FUNCTIONAL AND NUTRITIONAL APPROACHES

Assist. Prof. Dr. N. MEZİYET DİLEK

Selçuk University, Akşehir Kadir Yallagöz School of Health, Department of Nutrition and Dietetics, meziyetdilek@selcuk.edu.tr, ORCID ID: 0000-0003-2506-2067

ABSTRACT

Meat and meat products are among the most important components of the human diet due to their high biological value proteins, essential amino acids, and micronutrients. However, the increasing demand for healthier, higher-quality, and more sustainable products has led to the widespread use of various functional additives in meat processing. Among these, carbohydrate-based ingredients represent a versatile group of compounds, including starches, modified starches, dietary fibers, hydrocolloids, and sugars, each serving multiple technological and nutritional purposes. Carbohydrates are primarily incorporated into meat systems to improve water-holding capacity, reduce cooking and drip losses, stabilize emulsions, and enhance textural attributes such as juiciness and tenderness. Hydrocolloids and fibers also contribute to improved product appearance, slicing properties, and yield. From a nutritional perspective, carbohydrates, particularly dietary fibers, are increasingly valued for their health-promoting properties, including calorie reduction, satiety enhancement, and prebiotic effects that support gut health. Moreover, carbohydrates can lower formulation costs, extend shelf life by retarding lipid oxidation and microbial growth, and contribute to the development of clean-label products in line with consumer expectations. Recent research emphasizes the potential of natural and alternative carbohydrate sources, such as legume starches, fruit and vegetable fibers, and by-products from the food industry (e.g., coffee grounds, cereal brans, or fruit pomaces). These innovative sources not only enhance functional and nutritional quality but also align with sustainability goals by reducing food waste and promoting circular economy practices. This review aims to provide a comprehensive overview of the utilization purposes of carbohydrate sources in meat and meat products, their effects on product quality, and future directions for their application in healthier and more sustainable meat systems.

Key Words: Meat products, carbohydrate sources, dietary fiber, starch, hydrocolloids, functional additives, sustainability

1. INTRODUCTION

Meat and meat products are rich in high-quality protein and fat, but they naturally contain no carbohydrates due to the rapid depletion of muscle glycogen during the postmortem period. Therefore, carbohydrates must be added externally to product formulations in order to provide technological and functional benefits. Carbohydrate sources used in meat systems can be divided into two groups: traditional and innovative components. Traditional sources include starches such as wheat, maize, rice and potato starch, as well as grain and legume-based fibres such as wheat bran, oats, barley and soy flour. These components have been used for many years to increase water retention capacity, improve texture stability and increase product yield. In recent years, innovative carbohydrate sources such as inulin, β -glucan, modified starches, carrageenan, guar gum, xanthan gum and sodium alginate have been preferred not only for improving technological properties but also for imparting functional and prebiotic properties. Thus, carbohydrate additives have become an important tool in both preserving the traditional quality criteria of meat products and developing low-fat, fibre-enriched products that meet modern consumer demands (Ursachi et al., 2020; Ruiz-Capillas & Herrero, 2021; Lee et al., 2023)

2. TECHNOLOGICAL PURPOSES OF CARBOHYDRATE USE

Carbohydrates and their derivatives (e.g. starches, dietary fibers, polysaccharides) are incorporated into meat products mainly to enhance their technological functionalities. In processed meat systems, these ingredients improve water-holding capacity and yield, reduce cooking losses, stabilize emulsions, and act as fat binders or replacers. Their gel-forming, viscosity-modifying and oil-binding properties support the protein–fat–water matrix, thereby improving texture, yield, and structural integrity, especially in low-fat formulations. Moreover, carbohydrate additives such as fruit or vegetable-derived fibers may help mitigate syneresis and moisture loss during heating and storage. Some of the studies conducted for this purpose in the literature are mentioned below.

Dry potato extracts have been shown to be effective natural binders in beef patties. In a study by Colle et al. (2019), fresh and precooked beef patties formulated with different potato extracts exhibited significantly improved cooking yield, water-holding capacity, and oxidative stability compared to both control and soy protein treatments. Moreover, patties containing potato extracts were rated juicier and received higher overall acceptability scores in sensory evaluation. These findings indicate that dry potato extracts, a source of carbohydrates, can enhance both the technological and sensory quality of meat products, while also extending shelf life.

Barbut (2023) studied the impact of adding various plant fibers (citrus A & B, apple, pea, bamboo, sugar cane) to lean turkey meat, comparing texture, yield, and microstructure to a control. The results showed that sugar cane and apple peel fibers were most effective at reducing cooking losses and increasing hardness by about 20% relative to the control. Bamboo fiber also significantly enhanced hardness, though it did not improve yield, while citrus and apple fibers reduced cooking loss but did not affect hardness. The study

suggests that the origin of the fiber (e.g. strength required for large-plant fibers vs. fruit peel fibers) and the fiber extraction process (which influences fiber length and structure) play key roles in determining their functional effects in meat systems.

Álvarez and Barbut (2013) examined how inulin (gel and powder forms), β -glucan, and their combinations affect emulsion stability, color, and textural properties in meat batters with reduced fat levels (20%, 12.5%, and 5%). They found that severe fat reduction to 5% led to increases in cooking loss and decreases in emulsion stability, lightness (L^*), hardness, and fracturability compared to higher-fat controls. Among the replacers, powdered inulin (IP) provided superior emulsion stability and higher hardness and fracturability, whereas gel inulin (IG) yielded softer, creamier textures. Importantly, specific mixtures of IG + β -glucan (e.g., 3% IG & 0.3% β -glucan; 6% IG & 0.6% β -glucan) were able to partially compensate for the detrimental effects of fat reduction, maintaining several textural attributes and reducing cook loss, per the light microscopical observations.

Parés et al. (2018) investigated the potential of nanofibrillated cellulose as a functional ingredient in emulsion-type meat products, particularly as a substitute for conventional binders such as phosphates, starch, and sodium caseinate. The incorporation of 0.5% nanofibrillated cellulose maintained cooking yield, water-holding capacity, and emulsion stability at levels comparable to the control formulation. Microstructural analysis revealed a more compact and homogeneous protein matrix in nanofibrillated cellulose-containing samples, suggesting improved structural integrity of the emulsion system. Furthermore, sensory evaluation indicated no significant differences in texture or flavor perception between nanofibrillated cellulose-formulated and control sausages, highlighting the potential of nanofibrillated cellulose as a natural, clean-label alternative to traditional functional additives in processed meats.

Silva-Vazquez et al. (2018) explored the replacement of pork back fat with combinations of inulin and pectin in meat batters and found that a formulation containing 15% inulin + 15% pectin (T6) successfully preserved several critical quality attributes. In T6, although pH was reduced, brightness (L^*) remained similar to control, while redness (a^*), yellowness (b^*), chroma, and browning index increased, suggesting enhanced color intensity without detrimental effects. Treatments with only high levels of inulin (e.g. 30%) showed increased cooking loss, greater expressible fluid and larger total color changes (ΔE), pointing to reduced emulsion stability under those conditions. The authors argue that the synergy between inulin and pectin at moderate levels allows for substantial fat replacement with minimal compromise to emulsion stability and other physicochemical properties, making it a promising strategy for formulating healthier meat products.

Ianițchi et al. (2023) investigated how adding 2% of various protein derivatives (soy protein isolate, chickpea flour, lupine concentrate, sodium caseinate) and starch affects

the rheological behavior, texture, and cooking loss of beef emulsions and gels. The authors found that emulsions fortified with plant proteins exhibited notably higher gel strength (higher storage modulus G') and reduced cooking losses relative to control, whereas formulations with starch or sodium caseinate showed a lower consistency in the gel network and greater softness. Microstructural analysis indicated that starch and caseinate promoted formation of a finer, more homogeneous structure with fewer gel voids, enhancing visual and textural uniformity. Overall, the study concludes that protein derivatives (especially from legumes) are more effective than starch or caseinate in maintaining gel integrity and reducing quality loss in cooked beef products under thermal treatment.

3. NUTRITIONAL AND FUNCTIONAL PURPOSES OF CARBOHYDRATE USE

Beyond technological improvements, carbohydrate sources play crucial roles in functional and nutritional enhancement of meat products. Dietary fibers incorporated into meat formulations increase the overall fiber intake and provide health-promoting effects, such as improved gastrointestinal health and reduced cardiovascular risk (Han & Bertram, 2017). Moreover, fibers and polysaccharides derived from fruits, vegetables, or byproducts—such as spent coffee grounds or cereal brans—introduce bioactive compounds with antioxidant potential that can inhibit lipid oxidation and extend product shelf life (Dilek, 2025). These dual roles—technological and health-oriented—highlight carbohydrates as multifunctional ingredients, supporting the development of next-generation meat products that align with consumer demand for healthier and clean-label formulations. Some of the studies conducted for these purposes in the literature are mentioned below.

Ammar (2017) investigated the formulation of high-fiber chicken meat nuggets by introducing orange albedo and eggplant pulp powder at 5% and 10% levels into the nugget batter. The results demonstrated that orange albedo powder exhibited higher fiber content and oil-binding capacity compared to eggplant pulp powder, whereas eggplant pulp had relatively higher protein content. Both fiber sources significantly increased the fiber content of the nuggets without adversely affecting water-holding capacity; at higher addition levels (10%), there was a marked improvement in frying yield. These findings suggest that vegetable-derived fiber sources like orange albedo and eggplant pulp can be used to enhance nutritional and processing qualities of chicken nuggets.

Carbohydrate-based substitutes aim to improve the textural properties and water-holding capacity of low-fat products by mimicking the functions of fat in meat products. In this context, flours and starches, particularly potato, modified corn starch and tapioca, bind water to form gel-like structures, thereby supporting the texture of the meat. Furthermore, gums such as carrageenan and xanthan gum also retain water, preserving the structural integrity of meat products and increasing the acceptability of low-fat products. In addition, emulsion gels created using konjac and carrageenan mimic the structural role of

fat, improving both the appearance and texture of the product. In conclusion, carbohydrate-based fat replacers have the potential to reduce the fat content of minced meat while maintaining or even improving product quality, thereby making low-fat meat products more acceptable to consumers (Brever, 2012).

Low-fat beef burgers formulated with carbohydrate-based fat replacers demonstrated improved technological and sensory properties depending on the type and level of replacer used. Specifically, modified cornstarch and tapioca starch (at 75% replacement level) provided higher cooking yield, water-holding capacity, and better sensory scores compared to tapioca dextrin. Furthermore, the incorporation of carboxymethylcellulose or calcium alginate enhanced cooking yield and tenderness, achieving sensory acceptability comparable to full-fat controls. Additionally, low-fat beef burgers formulated with modified corn starch or tapioca starch alone and their combinations with carboxymethylcellulose or calcium alginate showed a decrease in hardness and an increase in springiness and cohesiveness (Mansour, 2003).

Felisberto et al. (2015) explored how incorporating prebiotic fibers (e.g. inulin, fructooligosaccharides, polydextrose, resistant starch) affects the rheological behaviour and microstructure of reduced-sodium, low-fat meat emulsions. They found that fiber additions altered viscoelastic properties (e.g. changes in storage and loss moduli, altered gelation temperature) and often decreased emulsion stability, with inulin showing the closest behaviour to the control. Microscopic images revealed that many fiber treatments resulted in more porous, discontinuous protein–fat networks compared to the dense matrix of the control, explaining texture and stability differences. The study suggests that success in such reformulations strongly depends on fiber type and concentration in order to balance health benefit and product quality.

Fructooligosaccharides (FOS) and inulin are the primary fructan-type prebiotic fibers employed in food manufacturing, and human clinical trials show that their supplementation yields health benefits such as improved glycemic control, growth of beneficial gut bacteria, weight management, and enhanced immune function. Technologically, inulin is often used as a fat replacer and viscosity modifier, improving structure, emulsion stability, water retention and reducing energy content in products, whereas FOS more commonly substitutes for sucrose and serves as a sweetener plus prebiotic ingredient. In applications across bakery, dairy, meat, and beverages, these fibers help produce structured systems with improved functionality without sacrificing much in sensory quality, though effectiveness depends strongly on molecular size (chain length), concentration, and product matrix (Correa et al., 2023).

The study evaluated used coffee grounds (SCG) obtained from Turkish coffee, espresso, and filter coffee as an antioxidant dietary fibre in beef patties stored in the refrigerator and found that SCG significantly increased the fibre content compared to the control group and reduced lipid oxidation (measured by TBARS). Sensory evaluation indicated

improvements in aroma with SCG derived from Turkish coffee and filter coffee, but the fibrous/porous structure of SCG negatively affected texture. The study concluded that SCG, used as a carbohydrate source, could be valuable for improving the nutritional and functional properties of meat products while also reducing waste (Dilek, 2025).

7. CONCLUSION

Overall, the findings of this study highlight the potential of carbohydrate-based ingredients as valuable multifunctional components in meat product formulations. Beyond their technological roles in improving emulsion stability, water-holding capacity, and textural attributes, these ingredients also enhance the nutritional and functional quality of the final products by providing dietary fiber, prebiotic effects, and antioxidant properties. Future investigations should emphasize the broader utilization and optimization of alternative carbohydrate sources, especially those derived from natural or upcycled materials, to promote both product innovation and environmental sustainability. Through such approaches, it will be possible to develop meat products that are not only technologically and economically efficient for manufacturers but also more health-promoting and functionally superior for consumers.

REFERENCES

- Álvarez, D., & Barbut, S. (2013). Effect of inulin, β -glucan and their mixtures on emulsion stability, color and textural parameters of cooked meat batters. *Meat science*, 94(3), 320-327.
- Ammar, M. S. (2017). Producing of high fiber chicken meat nuggets by using different fiber sources. *Middle East Journal of Agriculture Research*, 6(2), 415-423.
- Barbut, S. (2023). Research note: Effects of fiber source on the physicochemical properties of lean poultry meat products. *Poultry Science*, 102(5), 102423.
- Brewer, M. S. (2012). Reducing the fat content in ground beef without sacrificing quality: A review. *Meat science*, 91(4), 385-395.
- Colle, M. C., Richard, R. P., Smith, D. M., Colle, M. J., Loucks, W. I., Gray, S. J., ... & Doumit, M. E. (2019). Dry potato extracts improve water holding capacity, shelf life, and sensory characteristics of fresh and precooked beef patties. *Meat Science*, 149, 156-162.
- de Carvalho Correa, A., Lopes, M. S., Perna, R. F., & Silva, E. K. (2024). Fructan-type prebiotic dietary fibers: Clinical studies reporting health impacts and recent advances in their technological application in bakery, dairy, meat products and beverages. *Carbohydrate polymers*, 323, 121396.

Dilek, N. M. (2025). Utilization of Spent Coffee Grounds as an Antioxidant Dietary Fiber in Beef Patties: Oxidative Stability, Texture Properties, and Molecular Docking. *Food Science & Nutrition*, 13(10), e70919.

Felisberto, M. H. F., Galvão, M. T. E. L., Picone, C. S. F., Cunha, R. L., & Pollonio, M. A. R. (2015). Effect of prebiotic ingredients on the rheological properties and microstructure of reduced-sodium and low-fat meat emulsions. *LWT-Food Science and Technology*, 60(1), 148-155.

Han, M., & Bertram, H. C. (2017). Designing healthier comminuted meat products: Effect of dietary fibers on water distribution and texture of a fat-reduced meat model system. *Meat Science*, 133, 159-165.

Ianițchi, D., Pătrașcu, L., Cercel, F., Dragomir, N., Vlad, I., & Maftei, M. (2023). The effect of protein derivatives and starch addition on some quality characteristics of beef emulsions and gels. *Agriculture*, 13(4), 772.

Lee, S., Jo, K., Jeon, H., Choi, Y. S., & Jung, S. (2023). Recent strategies for improving the quality of meat products. *Journal of Animal Science and Technology*, 65(5), 895.

Mansour, E. (2003). Effect of carbohydrate-based fat replacers on the quality Characteristics of low-fat beefburgers.

Parés, D., Pèlach, M. À., Toldrà, M., Saguer, E., Tarrés, Q., & Carretero, C. (2018). Nanofibrillated cellulose as functional ingredient in emulsion-type meat products. *Food and Bioprocess Technology*, 11(7), 1393-1401.

Ruiz-Capillas, C., & Herrero, A. M. (2021). Novel strategies for the development of healthier meat and meat products and determination of their quality characteristics. *Foods*, 10(11), 2578.

Silva-Vazquez, R., Flores-Giron, E., Quintero-Ramos, A., Hume, M. E., & Mendez-Zamora, G. (2018). Effect of inulin and pectin on physicochemical characteristics and emulsion stability of meat batters. *CyTA-Journal of Food*, 16(1), 306-310.

Ursachi, C. Ș., Perța-Crișan, S., & Munteanu, F. D. (2020). Strategies to improve meat products' quality. *Foods*, 9(12), 1883.

N. ISCHIADICUS'UN KLİNİK ANATOMİSİ: ANATOMİK BİLGİNİN KLİNİK PRATİKTEKİ ÖNEMİ

Doç. Dr. Gamze TAŞKIN ŞENOL¹, Arş. Gör. Ece Zeliha BÜYÜKUYSAL¹

¹ Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi, Tıp Fakültesi, Anatomi Anabilim Dalı,

rumeysagamzetaskin@ibu.edu.tr – ORCID: 0000-0001-5587-1055

ecezelihaa@gmail.com – ORCID ID: 0009-0006-4200-0422

ÖZET

N. ischiadicus, alt ekstremitenin motor ve duyu innervasyonunu sağlayan, vücudun en uzun ve en kalın periferik siniri olarak tanımlanmaktadır. Lumbosakral pleksustan (L4–S3) çıkan bu sinirin, pelvis boşluğunda piriformis kası ile yakın ilişkili olduğu ve büyük siyatik foramen aracılığıyla gluteal bölgeye ulaştığı bilinmektedir. Buradan itibaren uyluğun posterior bölümünden seyrederek genellikle fossa popliteaya ulaşmadan önce tibial ve peroneal dallarına ayrıldığı gözlemlenmektedir. Ancak bu bifurkasyonun düzeyi bireyler arasında farklılık gösterebilir; bazı olgularda sinirin daha proksimalde iki dala ayrıldığı bildirilmiştir. Bu anatomik farklılıkların, sinir blokajı, cerrahi planlama ve klinik tanı süreçleri açısından doğrudan önem taşıdığı vurgulanmaktadır. Sinirin piriformis kası ile olan anatomik ilişkisi de varyasyon göstermektedir. N. ischiadicus'un kasın altından, içinden veya üstünden geçtiği varyantlar, mekanik basıya bağlı olarak ağrı ve fonksiyon kaybıyla sonuçlanan klinik tablolara (örneğin piriformis sendromu, gluteal sıkışma sendromları) zemin hazırlayabilir. Bu nedenle, anatomik bilginin klinik uygulamalardaki değeri açıkça ortaya çıkmaktadır. Yanlış uygulanan intragluteal enjeksiyonlar, kalça protezi cerrahileri, pelvik travmalar ya da obstetrik girişimler sırasında yapılan uygunsuz pozisyonlama gibi durumlarda sinirin zedelenebileceği bildirilmektedir. Oluşan sinir hasarlarının motor ve duysal defisitlere, fonksiyonel kısıtlılıklara ve yaşam kalitesinde ciddi düşüslere yol açabildiği gösterilmiştir. Bu tür komplikasyonların önlenmesi için sinirin anatomik yerleşimi ve varyasyonlarının dikkate alınması büyük önem taşır. Klinik değerlendirme sürecinde detaylı anatomik bilgi ile klinik gözlemin bir arada kullanılması, doğru tanı koyma ve uygun tedavi yöntemlerini belirleme açısından kritik rol oynamaktadır. N. ischiadicus üzerine yapılan klinik-anatomik çalışmalar, özellikle bölgesel anestezi uygulamaları ve ortopedik/nöroşirürjik girişimler öncesinde yol gösterici niteliktedir. Sonuç olarak, bu derleme çalışmayla; N. ischiadicus'un anatomisinin sadece teorik bir bilgi alanı değil, aynı zamanda hasta güvenliği ve tedavi etkinliği açısından da yaşamsal öneme sahip olduğu vurgulanmaktadır. Anatomik yapıların fonksiyonel ve klinik yansımalarının bütüncül bir yaklaşımla değerlendirilmesi hem güncel tıp eğitiminin hem de multidisipliner klinik pratiğin ayrılmaz bir parçası olmalıdır.

Anahtar Kelimeler: N. ischiadicus, Klinik anatomi, Anatomik varyasyon, Sinir yaralanması

1. GİRİŞ

N. ischiadicus, insan vücudundaki en uzun ve en kalın periferik sinirdir. Lumbosakral pleksustan çıkan sinir, alt ekstremité boyunca uzanarak hem motor hem de duyuşal lifler taşımaktadır. Sinirin normal anatomik seyri ve varyasyonlarının bilinmesi, çeşitli klinik durumların tanı ve tedavisinde hayati önem taşımaktadır (1). Ayrıca bu sinirin anatomik özelliklerinin cerrahi girişimler sırasında dikkatle değerlendirilmesi önerilmektedir. N. ischiadicus'un yapısı hem invaziv işlemler sırasında hem de postoperatif dönemde klinik sonuçları etkileyebilmektedir. Literatürde bu sinirin yaralanmalarına bağlı gelişen komplikasyonların birçok vakada önlenabilir olduğu belirtilmektedir. Bu nedenle sinir anatomisine dair güncel bilgiler, klinik uygulamalarla bütünleştirilerek değerlendirilmelidir (2).

2. ANATOMİK SEYİR VE VARYASYONLAR

N. ischiadicus, pelvis boşluğunda piriformis kası ile yakın ilişkilidir ve genellikle bu kasın altından geçerek büyük siyatik foramen aracılığıyla gluteal bölgeye ulaşır. Uyluğun posterior yüzünden seyrederek, çoğunlukla fossa popliteaya ulaşmadan önce tibial ve peroneal dallarına ayrılır. Sinirin bifurkasyon seviyesi kişiden kişiye değişiklik göstermekte; bazı bireylerde daha proksimal düzeyde dallandığı gözlenmektedir (3). Ayrıca piriformis kası ile olan ilişkisi de değişkenlik göstermekte, sinir kasın altından, içinden ya da üstünden geçebilmektedir. Bu anatomik çeşitlilik, bireyler arasında farklı klinik bulgularla karşılaşılmasına neden olabilmektedir. Cerrahi müdahaleler sırasında bu varyasyonların dikkate alınmaması durumunda komplikasyonlarla karşılaşılabilir. N. ischiadicus'un bifurkasyon noktasına göre sinir blokağı girişimlerinin başarı oranlarının değişebildiği bildirilmektedir. Bu nedenle anatomik detayların preoperatif planlamaya dahil edilmesi önerilmektedir (4).

3. KLİNİK YANSIMALAR

Anatomik varyasyonlar, çeşitli klinik sendromlara zemin hazırlar. Özellikle piriformis sendromu, sinirin kas lifleri arasında sıkışması sonucu ortaya çıkar. Yanlış uygulanan intragluteal enjeksiyonlar, kalça cerrahileri, doğum esnasında uygunsuz pozisyonlama ya da pelvik travmalar sırasında sinirin zedelenebileceği bildirilmiştir. Bu durum motor-duyu kaybı, ağrı sendromları ve yaşam kalitesinde belirgin azalma ile sonuçlanabilir (5). Klinik tabloların değişkenliği, tanı sürecinde karışıklığa neden olabilmektedir. Bazı olgularda sinir kökenli şikayetlerin yanlış tanımlarla değerlendirildiği gösterilmiştir. Sinir üzerindeki basının sürekliliği, kronik ağrı sendromlarına dönüşebilmektedir. Bu gibi durumlarda erken tanı konulmadığında tedavi sürecinin geciktiği vurgulanmaktadır (6).

4. GÖRÜNTÜLEME VE TANI

Tanısal görüntüleme yöntemlerinden özellikle manyetik rezonans görüntüleme (MRG) ve MR nörografi, sinirin seyri ve çevre yapılarla ilişkisini göstermede etkilidir. Bu teknikler, sıkışma, inflamasyon ya da travmatik lezyonların belirlenmesinde ön plandadır. MRG ile anatomik varyasyonların detaylı biçimde ortaya konulabildiği gösterilmiştir (7). Ultrasonografi gibi diğer görüntüleme yöntemlerinin ise derin pelvik yapılarda sınırlı kaldığı belirtilmiştir. Özellikle dinamik MR görüntüleme ile sinirin fonksiyonel durumu değerlendirilebilmektedir. Ağrıya neden olan yapısal nedenlerin ayırt edilmesinde nörografik görüntülerin etkili olduğu bildirilmiştir. Bu sayede klinik tabloların altında yatan nedenlerin daha hızlı tanımlanabildiği ifade edilmektedir (8).

5. KLİNİK UYGULAMALARDA ANATOMİNİN ROLÜ

Bölgesel anestezi uygulamalarında, ortopedik veya nöroşirürjik girişimlerde sinirin detaylı anatomisinin bilinmesi komplikasyon riskini azaltır. Klinik değerlendirme sırasında anatomik bilgiyle klinik gözlemin birlikte kullanılması, doğru tanı ve etkili tedavi planlaması açısından kritiktir. Sinir cerrahisinde anatomik varyasyonların göz önünde bulundurulması gerektiği vurgulanmaktadır. Postoperatif iyileşme sürecinde sinir hasarına bağlı komplikasyonların ortaya çıkabileceği belirtilmektedir. Bu tür komplikasyonların çoğu, anatomik yapıların yeterince değerlendirilmediği durumlarda oluşabilmektedir. Cerrahi planlama aşamasında preoperatif görüntüleme ile anatomik analizlerin desteklenmesi önerilmektedir. Özellikle ileri yaş gruplarında sinir duyarlılığının arttığı ve dikkatli yaklaşım gerektiği belirtilmektedir (9).

6. SONUÇ

N. ischiadicus'un anatomik yapısı ve varyasyonları, yalnızca anatomi disiplini açısından değil, hasta güvenliği ve tedavi başarısı açısından da büyük önem taşır. Bu sinire ilişkin klinik-anatomik bilgiler hem tıp eğitiminin hem de multidisipliner sağlık uygulamalarının temel taşlarından biridir. Fonksiyonel ve klinik yansımaların bütüncül bir bakışla değerlendirilmesi, güncel tıbbın gerekliliklerindedir. Gelecekte yapılacak anatomik çalışmalarda bu sinire ait varyasyonların daha geniş popülasyonlarda değerlendirilmesi önerilmektedir. Ayrıca cerrahi komplikasyonların önlenmesi için bu bilgilerin eğitim süreçlerine entegre edilmesi gerektiği savunulmaktadır. Klinik pratikte daha güvenli yaklaşımların geliştirilmesi adına anatomik verilerin güncellenerek kullanılmasının faydalı olacağı düşünülmektedir. Son olarak bu sinire ait bilgilerin interdisipliner çalışmalarda da referans alınması gerektiği vurgulanmaktadır.

KAYNAKÇA

1. Cai, Z. J., Salem, A. E., Wagner-Bartak, N. A., Elsayes, K. M., Negm, A. S., Rezvani, M., Menias, C. O., & Shaaban, A. M. (2022). Sciatic foramen anatomy

- and common pathologies: A pictorial review. *Abdominal Radiology*, 47(1), 378–398. <https://doi.org/10.1007/s00261-021-03265-8>
2. Kanawati, A. J. (2014). Variations of the sciatic nerve anatomy and blood supply in the gluteal region: A review of the literature. *ANZ Journal of Surgery*, 84(11), 816–819. <https://doi.org/10.1111/ans.12675>
 3. Jackson, L. J., Serhal, M., Omar, I. M., Garg, A., Michalek, J., & Serhal, A. (2023). Sural nerve: Imaging anatomy and pathology. *British Journal of Radiology*, 96(1141), 20220336. <https://doi.org/10.1259/bjr.20220336>
 4. Barbosa, A. B. M., Dos Santos, P. V., Targino, V. A., de Almeida Silva, N., de Melo Silva, Y. C., Gomes, F. B., & de Oliveira Assis, T. (2019). Sciatic nerve and its variations: Is it possible to associate them with piriformis syndrome? *Arquivos de Neuro-Psiquiatria*, 77(9), 646–653. <https://doi.org/10.1590/0004-282X20190093>
 5. Ahmad Siraj, S., & Dadgal, R. (2022). Physiotherapy for Piriformis Syndrome Using Sciatic Nerve Mobilization and Piriformis Release. *Cureus*, 14(12), e32952. <https://doi.org/10.7759/cureus.32952>
 6. Probst, D., Stout, A., & Hunt, D. (2019). Piriformis syndrome: A narrative review of the anatomy, diagnosis, and treatment. *PM&R*, 11(Suppl 1), S54–S63. <https://doi.org/10.1002/pmrj.12189>
 7. Cocco, G., Ricci, V., Corvino, A., Pacini, P., Boccatonda, A., Naňka, O., Sensi, S. L., Caulo, M., & Delli Pizzi, A. (2023). Ultrasound imaging of the sciatic nerve. *Ultraschall in der Medizin*, 44(5), e263–e273. <https://doi.org/10.1055/a-2095-2842>
 8. Agarwal, A., Mirza, A., Gulati, A., & Gulati, P. (2019). Post-injection sciatic nerve injury: MRI. *Neurology India*, 67(Supplement), S157–S158. <https://doi.org/10.4103/0028-3886.250726>
 9. Cooper, A. H., Barry, A. M., Chrysostomidou, P., Lolignier, R., Wang, J., Redondo Canales, M., Titterton, H. F., Bennett, D. L., & Weir, G. A. (2024). Peripheral nerve injury results in a biased loss of sensory neuron subpopulations. *Pain*, 165(12), 2863–2876. <https://doi.org/10.1097/j.pain.0000000000003321>

N. FACIALIS PARALİZİSİ: KLİNİK VE ANATOMİK BİR BAKIŞ

Doç. Dr. Gamze TAŞKIN ŞENOL¹, Arş. Gör. Ece Zeliha BÜYÜKUYSAL¹

¹ Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi, Tıp Fakültesi, Anatomi Anabilim Dalı,

rumeysagamzetaskin@ibu.edu.tr – ORCID: 0000-0001-5587-1055

ecezelihaa@gmail.com – ORCID ID : 0009-0006-4200-0422

ÖZET

N. facialis, başta mimik kasları olmak üzere bazı boyun ve kulak kaslarının motor innervasyonunu sağlayan, ayrıca dilin ön 2/3'lük kısmından tat duyusu taşıyan ve parasempatik lifler içeren karma yapılu yedinci kranial sinirdir. Beyin sapında, pons ile medulla oblongata arasındaki serebellopontin açıdan çıktığı, internal akustik meatus yoluyla temporal kemiğe girdiği ve burada fallop kanalı boyunca ilerleyerek stylomastoid foramen aracılığıyla yüzeyel dallarına ayrıldığı bilinmektedir. Sinirin bu karmaşık seyri sırasında birçok anatomik varyasyon gösterebildiği ve bu durumun hem tanı hem de cerrahi uygulamalar açısından klinik önem taşıdığı vurgulanmaktadır. N. facialis'in uzun kemik kanal içinden geçmesi ve dar anatomik alanlarda seyretmesi, sinirin inflamasyon, ödem, kompresyon, travma veya vasküler bozukluklara karşı oldukça hassas hâle gelmesine neden olmaktadır. Bu hassas yapı, fasiyal paralizilerin gelişmesinde temel bir faktör olarak değerlendirilmektedir. Fasiyal paralizi, periferik veya santral nedenlerle ortaya çıkabilmekte ve klinik seyri etyolojiye göre değişkenlik göstermektedir. Özellikle Bell paralizi, ani başlayan, idiyopatik ve tek taraflı yüz felci olarak tanımlanmakta ve toplumda en sık görülen periferik sinir felçlerinden biri olarak bildirilmektedir. Lezyonun santral veya periferik yerleşimi, klinik bulgulara göre ayırt edilmekte; üst motor nöron hasarında alın kaslarının korunabildiği, alt motor nöron hasarında ise alın dahil tüm yüz yarısının etkilenebildiği gösterilmektedir. Bu nedenle, klinik nörolojik değerlendirmelerin yanı sıra anatomik bilginin detaylı olarak bilinmesi ve görüntüleme teknikleriyle desteklenmesi tanısal sürecin doğruluğunu artırmaktadır. MR nörografi, yüksek çözünürlüklü BT ve ultrasonografi gibi tanı araçları, sinirin anatomik seyrini ve olası patolojileri saptamada önemli rol oynamaktadır. Tedavi süreci, hastalığın etyolojisine ve sinir tutulumu düzeyine göre değişkenlik göstermekte; kortikosteroid tedavisi, antiviral ilaçlar, fizik tedavi protokolleri ve cerrahi dekompresyon gibi çok yönlü yaklaşımlar uygulanmaktadır. Tedavi başarısının artırılabilmesi için anatomik varyasyonların ve sinir dallanmasının dikkate alınmasının önemi vurgulanmaktadır. Fasiyal sinirin parotis bezi içindeki seyri ve terminal dallarının yüzün farklı bölgelerine yayılması, cerrahi sırasında iatrojenik hasar riskini artırmakta ve bu nedenle anatomik farkındalık büyük önem taşımaktadır. Kulak burun boğaz cerrahisi, maksillofasiyal cerrahi, nöroşirürji ve dermatolojik işlemler sırasında sinirin seyri gözetenmediğinde kalıcı yüz felçleri gelişebildiği bildirilmektedir. Sonuç olarak, **N. facialis**'in klinik anatomisinin çok yönlü olarak değerlendirilmesi, yalnızca teorik bilgi düzeyinde kalmamalı; tanı, tedavi ve komplikasyonların önlenmesi süreçlerinde aktif olarak kullanılmalıdır. Bu

sinire dair edinilen bilgi, tıp eğitimi ve multidisipliner klinik uygulamaların temel yapı taşlarından biri olmalı; özellikle anatomi eğitimi ile klinik pratiğin entegrasyonunu güçlendiren uygulamalı yaklaşımlar geliştirilmelidir.

Anahtar Kelimeler: *N. facialis, Fasiyal paralizi, Kranial sinir anatomisi, Periferik sinir lezyonu, Klinik anatomi*

1. GİRİŞ

N. facialis (VII. kraniyal sinir), hem motor hem de parasempatik ve duysal lifler taşıyan karma bir sinirdir. Yüz mimik kaslarının yanı sıra, stapedius, posterior belly of digastric ve stylohyoid kaslarının da innervasyonundan sorumludur. Ayrıca, chorda tympani aracılığıyla dilin ön 2/3'lük kısmından tat duyusu taşır ve parasempatik liflerle lakrimal, submandibular ve sublingual bezleri innerve eder. Bu sinirin karma yapısı, patolojik durumlarda ortaya çıkabilecek semptom çeşitliliğini de beraberinde getirir (1). Fasiyal sinirin tek bir lezyonu, birden fazla klinik bulguyu eş zamanlı olarak ortaya çıkarabileceği için, değerlendirme süreci multidisipliner bir yaklaşım gerektirir. Özellikle pediatrik yaş gruplarında, doğumsal fasiyal paralizilerin ayırıcı tanısında anatomik bilgi kadar nörolojik muayene becerileri de önem arz eder (2).

2. ANATOMİK SEYİR VE DALLANMA

N. facialis, ponsun alt kısmından beyin sapını terk ederek iç kulak yoluna (meatus acusticus internus) girer. Temporal kemiğin petroz kısmında, “fallop kanalı” olarak adlandırılan kemik kanal içinde seyreder. Bu bölgede genikulat ganglionu yer almakta ve sinir burada dallanmaya başlamaktadır. Buradan sonra sinir üç ana segmentten geçer: labirinthin, tympanic ve mastoid segment. Foramen stylomastoideum'dan çıkarak yüzeysel olarak parotis bezine girer ve burada beş terminal dalına ayrılır: temporal, zygomatic, buccal, mandibular ve cervical. Bu dallar yüz mimik kaslarını innerve eder (3). Parotis içinde seyretmesine rağmen, bezin kendisini innerve etmez. Sinirin bu dalları arasında varyasyonlar görülebilmekte ve bazı bireylerde ek kollateral bağlantılar da gözlenebilmektedir. Dallanma paternlerinin cerrahi öncesi dikkatle değerlendirilmesi, komplikasyonları önleyici yönden büyük önem taşır (4).

3. PARALİZİ TİPLERİ VE KLİNİK GÖRÜNÜM

Fasiyal paraliziler santral ve periferik olmak üzere 2 gruba ayrılır. Santral paralizilerde (örn. inme, MS) karşı tarafın alt yüz kasları etkilenirken, periferik paralizilerde (örn. Bell paralizisi) tüm yüz kaslarında ipsilateral paralizi gözlenir. En sık görülen form olan Bell paralizisi, çoğu zaman kendiliğinden düzelebilmesine rağmen ciddi vakalarda sekel bırakabilir. Travma sonrası oluşan paralizilerde genellikle prognoz daha kötüdür (5). Otitis media, mastoidit, parotis bezi tümörleri veya serebellopontin köşe tümörleri de paraliye neden olabilir. Klinik bulgular arasında ağız köşesinde düşme, göz kapağını

kapatamama, gözyaşı akışı ve tat duyusunda azalma yer alabilir. Ayrıca, çocuklarda görülen konjenital fasiyal paralizlerde hem gelişimsel hem de estetik sorunlara yol açabileceği için erken rehabilitasyon önem arz eder (6).

4. GÖRÜNTÜLEME VE TANI YÖNTEMLERİ

Tanı sürecinde öncelikli olarak detaylı nörolojik muayene ve anamnez alınması gereklidir. Etiyolojinin belirlenmesi amacıyla görüntüleme yöntemleri kullanılır. MRG, özellikle fallop kanalı, genikulat ganglionu ve serebellopontin köşe lezyonlarının saptanmasında etkilidir. BT, travmatik vakalarda kemik yapıların değerlendirilmesinde tercih edilir. Elektromiyografi (EMG), sinirin fonksiyonel durumunu ve reinnervasyon sürecini izlemek için kullanılır. Yüz hareketlerinin objektif olarak değerlendirilebilmesi için bazı merkezlerde video analiz sistemleri veya yüz kası haritalama teknolojileri de uygulanmaktadır. Ayrıca, ultrasonografi yardımıyla parotis bezi lezyonlarına bağlı sinir basılarının varlığı araştırılabilir (7).

5. KLİNİK ANATOMİ VE TEDAVİ YAKLAŞIMLARI

Anatomik bilgi, cerrahi girişimlerin planlanmasında, yüz rekonstrüksiyon tekniklerinin uygulanmasında ve hatta konservatif tedavi yaklaşımlarında bile kritik rol oynamaktadır. Özellikle parotis bezi cerrahilerinde, sinirin dallarının seyri doğru bilinmezse kalıcı fasiyal paralizi riski artmaktadır. Akut paralizi vakalarında, kortikosteroidler ve antiviral tedavi genellikle ilk seçeneklerdir. Göz kapağı kapanamayan hastalarda koruyucu göz tedavileri uygulanmalıdır. Uzun süreli paralizlerde sinir greftlemesi, serbest kas transferi, temporalis kas rotasyonu gibi dinamik ve statik rekonstrüktif cerrahiler gündeme gelebilir. Botulinum toksin enjeksiyonları, senkinezilerde ve kas kontraktürlerinde semptomatik rahatlama sağlar. Tüm bu süreçlerin başarılı bir şekilde yönetilmesinde, sinir dallanmasının üç boyutlu haritalandırılması ve varyasyonların bilinmesi esastır (8).

6. SONUÇ

N. facialis hem fonksiyonel hem de estetik açıdan yüz bölgesinde kritik görevler üstlenen kompleks bir sinirdir. Bu sinirin herhangi bir düzeydeki patolojisi, bireyin yaşam kalitesini doğrudan etkileyen çok yönlü sonuçlar doğurabilir. Tanı, tedavi ve cerrahi uygulamalar sırasında anatomik bilgilerin doğru yorumlanması hem komplikasyonların önlenmesinde hem de fonksiyonel iyileşmede büyük katkı sağlar. Fasiyal sinir üzerine yapılacak ileri düzey görüntüleme çalışmaları, varyasyonların sistematik olarak belgelenmesi ve multidisipliner yaklaşımların artırılması, gelecekte daha iyi tedavi sonuçları elde edilmesini sağlayacaktır. Bu nedenle, klinik anatomi eğitiminin tıp müfredatındaki yeri ve önemi her geçen gün daha da artmaktadır.

KAYNAKÇA

1. Nakano, H., Fujiwara, T., Tsujimoto, Y., Morishima, N., Kasahara, T., Ameya, M., Tachibana, K., Sanada, S., Toufukuji, S., & Hato, N. (2024). Physical therapy for peripheral facial palsy: A systematic review and meta-analysis. *Auris Nasus Larynx*, 51(1), 154–160. <https://doi.org/10.1016/j.anl.2023.04.007>
2. Hohman, M. H., Warner, M. J., & Varacallo, M. A. (2025). Bell palsy. In *StatPearls [Internet]*. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing. Retrieved from <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/29493915/>
3. Matejčík, V., & Péntzesová, G. (2008). Our experience with surgical treatment of lesions of nervus facialis. *Neurocirurgia (Astur)*, 19(2), 127–132. [https://doi.org/10.1016/S1130-1473\(08\)70236-7](https://doi.org/10.1016/S1130-1473(08)70236-7)
4. Fierek, O., Laskawi, R., & Kunze, E. (2006). Solitary intraparotid neurofibroma of the facial nerve. Symptomatology, biology and management [Article in German]. *HNO*, 54(10), 772–777. <https://doi.org/10.1007/s00106-005-1366-3>
5. Terzis, J. K., & Anesti, K. (2011). Developmental facial paralysis: A review. *Journal of Plastic, Reconstructive & Aesthetic Surgery*, 64(10), 1318–1333. <https://doi.org/10.1016/j.bjps.2011.04.015>
6. Seiff, S. R., & Carter, S. R. (2002). Facial nerve paralysis. *International Ophthalmology Clinics*, 42(2), 103–112. <https://doi.org/10.1097/00004397-200204000-00010>
7. Molinari, G., Lucidi, D., Fernandez, I. J., Barbazza, A., Vanelli, E., Lami, F., Federici, G., Botti, C., Presutti, L., D'Angelo, R., Rinaldi, R., & Alicandri-Ciufelli, M. (2023). Acquired bilateral facial palsy: A systematic review on aetiologies and management. *Journal of Neurology*, 270(11), 5303–5312. <https://doi.org/10.1007/s00415-023-11897-7>
8. DeBord, K., Ding, P., Harrington, M., Duggal, R., Genther, D. J., Ciolek, P. J., & Byrne, P. J. (2023). Clinical application of physical therapy in facial paralysis treatment: A review. *Journal of Plastic, Reconstructive & Aesthetic Surgery*, 87, 217–223. <https://doi.org/10.1016/j.bjps.2023.10.076>

BEDEN EĞİTİMİ VE SPOR DERSLERİNE KATILIMI ETKİLEYEN BİREYSEL FAKTÖRLERİN İNCELENMESİ

Doç. Dr. Emine ÖZTÜRK KARATAŞ

Malatya Turgut Özal Üniversitesi Sağlık Bilimleri Fakültesi, Egzersiz ve spor Bilimleri
Bölümü

ORCID ID: 0000-0002-4142-5369

emine.karatas@ozal.edu.tr

Prof. Dr. Özgür KARATAŞ

İnönü Üniversitesi Spor Bilimleri Fakültesi, Spor Yöneticiliği Bölümü

ORCID ID: .0000-0002-7863-2898

ozgur.karatas@inonu.edu.tr

Dr. İsmail ÖNER

ORCID ID: 0000-0003-0332-2139

smailoner1@gmail.com

ÖZET

Beden eğitimi ve spor derslerine katılım, öğrencilerin fiziksel, sosyal ve psikolojik gelişimi açısından kritik bir rol oynamaktadır. Bu derslere katılım düzeyini etkileyen pek çok etken arasında bireysel faktörler öne çıkmaktadır. Bu araştırmanın amacı beden eğitimi ve spor derslerine katılımı etkileyen bireysel faktörlerin incelenmesidir. Araştırmada, nitel araştırma metodolojisine odaklanılarak doküman analizi yöntemi tercih edilmiştir. Araştırmada beden eğitimi ve spor derslerine katılımı etkileyen faktörler ile ilgili akademik çalışmalar ve kitaplardan yararlanılarak orijinallikleri kontrol edilmiştir. Araştırma ile ilgili yayınlar detaylı bir şekilde incelenip belirlenen dokümanlar titizlikle okunarak yorumlanmıştır. Beden eğitimi ve spor derslerine katılımı etkileyen bireysel faktörlerden yaş, cinsiyet, beden algısı, fiziksel yeterlilik, özgüven ve motivasyon, öğrencilerin beden eğitimi ve spor dersine yönelik ilgilerini ve katılım düzeylerini etkilediği bulgularına ulaşılmıştır. Sonuç olarak; Beden eğitimi ve spor derslerine katılım, öğrencilerin fiziksel, sosyal ve psikolojik gelişiminde önemli bir rol oynar. Derslere katılım düzeyi; yaş, cinsiyet, beden algısı, fiziksel yeterlilik, özgüven ve motivasyon gibi bireysel faktörlerden etkilenmektedir. Yaş ilerledikçe katılım azalabildiği; cinsiyet, özellikle kız öğrenciler açısından dezavantaj oluşturabildiği, olumsuz beden algısı ve düşük özgüven, dersten kaçınmaya yol açtığı; yüksek

motivasyon ise derslere katılımı artırmaktadır. Bu nedenle öğretmenlerin, bireysel farklılıkları gözeterak dersleri planlaması büyük önem taşımaktadır.

Anahtar Kelimeler: Beden eğitimi, Spor, Beden eğitimi ve Spor Dersi, Bireysel Farklılıklar, Fiziksel Aktivite

INVESTIGATION OF INDIVIDUAL FACTORS AFFECTING PARTICIPATION IN PHYSICAL EDUCATION AND SPORTS CLASSES

ABSTRACT

Participation in physical education and sports classes plays a critical role in the physical, social and psychological development of students. Among the many factors that affect the level of participation in these classes, individual factors stand out. The aim of this research is to examine the individual factors that affect participation in physical education and sports classes. In the research, the document analysis method was preferred by focusing on the qualitative research methodology. In the research, academic studies and books on factors that affect participation in physical education and sports classes were used to check their originality. Publications related to the research were examined in detail and the determined documents were meticulously read and interpreted. It was found that age, gender, body perception, physical adequacy, self-confidence and motivation among the individual factors that affect participation in physical education and sports classes affect students' interest and participation levels in physical education and sports classes. In conclusion; Participation in physical education and sports classes plays an important role in the physical, social and psychological development of students. The level of participation in classes is affected by individual factors such as age, gender, body perception, physical adequacy, self-confidence and motivation. As participation decreases with age; gender can be a disadvantage especially for female students, negative body image and low self-confidence can lead to avoiding lessons, while high motivation increases participation in lessons. Therefore, it is of great importance for teachers to plan lessons by considering individual differences.

Keywords: Physical education, Sport, Physical Education and Sports Lesson, Individual Differences, Physical Activity

GİRİŞ

Beden eğitimi ve spor dersi, öğrencilerin sadece fiziksel gelişimlerini desteklemekle kalmayan; aynı zamanda sosyal, duygusal ve bilişsel alanlarda da gelişimlerine katkı sağlayan çok boyutlu bir eğitim alanıdır (Bailey, 2006). Bu ders aracılığıyla öğrenciler sağlıklı yaşam alışkanlıkları edinirken, aynı zamanda özgüven, iş birliği, liderlik ve stresle başa çıkma gibi önemli yaşam becerilerini de kazanma imkânı bulmaktadır. Beden eğitimi ve spor derslerinden beklenen bu kazanımların elde edilebilmesi, öğrencilerin bu derslere aktif ve sürekli katılım göstermeleriyle doğrudan ilişkilidir (Pate ve ark., 2011).

Beden eğitimi ve spor dersleri, öğrencilerin fiziksel sağlığının geliştirilmesinin ötesinde, zihinsel, duygusal ve sosyal gelişimlerini destekleyen temel bir eğitim alanıdır. Beden eğitimi, bireyin yaşam boyu fiziksel etkinlik alışkanlığı kazanmasında, stresle başa çıkma becerisinin gelişmesinde ve takım çalışması gibi sosyal becerilerin edinilmesinde önemli bir rol oynamaktadır (Gürbüz ve Çelebi, 2020).

Öğrencilerin beden eğitimi ve spor derslerine katılımı öğrencinin içsel dünyasına aitken, bazıları da demografik ya da fiziksel niteliklere dayanmaktadır (Uğraş ve Sungur, 2018). Özgüveni yüksek olan öğrenciler fiziksel aktivitelere katılma konusunda daha istekli olabilirken, bedensel farkındalığı düşük ya da beden imajı olumsuz olan bireyler bu tür derslerden kaçınabilmektedir (Hazar ve ark., 2021). Benzer şekilde, bireyin içsel motivasyonu ve öz yeterlik algısı da katılım üzerinde doğrudan etkilidir. Motivasyonu yüksek olan bireyler, derslerde aktif olarak yer almakta ve bu durum öğrenme süreçlerini olumlu yönde etkilemektedir (Yılmaz ve Yanık, 2024).

Beden eğitimi ve spor derslerine katılımı etkileyen birçok değişken bulunmakla birlikte, bu faktörler genellikle bireysel, çevresel ve öğretimsel olmak üzere üç temel başlık altında toplanmaktadır (Gao ve ark., 2013). Bireysel faktörler ise öğrencilerin katılım davranışları üzerinde en doğrudan ve güçlü etkiye sahip olan değişkenler olarak ön plana çıkmaktadır. Özellikle öğrencinin yaşı, cinsiyeti, beden algısı, fiziksel yeterliliği, özgüveni ve motivasyon düzeyi, derse olan ilgisini ve etkinliklere aktif katılımını büyük ölçüde belirlemektedir (Babic ve ark., 2014; Domville ve ark., 2019).

Bu araştırmanın amacı beden eğitimi ve spor derslerine katılımı etkileyen bireysel faktörlerin incelenmesidir.

MATERYAL VE METOT

Araştırmada, nitel araştırma metodolojisine odaklanılarak doküman analizi yöntemi tercih edilmiştir. Doküman incelemesi bir olayın belli zamanlardaki ya da zaman içerisinde geçirdiği değişimlerin açıklanmasıyla ilgilidir. Belirli bir amaca hizmet eder, çalışma alanına bilgi sağlar ve belirli olayları açıklar (Best ve Kahn, 2017). Araştırmada beden eğitimi ve spor derslerine katılımı etkileyen bireysel faktörler ile ilgili akademik çalışmalar, yararlanılarak orijinallikleri kontrol edilmiştir. Araştırma ile ilgili yayımlar detaylı bir şekilde incelenip belirlenen dokümanlar titizlikle okunarak yorumlanmıştır.

BULGULAR

Beden eğitimi derslerine katılım üzerinde etkili olan çeşitli faktörler arasında **cinsiyet**, hem kültürel hem de bireysel düzeyde önemli bir rol oynamaktadır (Hills, 2007). Cinsiyet, bireyin bedensel yeterlilik algısından derse yönelik tutumuna kadar birçok değişkeni etkilemekte, bu durum da öğrencilerin beden eğitimi derslerine katılım düzeylerini doğrudan belirlemektedir (Domville ve ark., 2019). Cinsiyet, toplum tarafından yapılandırılmış roller ve beklentilerle birlikte ele alındığında, öğrencilerin beden eğitimi derslerine yaklaşımlarını biçimlendiren önemli bir faktör olarak karşımıza çıkar. Geleneksel toplumsal cinsiyet rolleri, erkek öğrencilerin spora ve fiziksel aktivitelere daha yatkın ve başarılı olmaları gerektiği yönünde beklentiler üretirken; kız öğrenciler daha pasif, estetik ya da düşük tempolu etkinliklerle ilişkilendirilir (Azzarito ve Solomon, 2005). Bu durum, özellikle ergenlik çağındaki kız öğrencilerin beden eğitimi derslerinden uzaklaşmalarına neden olabilir.

Bireysel faktörler arasında yer alan **yaş**, öğrencinin fiziksel, bilişsel ve sosyal gelişim düzeyini doğrudan etkileyen temel bir değişkendir. Öğrencinin yaşı arttıkça, fiziksel yeterlilik, benlik algısı, sosyal baskılar ve akademik yük gibi çeşitli unsurlar da değişmekte; bu durum da beden eğitimi ve spor derslerine yönelik tutumları ve katılım davranışlarını önemli ölçüde etkilemektedir (Cairney ve ark., 2012; Gao ve ark., 2013). Çocukların ve gençlerin gelişim süreçleri; fiziksel uygunluk, motor beceri, sosyal etkileşim ve benlik algısı gibi çok sayıda boyutu kapsar. Bu süreçte yaşın artması, bu

boyutlarda da önemli değişimlere neden olur. Özellikle 6–12 yaş arası çocuklarda beden eğitimi dersleri genellikle daha eğlenceli ve oyun temelli etkinliklerle ilişkilendirilirken, 13 yaş ve sonrasında ergenlik dönemiyle birlikte bu derslere yönelik tutumlar farklılaşmaya başlar (Sallis ve ark., 2000).

Beden eğitimi ve spor dersine katılım düzeyini etkileyen birçok bireysel ve çevresel faktör bulunmakta olup, bireysel faktörler arasında yer alan **beden algısı**, öğrencilerin bu derslere katılım kararlarını belirlemede önemli bir rol oynamaktadır. Beden algısı, bireyin kendi vücudunu nasıl algıladığı, değerlendirdiği ve bu algıya yönelik hissettiği duyguları kapsayan çok boyutlu bir kavramdır (Cash ve Pruzinsky, 2002). Beden algısı olumlu ya da olumsuz yönde şekillenebilir ve bu durum bireyin fiziksel aktiviteye katılım düzeyini, özgüvenini ve sosyal ilişkilerini etkileyebilir (Tiggemann ve Williamson, 2000). Beden algısı, bireyin vücut şekli, kilosu, boyu ve genel fiziksel görünümüne ilişkin düşüncelerinin, duygularının ve tutumlarının birleşimidir. Bu algı, çocukluk döneminden itibaren çevresel faktörlerle şekillenmeye başlar. Aile, arkadaş çevresi, medya ve öğretmen gibi sosyal çevre unsurları beden algısının gelişiminde belirleyici rol oynar (Grogan, 2021). Özellikle ergenlik döneminde yaşanan fiziksel değişimler, bireyde beden farkındalığını artırmakta ve bu süreçte beden algısında bozulmalar ya da olumsuz değerlendirmeler ortaya çıkabilmektedir (Ricciardelli ve McCabe, 2001).

Beden eğitimi ve spor dersine katılım düzeyini etkileyen faktörlerden fiziksel yeterlilik, bireyin belirli fiziksel aktiviteleri etkili ve verimli bir şekilde gerçekleştirme kapasitesi olarak tanımlanabilir (Caspersen ve ark., 1985). Bu yeterlilik; kardiyovasküler dayanıklılık, kas kuvveti, esneklik, denge ve koordinasyon gibi çeşitli bileşenleri içerir. Fiziksel yeterliliği yüksek bireylerin, beden eğitimi derslerinde daha başarılı ve motive oldukları; buna karşın yeterlilik düzeyi düşük bireylerin derslere katılımında isteksizlik gösterdiği belirlenmiştir (Hardman ve Marshall, 2000). Özellikle düşük motor beceriye sahip öğrenciler, spor etkinliklerinde başarısız olma ve alay edilme korkusuyla beden eğitimi derslerine karşı olumsuz bir tutum geliştirebilir (Cairney ve ark., 2005).

Derslere aktif ve gönüllü katılım, birçok bireysel ve çevresel faktöre bağlı olarak değişiklik gösterebilir. Bireysel faktörler arasında yer alan **özgüven**, öğrencinin kendi

yeteneklerine duyduğu güven ve başarabileceğine olan inanç düzeyini ifade eder. Özgüveni yüksek bireyler daha fazla risk alabilir, sosyal ortamlarda daha etkin olabilir ve fiziksel etkinliklerde daha motive şekilde yer alabilirler (Bandura, 1997). Beden eğitimi ve spor alanında ise özgüven, bireyin fiziksel beceriler konusunda kendine duyduğu güven anlamına gelir. Bu özgüven, spora katılımı artırdığı gibi, bireyin fiziksel yeterlilik algısını da olumlu etkiler (Fox, 2003). Beden eğitimi dersleri de özgüvenin gelişimi için önemli bir fırsat sunar. Ancak bu süreç karşılıklıdır; özgüveni düşük bireyler, başarısızlık kaygısı ve sosyal yargı korkusuyla bu derslere katılmaktan kaçınabilir (Harter, 1985).

Beden eğitimi ve spor dersleri, öğrencilerin fiziksel, psikolojik ve sosyal gelişimlerini destekleyen temel öğrenme alanlarından biridir. Ancak bu derslere olan katılımında gözlemlenen farklılıklar, bireysel ve çevresel pek çok faktörle ilişkilidir. Bireysel faktörler arasında yer alan **motivasyon**, öğrencinin derslere yönelik ilgi düzeyini, çaba gösterme isteğini ve devamlılık sağlayabilme güdüsünü belirlemesi açısından kritik öneme sahiptir (Deci ve Ryan, 2013). Beden eğitimi bağlamında içsel motivasyona sahip öğrenciler, derslere öğrenme ve gelişme isteğiyle katılırken; dışsal motivasyona sahip öğrenciler not almak, öğretmen tarafından takdir edilmek veya arkadaş baskısından dolayı derse katılım gösterebilir. Bu durum, katılımın niteliğini ve devamlılığını belirleyen önemli bir değişkendir (Ntoumanis, 2005).

TARTIŞMA VE SONUÇ

Cinsiyet farklılıkları sadece toplumsal beklentiler düzeyinde değil, fiziksel yeterlilik algısı ve beden memnuniyeti açısından da beden eğitimi derslerine katılımı etkileyebilmektedir. Erkek öğrencilerin fiziksel uygunluk düzeyleri genellikle daha yüksek olduğu için, beden eğitimi ve spor etkinliklerinde kendilerini daha yeterli hissetme eğilimindedirler (Babic ve ark., 2014). Buna karşın, özellikle ergenlik dönemindeki kız öğrenciler, bedenlerinden duydukları memnuniyetsizlik nedeniyle beden eğitimi etkinliklerinden kaçınma davranışı gösterebilirler (Slater ve Tiggemann, 2010). Domville ve ark., (2019), kız öğrencilerin beden eğitimi ve spor derslerinde fiziksel görünüşlerinden endişe duyduklarını ve bu durumun derse katılım motivasyonlarını olumsuz etkilediğini ortaya koymuştur. Bu da, fiziksel aktivitenin kendisinden çok, bedeninin “başkalarının bakışına maruz kalma” kaygısıyla ilişkilendirilmesini

göstermektedir. Alemdağ ve ark. (2014) araştırmasında beden eğitimi dersine yönelik tutumlarının, cinsiyet değişkenine göre erkek katılımcıların lehine farklılaştığını saptamışlardır. Yıldızhan ve arkadaşlarının (2019), gerçekleştirilen çalışmada ise, kız öğrencilerin beden eğitimi dersine katılım puanlarının erkek öğrencilere göre daha yüksek olduğu belirlenmiştir.

Yaşın ilerlemesiyle birlikte ergenlik döneminde bireyler bedensel değişimlerle karşı karşıya kalırken, sosyal karşılaştırmalar artmakta ve özgüven düzeylerinde dalgalanmalar görülmektedir. Bu durum, özellikle beden algısına ve fiziksel uygunluk düzeyine ilişkin endişelerin artmasına yol açarak beden eğitimi ve spor derslerinden uzaklaşmaya neden olabilmektedir (Slater ve Tiggemann, 2010). Sarıdede (2018) tarafından yapılan çalışmada öğrencilerin beden eğitimi ve spor dersine karşı tutumlarının yaş düzeyine göre farklılık gösterdiği belirlenmiştir. Namlı ve ark. (2024), tarafından yapılan bir çalışmada, beden eğitimi ve spor dersine katılım motivasyonu ve katılımı engelleyen faktörler incelenmiş ve yaşın ilerlemesiyle birlikte beden eğitimi ve spor dersine katılım motivasyonunun azaldığını ve çeşitli engellerin (örneğin, beden eğitimi öğretmeninden kaynaklı sorunlar, bireysel engeller ve çevresel faktörler) katılımı olumsuz etkilediğini ortaya koymuştur.

Olumsuz beden algısına sahip bireylerde özgüven düzeyinde düşüş, sosyal izolasyon, depresyon ve beden eğitimi ve spor derslerine karşı isteksizlik gibi belirtiler gözlemlenebilir. Bunun aksine, olumlu beden algısı geliştiren bireyler fiziksel aktivitelere daha istekli katılmakta ve beden eğitimi ve spor derslerinde daha yüksek motivasyon göstermektedir (Hausenblas ve Fallon, 2006). Gao ve ark. (2013), olumsuz beden algısına sahip öğrencilerin, beden eğitimi ve spor derslerinde hem fiziksel hem de sosyal anksiyete yaşadıklarını ve bu nedenle dersten kaçınma davranışları sergilediklerini belirtmiştir. Aynı zamanda, bu öğrenciler beden eğitimi ve spor derslerinde kendilerini başarısız hissedebilir ve sosyal dışlanma korkusu nedeniyle derse katılımı sınırlayabilirler. Bununla birlikte, beden eğitimi ve spor derslerinin içeriği ve öğretmen yaklaşımları, öğrencilerin beden algısını olumlu veya olumsuz yönde etkileyebilir. Destekleyici, kapsayıcı ve güvenli bir ders ortamı, öğrencilerin bedenlerini daha olumlu algılamalarına yardımcı olabilir (Parsons ve Betz, 2001).

Fiziksel yeterliliği yüksek öğrencilerin, beden eğitimi derslerine daha istekli katıldıkları ve bu derslerde kendilerini yeterli hissettikleri yapılan çalışmalarla ortaya konmuştur (Chen, 2001). Buna karşın, düşük fiziksel yeterliliğe sahip bireyler, beden eğitimi derslerinde performans kaygısı yaşayabilir, akranlarıyla kıyaslanma endişesi hissedebilir ve bu nedenle dersten kaçınma davranışları gösterebilir (Portman, 1995). Fiziksel yeterlilik düzeyleri, bireyler arasında yaş, cinsiyet ve gelişimsel farklılıklara bağlı olarak değişiklik gösterebilir. Özellikle ergenlik dönemindeki öğrenciler arasında fiziksel kapasitede önemli değişimler yaşanmakta; bu durum öğrencilerin beden eğitimi ve spor derslerine yönelik katılım düzeylerini de etkileyebilmektedir (Malina ve ark., 2004). Araştırmalar, erkek öğrencilerin fiziksel yeterlilik açısından beden eğitimi derslerine daha aktif katıldıklarını, kız öğrencilerin ise zaman zaman düşük yeterlilik algısı nedeniyle çekingen davrandıklarını göstermektedir (Trost ve ark., 1997).

Özgüveni yüksek öğrencilerin beden eğitimi derslerine daha aktif katıldığını, grup çalışmalarına liderlik ettiğini ve sportif faaliyetlerde daha çok sorumluluk aldığını göstermektedir (Standage ve ark., 2003). Özgüveni düşük bireylerde ise fiziksel etkinlikler sırasında utanma, eleştirilme korkusu ve yetersizlik hissi yaygındır. Bu duygular, dersten kaçınma ya da pasif katılım gibi davranışlara neden olabilir (Portman, 1995). Ayrıca beden eğitimi derslerinde maruz kalınan olumsuz akran yorumları, düşük özgüvenli bireylerin katılımını daha da zorlaştırabilir (Cairney ve ark., 2005). Düşük özgüvenli bireyler, bedensel performanslarının yetersiz olduğuna inanarak denemekten çekinebilir. Bu durum, öğrenme sürecini olumsuz etkileyerek öğrencinin beden eğitimi ve spor derslerinden uzaklaşmasına yol açabilir. Bu nedenle öğretmenlerin, her öğrencinin katılımını destekleyici ve pozitif bir sınıf ortamı oluşturması kritik önemdedir (Ennis, 1996).

Motivasyon düzeyi yüksek öğrenciler, beden eğitimi ve spor derslerine daha istekli katılmakta, yeni beceriler öğrenmeye açık olmakta ve daha fazla çaba sarf etmektedir (Standage ve ark., 2003). Öte yandan, düşük motivasyon düzeyi, beden eğitimi derslerine yönelik ilginin azalmasına, isteksiz katılıma ve kaçınma davranışlarına neden olabilir. Bazı öğrenciler beden eğitimi ve spor derslerini fiziksel yetersizlik ya da sosyal kaygılar nedeniyle tehdit edici bir ortam olarak görebilir (Portman, 1995). Beden eğitimi ve spor derslerinin öğrenci merkezli ve çeşitlilik içeren etkinliklerle planlanması da

motivasyonu artırmaktadır. Monoton, yarışmacı ve sadece fiziksel yeterliliğe dayalı programlar, özellikle düşük performans gösteren öğrencilerde motivasyonu düşürebilir (Ennis, 1996). Araştırmalar, erkek öğrencilerin beden eğitimi ve spor derslerinde kız öğrencilere kıyasla daha yüksek motivasyona sahip olduğunu göstermektedir. (Koca ve Demirhan, 2005). Yaş ilerledikçe öğrencilerin motivasyonunda azalma görülebilmektedir. Özellikle ergenlik döneminde beden eğitimi ve spor derslerine karşı ilginin azalması, öz yeterlik algısı ve sosyal etkileşim kaygısı ile açıklanabilir (Cox ve ark., 2008). Sosyoekonomik düzey de öğrencinin motivasyonunu etkilemektedir. Fiziksel aktiviteye yönelik fırsatların az olduğu sosyoekonomik düzeyi düşük öğrenciler, beden eğitimi ve spor derslerine yönelik daha düşük motivasyona sahip olabilmektedir (Sallis ve ark., 2000).

Sonuç olarak; Yaş faktörü, öğrencilerin bedensel ve psikososyal gelişim süreçleriyle doğrudan ilişkilidir. Yaş ilerledikçe öğrencilerin beden eğitimi derslerine olan ilgilerinde ve katılım motivasyonlarında azalma görülebilmekte; bu durum, ergenlik döneminde yaşanan fiziksel ve duygusal değişimlerle ilişkilendirilmektedir. Bu nedenle, ders içeriklerinin yaşa uygun biçimde uyarlanması ve öğretim yöntemlerinin yaşa duyarlı biçimde planlanması büyük önem taşımaktadır. Cinsiyet ise, özellikle toplumsal normlar ve beden algısıyla etkileşim içerisinde, katılımı farklılaştıran bir diğer önemli faktördür. Kız öğrencilerin çeşitli nedenlerle beden eğitimi derslerine daha düşük katılım gösterdiği gözlemlenmektedir. Bu durumun önüne geçebilmek için daha kapsayıcı ve eşitlikçi bir eğitim ortamı oluşturulması gereklidir. Beden algısı, öğrencilerin kendilerini fiziksel olarak nasıl gördüklerini ve buna bağlı olarak fiziksel etkinliklere ne derece katıldıklarını belirler. Olumsuz beden algısı, öğrencilerde dersten kaçınma davranışına yol açabilmektedir. Benzer biçimde, öğrencilerin fiziksel yeterlilik düzeyleri de katılımı etkileyen belirleyici unsurlardandır. Yetersiz hissetme, özgüven eksikliğine ve motivasyon kaybına neden olabilir. Özgüveni yüksek öğrenciler ise derse daha istekli ve aktif katılım göstermektedir. Öğrencilerin içsel ve dışsal motivasyon düzeyleri, beden eğitimi derslerine katılım davranışlarını doğrudan etkilemektedir. Bu nedenle öğretmenlerin, motivasyonu destekleyen öğrenme ortamları oluşturması ve bireysel farklılıkları dikkate alan stratejiler geliştirmesi gerekmektedir.

KAYNAKLAR

- Alemdağ, S., Öncü, E., & Sakallıoğlu, F. (2014). Sınıf öğretmeni adaylarının beden eğitimi dersine yönelik tutum ve öz-yeterlikleri. *Abant İzzet Baysal Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 14(2), 45-60.
- Azzarito, L., & Solomon, M. A. (2005). A reconceptualization of physical education: The intersection of gender/race/social class. *Sport, Education and Society*, 10(1), 25–47.
- Babic, M. J., Morgan, P. J., Plotnikoff, R. C., Lonsdale, C., White, R. L., & Lubans, D. R. (2014). Physical activity and physical self-concept in youth: Systematic review and meta-analysis. *Sports Medicine*, 44(11), 1589–1601.
- Bailey, R. (2006). Physical education and sport in schools: A review of benefits and outcomes. *Journal of School Health*, 76(8), 397–401.
- Bandura, A. (1997). *Self-efficacy: The exercise of control*. New York: W.H. Freeman.
- Best, J. W., & Kahn, J. V. (2017). *Eğitimde araştırma yöntemleri*. (Çev. Ed. Köksal, O.). Konya: Eğitim Yayınevi.
- Cairney, J., Hay, J. A., Faight, B. E., Mandigo, J., & Flouris, A. (2005). Developmental coordination disorder, self-efficacy toward physical activity, and play: Does gender matter? *Adapted Physical Activity Quarterly*, 22(1), 67–82.
- Cairney, J., Kwan, M. Y., Hay, J. A., & Faight, B. E. (2012). Developmental coordination disorder, gender, and body weight: Examining the impact of physical activity participation on psychosocial stress and self-concept in children. *Research in Developmental Disabilities*, 33(5), 1625–1632.
- Cash, T. F., & Pruzinsky, T. (Eds.). (2002). *Body image: A handbook of theory, research, and clinical practice*. Guilford Press.
- Caspersen, C. J., Powell, K. E., & Christenson, G. M. (1985). Physical activity, exercise, and physical fitness: Definitions and distinctions for health-related research. *Public Health Reports*, 100(2), 126–131.
- Chen, A. (2001). A theoretical conceptualization for motivation research in physical education: An integrated perspective. *Quest*, 53(1), 35–58.
- Cox, A. E., Smith, A. L., & Williams, L. (2008). Change in physical education motivation and physical activity behavior during middle school. *Journal of Adolescent Health*, 43(5), 506–513.

- Deci, E. L., & Ryan, R. M. (2013). *Intrinsic motivation and self-determination in human behavior*. Springer Science & Business Media.
- Domville, M., Watson, P. M., Richardson, D., & Graves, L. E. F. (2019). Children's perceptions of factors that influence PE enjoyment: A qualitative investigation. *Physical Education and Sport Pedagogy*, 24(3), 207–219.
- Ennis, C. D. (1996). Students' experiences in sport-based physical education: (More than) apologies are necessary. *Quest*, 48(4), 453–456.
- Fox, K. R. (2003). The effects of exercise on self-perceptions and self-esteem. In S. J. H. Biddle, K. R. Fox & S. H. Boutcher (Eds.), *Physical activity and psychological well-being* (pp. 88–117). London: Routledge.
- Gao, Z., Lee, A. M., & Solmon, M. A. (2013). Understanding students' motivation in physical education: From the expectancy-value model and self-determination theory perspectives. *Quest*, 65(1), 71–85.
- Grogan, S. (2021). *Body image: Understanding body dissatisfaction in men, women and children* (3rd ed.). Routledge.
- Gürbüz, B., & Çelebi, M. (2020). Beden eğitimi dersinin öğrencilerin sosyal beceri gelişimine etkisi. *Spor ve Eğitim Bilimleri Dergisi*, 4(2), 78–90.
- Hardman, K., & Marshall, J. J. (2000). The state and status of physical education in schools in international context. *European Physical Education Review*, 6(3), 203–229.
- Harter, S. (1985). *Manual for the Self-Perception Profile for Children*. Denver: University of Denver.
- Hausenblas, H. A., & Fallon, E. A. (2006). Exercise and body image: A meta-analysis. *Psychology and Health*, 21(1), 33–47.
- Hazar, G., Pepe, H., & Hazar, Z. (2021). Ortaöğretim öğrencilerinin beden eğitimi dersine karşı tutumlarını etkileyen faktörlerin araştırılması. *Düzce Üniversitesi Spor Bilimleri Dergisi*, 1(1), 33-40.
- Hills, L. A. (2007). Friendship, physicality, and physical education: An exploration of the social and embodied dynamics of girls' physical education experiences. *Sport, Education and Society*, 12(3), 317–336.

- Koca, C., & Demirhan, G. (2005). Attitudes toward physical education and class preferences of Turkish adolescents in terms of school gender composition. *Adolescence*, 39(154), 203–214.
- Malina, R. M., Bouchard, C., & Bar-Or, O. (2004). *Growth, Maturation, and Physical Activity* (2nd ed.). Human Kinetics.
- Namlı, E., Tekkurşun Demir, G., & Doğangün, B. (2024). Lise öğrencilerinin fiziksel aktiviteye katılım motivasyonları ile katılımı engelleyen bireysel faktörler arasındaki ilişki. *Beden Eğitimi ve Spor Bilimleri Dergisi*, 18(1), 21–35.
- Ntoumanis, N. (2005). A prospective study of participation in optional school physical education using a self-determination theory framework. *Journal of Educational Psychology*, 97(3), 444–453.
- Parsons, E. M., & Betz, N. E. (2001). The relationship of participation in sports and physical activity to body objectification, self-esteem, and disordered eating. *Sex Roles*, 45(7-8), 427–437.
- Pate, R. R., O’Neill, J. R., & McIver, K. L. (2011). Physical activity and health: Does physical education matter? *Quest*, 58(1), 60–70.
- Portman, P. A. (1995). Who is having fun in physical education classes? Experiences of sixth-grade students in elementary and middle schools. *Journal of Teaching in Physical Education*, 14(4), 445–453.
- Ricciardelli, L. A., & McCabe, M. P. (2001). Children’s body image concerns and eating disturbance: A review of the literature. *Clinical Psychology Review*, 21(3), 325–344.
- Sallis, J. F., Prochaska, J. J., & Taylor, W. C. (2000). A review of correlates of physical activity of children and adolescents. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 32(5), 963–975.
- Sarıdede, Ş. K. (2018). *Ortaöğretim öğrencilerinin beden eğitimi dersine ilişkin tutumlarının incelenmesi* (Yüksek lisans tezi). İstanbul Gelişim Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Antrenörlük Eğitimi Anabilim Dalı, Hareket ve Antrenman Bilimleri Bilim Dalı, İstanbul.
- Slater, A., & Tiggemann, M. (2010). “Uncool to do sport”: A focus group study of adolescent girls’ reasons for withdrawing from physical activity. *Psychology of Sport and Exercise*, 11(6), 619–626.

- Standage, M., Duda, J. L., & Ntoumanis, N. (2003). A model of contextual motivation in physical education: Using constructs from self-determination and achievement goal theories to predict physical activity intentions. *Journal of Educational Psychology*, 95(1), 97–110.
- Tiggemann, M., & Williamson, S. (2000). The effect of exercise on body satisfaction and self-esteem as a function of gender and age. *Sex Roles*, 43(1-2), 119–127.
- Trost, S. G., Pate, R. R., Saunders, R., Ward, D. S., Dowda, M., & Felton, G. (1997). A prospective study of the determinants of physical activity in rural fifth-grade children. *Preventive Medicine*, 31(6), 500–507.
- Uğraş, S., & Sungur, H. (2018). Öğrencilerin beden eğitimi dersine yönelik tutumlarının çeşitli değişkenler açısından incelenmesi. *Spor Bilimleri Dergisi*, 29(3), 145–155.
- Yıldızhan, Y. Ç., & Çağlayan, G. N. (2019). Öğrencilerin beden eğitimi dersine yönelik tutumları ile sosyal zekâ düzeyleri arasındaki ilişkinin incelenmesi. *Gazi Beden Eğitimi ve Spor Bilimleri Dergisi*, 24(4), 227-240.
- Yılmaz, A., & Yanık, H. (2024). Lise öğrencilerinin fiziksel aktiviteye katılım motivasyonları ile katılımı engelleyen bireysel faktörler arasındaki ilişki. *Beden Eğitimi ve Spor Bilimleri Dergisi*, 18(1), 21–35.

SPOR TESİSİ VE MALZEME EKSİKLİKLERİNİN BEDEN EĞİTİMİ ÖĞRETİMİNE ETKİSİ: AVRUPA VE TÜRKİYE KARŞILAŞTIRMASI

Dr. İsmail ÖNER

ORCID ID: 0000-0003-0332-2139

smailoner1@gmail.com

Doç. Dr. Emine ÖZTÜRK KARATAŞ

Malatya Turgut Özal Üniversitesi Sağlık Bilimleri Fakültesi, Egzersiz ve spor Bilimleri
Bölümü

ORCID ID: 0000-0002-4142-5369

emine.karatas@ozal.edu.tr

Prof. Dr. Özgür KARATAŞ

İnönü Üniversitesi Spor Bilimleri Fakültesi, Spor Yöneticiliği Bölümü

ORCID ID: . 0000-0002-7863-2898

ozgur.karatas@inonu.edu.tr

Özet

Bu çalışma, spor tesisi ve malzeme eksikliklerinin beden eğitimi öğretimi üzerindeki etkilerini Avrupa ülkeleri ve Türkiye örneği üzerinden karşılaştırmalı olarak incelemeyi amaçlamaktadır. Beden eğitimi, yalnızca fiziksel gelişimi değil; öğrencilerin sosyal, duygusal ve davranışsal becerilerini de geliştiren temel bir eğitim alanıdır. Ancak bu dersin eğitimsel potansiyelini gerçekleştirebilmesi, büyük ölçüde dersin yürütüldüğü fiziksel ortamın ve kullanılan materyallerin yeterliliğine bağlıdır.

Materyal ve Metot: Bu araştırma, betimsel içerik analizi yöntemiyle yürütülmüş; ulusal ve uluslararası kaynaklar incelenerek mevcut literatür analiz edilmiş, Avrupa ve Türkiye'deki uygulamalar karşılaştırılmıştır.

Bulgular: Spor tesisi ve malzeme eksikliklerinin Avrupa ve Türkiye'de beden eğitimi derslerini olumsuz etkilediğini göstermiştir. Avrupa'nın gelişmiş ülkelerinde altyapı yatırımları ders verimliliğini artırırken; bazı güney ve doğu Avrupa ülkelerinde eksiklikler derslerin iptaline yol açmaktadır. Türkiye'de ise bu sorunlar daha yaygındır. Spor salonu ve malzeme yetersizliği, öğretmen motivasyonunu düşürmekte, derslerin

etkinliğini azaltmaktadır. Ayrıca dersin sınav sistemine entegre olmaması, kaynak ayrımında geri planda kalmasına neden olmaktadır.

Sonuç: Beden eğitimi öğretiminin niteliği, fiziksel altyapı, yönetsel destek ve dersin sistemdeki yeriyle doğrudan ilişkilidir. Türkiye’deki yapısal eksikliklerin giderilmesi için beden eğitimi dersine stratejik önem verilmeli, fiziksel olanaklar artırılmalı ve dersin statüsü güçlendirilmelidir.

Anahtar Kelimeler: Beden Eğitimi, Beden Eğitimi Öğretimi, Spor Tesisleri

The Effect of Sports Facility and Material Deficiencies on Physical Education Teaching: A Comparison between Europe and Türkiye

Abstract

This study aims to comparatively examine the effects of sports facility and equipment shortages on physical education instruction through examples from European countries and Turkey. Physical education is a fundamental educational field that fosters not only physical development but also students' social, emotional, and behavioral skills. However, the ability of this course to realize its educational potential depends largely on the adequacy of the physical environment and materials used.

Materials and Methods: This research was conducted using descriptive content analysis, examining existing literature from national and international sources, and comparing practices in Europe and Türkiye.

Findings: It has been demonstrated that sports facility and equipment shortages negatively impact physical education classes in Europe and Turkey. While infrastructure investments increase course efficiency in developed European countries, these shortages lead to the cancellation of classes in some Southern and Eastern European countries. These problems are more prevalent in Turkey. Inadequate gyms and equipment reduce teacher motivation and reduce the effectiveness of classes. Furthermore, the course's lack of integration into the examination system causes it to fall behind in resource allocation.

Conclusion: The quality of physical education instruction is directly related to the physical infrastructure, administrative support, and the course's place within the system.

To address structural deficiencies in Turkey, physical education should be given strategic importance, physical facilities increased, and the course's status strengthened.

Keywords: Physical Education, Physical Education Teaching, Sports Facility

GİRİŞ

Beden eğitimi, öğrencilerin yalnızca fiziksel sağlıklarını korumaları ve geliştirmeleri açısından değil, aynı zamanda sosyal-duygusal gelişimleri, disiplin kazanımı ve takım ruhunun oluşması gibi bilişsel olmayan becerilerin geliştirilmesi açısından da temel bir eğitim alanıdır (UNESCO, 2015; Kirk, 2009). Öğrencilerin yaşam boyu fiziksel aktiviteye yönlendirilmesinde erken yaşta kazanılan olumlu spor deneyimlerinin etkili olduğu, çok sayıda çalışmada ortaya konmuştur (Haerens ve ark, 2011; Bailey ve ark, 2009).

Ancak beden eğitimi dersinin bu potansiyeli gerçekleştirebilmesi, eğitim ortamının fiziksel ve lojistik yeterliliği ile doğrudan ilişkilidir. Avrupa ülkelerinde beden eğitimi dersi, ulusal sağlık politikalarıyla da ilişkilendirilerek kurumsal destekle yürütülmektedir. Özellikle Batı ve Kuzey Avrupa ülkelerinde spor tesislerine yapılan yatırımların, öğrencilerin derse katılım motivasyonu, dersin kalitesi ve öğretmen memnuniyeti üzerindeki etkisi kanıtlanmıştır (Eurydice, 2018; Hardman, 2008). Buna karşın Türkiye gibi gelişmekte olan ülkelerde beden eğitimi dersi hâlâ ikincil öneme sahip bir alan olarak görülmekte; yeterli altyapı, materyal ve personel desteğinden yoksun bırakılmaktadır. Türkiye’de beden eğitimi dersi çoğu zaman sınav odaklı sistemin gölgesinde kalmakta; yeterli spor tesisi ve materyal sağlanmadığı için dersin uygulama boyutu zayıflamaktadır. Bu yalnızca pedagojik bir sorun değil; aynı zamanda eğitimde fırsat eşitliği ve kamu sağlığı açısından da önem taşıyan yapısal bir eksikliktir (Yaldız, 2024; Uğraş ve Aslan, 2022; Gülüm ve Bilir, 2011). Bu durum, öğretmenlerin dersleri uygulamalı değil, teorik ve pasif içeriklerle yürütmelerine neden olmakta, öğrencilerde ise kalıcı spor alışkanlıklarının oluşmasını engellemektedir (Morgan ve Hansen, 2008).

Bu araştırmanın amacı, Avrupa ve Türkiye'deki beden eğitimi uygulamaları arasında altyapı ve materyal yetersizliklerine dayalı farkları belirleyerek öğretim süreçlerine etkilerini ortaya koymaktır.

MATERYAL VE METOT

Bu araştırma, nitel araştırma desenlerinden betimsel içerik analizi yöntemi ile gerçekleştirilmiştir (Silverman ve Mercier, 2000). Bu yöntem, mevcut literatürde yer alan yazılı belgelerin sistematik biçimde incelenerek belirli temalar ve kategoriler altında anlamlı şekilde gruplandırılmasını ve bu yolla araştırma sorularına yanıt bulunmasını amaçlamaktadır. Betimsel içerik analizi, araştırmacıya hem mevcut bilgi birikimini ortaya koyma hem de uygulamalar arasındaki farklılıkları değerlendirme fırsatı sunar. Bu çalışmada konu ile alakalı yayımlanmış ulusal ve uluslararası akademik çalışmalar incelenmiştir.

BULGULAR

Yapılan incelemeler, spor tesisi ve ekipman eksikliklerinin hem Avrupa ülkelerinde hem de Türkiye'de beden eğitimi öğretiminin niteliğini etkilediğini göstermektedir. Avrupa genelinde özellikle kuzey ve batı ülkelerinde (örneğin Finlandiya, Almanya ve Hollanda) okul spor altyapısına ciddi yatırımlar yapılmakta; bu yatırımlar öğrenci motivasyonunu artırmakta, öğretmenlerin derslerini planladığı gibi uygulamasına olanak tanımaktadır ((Eurydice, 2018; Hardman, 2008).

Finlandiya'da beden eğitimi müfredatı, öğrencinin fiziksel gelişimini destekleyecek şekilde fiziki donanım temelli olarak yapılandırılmıştır (Haerens ve ark., 2011). Finlandiya'da beden eğitimi, hareket temelli ve çevreye duyarlı bir öğrenme yaklaşımıyla müfredata entegre edilmekte; spor salonları yalnızca derslerde değil, teneffüslerde ve ders dışı saatlerde de öğrencilere aktif olma imkânı sunmaktadır (Kämppi ve ark., 2018).

Almanya'da ise okulların çoğunda çok amaçlı spor salonları, oyun sahaları ve atletizm pistleri gibi tesisler standart hâle getirilmiş; yerel belediyeler bu altyapının bakımını üstlenmiştir (Pühse ve Gerber, 2005). Hollanda'da uygulanan "Beweegvriendelijke School" (hareket dostu okul) programı kapsamında, okulların fiziksel çevresi hareketi teşvik edecek şekilde yeniden tasarlanmakta; açık alan spor imkanları yaygınlaştırılmaktadır (Van Kann ark., 2016).

Hollanda da okul bahçeleri, bisiklet parkurları, tırmanma alanları, oyun istasyonları gibi fiziksel yapılarla zenginleştirilmekte; iç mekânlarda da beden eğitimi için çok amaçlı salonlar kullanılmaktadır (Collard ve ark., 2010). Ayrıca okul tesislerinin toplumla entegre kullanımı teşvik edilmekte; okul spor salonları akşam saatlerinde halkın da kullanımına açılmaktadır.

Buna karşın Doğu ve Güney Avrupa ülkelerinde (örneğin Romanya, Yunanistan, İspanya, Bulgaristan ve Portekiz) beden eğitimi öğretimi ciddi fiziksel altyapı eksikliklerinden etkilenmektedir. Bu ülkelerdeki birçok okulda spor salonu ya hiç bulunmamakta ya da fiziksel koşulları bakım ve donanım açısından yetersiz kalmaktadır (Hardman ve Green, 2011; Hardman ve Marshall, 2001; Cale, 2000). Özellikle kırsal bölgelerde açık alanlar dahi standartlara uygun değildir ve derslerin uygulanabilirliği büyük ölçüde mevsimsel koşullara bağlı kalmaktadır (Eurydice, 2015; Klavina ve Kudlacek., 2011). Öğretmenlerin uygulamalı ders yapma imkanı sınırlanmakta; dersler teorik anlatımla geçiştirilmekte veya tamamen iptal edilmektedir (Kudlacek ve ark., 2011).

Bu altyapı yetersizliği, öğrenci motivasyonunu olumsuz etkilediği gibi, öğretmenlerin mesleki doyumunu da düşürmektedir. Özellikle kış aylarında açık alanların kullanılamaz hale gelmesi, derslerin kapalı alan eksikliği nedeniyle pasif etkinliklere indirgenmesine veya tamamen iptal edilmesine neden olmaktadır (Richter ve ark., 2009; Adamakis ve Dania, 2020). Ayrıca bu ülkelerde beden eğitimi genellikle diğer derslere göre daha az öncelikli görülmekte; bütçe planlamalarında spor altyapısı en sona bırakılmaktadır (Pühse ve Gerber, 2005).

Türkiye’de beden eğitimi öğretiminde yaşanan sorunlar, Avrupa ülkelerine kıyasla daha yapısal ve yaygın niteliktedir. Milli Eğitim Bakanlığı (MEB), Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK) ve çeşitli akademik araştırmalardan elde edilen veriler, özellikle kırsal ve dezavantajlı bölgelerde spor salonu, açık alan ve ders malzemesi gibi fiziksel altyapı eksikliklerinin yaygın olduğunu göstermektedir. TÜİK (2023) verilerine göre devlet okullarının yaklaşık %42’sinde kapalı spor alanları bulunmamakta; özellikle Doğu ve Güneydoğu Anadolu bölgelerinde bu oran %60’ı aşmaktadır. Ayrıca okulların %60’ında beden eğitimi derslerinde kullanılabilecek temel ekipmanlar (top, minder, ip,

kondisyon aleti vb.) ya hiç bulunmamakta ya da kullanılamaz durumdadır (Yaldız, 2024; Kaya, 2020).

Bununla birlikte, mevcut spor salonlarının önemli bir kısmı da toplantı, sınav, tören ve diğer etkinlikler için kullanıldığından, beden eğitimi öğretmenleri ders saatlerinde bu alanlara erişim sağlayamamakta ve uygulamalı eğitimi sürdürememektedir (Gülüm ve Bilir, 2011; Temiz ve Sivrikaya, 2021). Özellikle çok amaçlı salonlarda eş zamanlı farklı kullanım talepleri, öğretmenlerin ders planlamasında sürekli değişiklik yapmasına neden olmakta; bu durum hem öğretim niteliğini düşürmekte hem de öğretmenlerde tükenmişlik ve motivasyon kaybına yol açmaktadır (Yılmaz ve ark., 2018). Öğretmen görüşlerine göre, altyapı yetersizlikleri yalnızca fiziksel uygulamaları değil, aynı zamanda öğretmen motivasyonunu ve öğrencilerin derse bakış açısını da olumsuz etkilemektedir. Malzeme eksikliği nedeniyle öğretmenler ders planlarını değiştirmek zorunda kalmakta; bu da mesleki tükenmişlik düzeyini artırmaktadır (Richter ve ark., 2009).

Bu sorunların daha da derinleşmesine neden olan bir diğer faktör, beden eğitimi dersinin Türkiye'deki merkezi sınav sistemine entegre edilmemiş olmasıdır. Beden eğitimi dersi hâlâ çoğu okul yöneticisi ve veli tarafından “not ağırlığı olmayan ikincil ders” olarak değerlendirilmekte; bu algı hem dersin statüsünü hem de kaynak ayrımını doğrudan etkilemektedir (Uğraş ve Aslan, 2022; Şen ve ark., 2021).

TARTIŞMA

Spor tesisi ve malzeme eksiklikleri, yalnızca beden eğitimi dersinin uygulama niteliğini değil, aynı zamanda öğretmenlerin mesleki motivasyonunu, öğrencilerin derse yönelik tutumlarını ve eğitim çıktılarının kalitesini doğrudan etkileyen yapısal bir sorundur. Elde edilen bulgular, bu sorunun Avrupa genelinde farklı düzeylerde yaşandığını; ancak özellikle Türkiye ve Güney-Doğu Avrupa ülkelerinde daha derin ve yaygın biçimde görüldüğünü ortaya koymaktadır.

Literatür verileri incelendiğinde, hem Avrupa ülkelerinde hem de Türkiye'de spor altyapısının öğretim süreçleri üzerindeki belirleyici rolü net biçimde görülmektedir. Avrupa ülkelerinde bile spor altyapısında bölgesel eşitsizlikler bulunmasına karşın, yerel

yönetimlerin ve eğitim bakanlıklarının bu eksiklikleri gidermeye yönelik somut politikalar geliştirdiği görülmektedir. Örneğin, Almanya’da belediyeler, okul spor salonlarını yalnızca öğrencilere değil halka açık tesisler olarak da planlamakta; bu sayede bütçe optimizasyonu sağlanmaktadır (Eurydice, 2018).

Finlandiya, beden eğitimi müfredatını altyapı koşulları doğrultusunda yeniden tasarlamış ve hareket temelli öğrenmeyi okul kültürünün bir parçası haline getirmiştir (Haerens ve ark., 2011). Bu yaklaşımlar öğretmenlerin planladıkları dersleri uygulayabilmelerine, öğrencilerin de etkin katılım göstermelerine olanak tanımaktadır.

Beden eğitimi derslerinin niteliği, yalnızca öğretim programı veya öğretmen yeterliliğiyle değil, aynı zamanda bu derslerin yürütüldüğü fiziki ortamların kalitesiyle de doğrudan ilişkilidir. Avrupa ülkelerinde özellikle Kuzey ve Batı Avrupa örneklerinde beden eğitimi, okulun bütüncül öğrenme yaklaşımıyla entegre biçimde ele alınmakta; okul altyapısı da buna uygun şekilde yapılandırılmaktadır (OECD, 2011). İsveç, Danimarka ve Norveç gibi ülkelerde beden eğitimi dersleri yalnızca spor salonlarıyla sınırlı kalmayıp, çevre dostu ve açık alan temelli fiziksel aktivitelerle desteklenmektedir (Sallis ve ark., 1991). Bu uygulamalar, öğrencilerin hem fiziksel sağlıklarını hem de çevresel farkındalıklarını geliştirmeye yönelik bütüncül bir yaklaşım sunmaktadır.

Buna karşın Türkiye’de özellikle kırsal bölgelerde beden eğitimi dersleri, ciddi tesis ve malzeme eksiklikleri nedeniyle planlandığı gibi uygulanamamaktadır. Osborne ve arkadaşlarının (2016) araştırmasına göre, beden eğitimi öğretmenlerinin %68’i derslerini uygulamalı biçimde işleyemediklerini belirtmekte; bu durumun temel nedenleri olarak “alan eksikliği” ve “malzeme yetersizliği” ön plana çıkmaktadır. Bu sorun yalnızca dersin içeriğini değil, öğretmenlerin mesleki doyumunu ve öğrencilerin motivasyon düzeyini de olumsuz etkilemektedir.

Türkiye’de sorunun yalnızca altyapı yetersizliği değil, aynı zamanda yönetsel ve kültürel bir duyarsızlık biçiminde ortaya çıkmaktadır. Beden eğitimi dersinin sınav sisteminde yer almaması, okul yöneticileri tarafından önceliksiz görülmesi, spor salonlarının farklı amaçlarla kullanılması gibi etmenler öğretmenleri yalnızca fiziki değil, psikolojik olarak da zorlamaktadır (Gülüm ve Bilir, 2011). Bu algı, öğretmenlerin ders için kaynak talep etmesini zorlaştırmakta; okul yöneticileri ve karar vericiler nezdinde

spor altyapısına yapılacak yatırımları ikincil konuma itmektedir. Oysa yapılan çalışmalar, okulda edinilen olumlu beden eğitimi deneyimlerinin yaşam boyu fiziksel aktivite alışkanlıklarını şekillendirdiğini göstermektedir (Telama ve ark., 2005).

Bu bağlamda Avrupa ülkelerinde uygulanan modelin yalnızca altyapı yatırımları değil, aynı zamanda beden eğitimi dersine dair kültürel ve yönetsel yaklaşımın bütüncül biçimde ele alınması gerektiği anlaşılmaktadır.

SONUÇ

Beden eğitimi derslerinin niteliği, yalnızca öğretim programlarıyla değil, aynı zamanda dersin yürütüldüğü fiziksel ortam ve yönetsel yaklaşımlarla da doğrudan ilişkilidir. Spor salonu ve malzeme eksiklikleri, öğretmen motivasyonunu, öğrenci katılımını ve öğrenme çıktılarını olumsuz etkilemektedir. Avrupa ülkelerinde bu tür sorunlar yer yer görülse de, eğitim politikaları çerçevesinde bu eksikliklere yönelik stratejiler geliştirilmektedir. Kuzey ve Batı Avrupa ülkeleri, spor altyapısına yaptıkları yatırımlar ve okul-toplum işbirliğiyle beden eğitimi dersini güçlendirmektedir.

Türkiye’de ise eksiklikler daha derin ve çok boyutludur. Fiziksel altyapı yetersizliğine ek olarak, beden eğitimi dersinin sınav sistemi dışında tutulması ve “ikincil ders” algısıyla değerlendirilmesi, dersin önemini azaltmakta ve kaynak tahsisini engellemektedir. Özellikle kırsal bölgelerdeki okullarda uygun spor alanlarının olmayışı, mevcut tesislerin farklı amaçlarla kullanılması ve malzeme eksikliği öğretimi zorlaştırmakta; öğretmenlerde tükenmişlik, öğrencilerde ise düşük motivasyon yaratmaktadır.

Bu nedenle, Türkiye’de beden eğitimi dersinin statüsünün yeniden tanımlanması, merkezi sınav sistemine entegrasyonunun değerlendirilmesi ve tüm okullara asgari fiziki imkânların sağlanması gerekmektedir. Ayrıca öğretmenlerin uygulamalı ders yapabilmesini mümkün kılacak malzeme desteği, okul yönetimlerinin bilinçlendirilmesi ve ders dışı zamanlarda da spor alanlarının kullanıma açılması önerilmektedir. Eğitimde fırsat eşitliği ve sağlıklı yaşam kültürünün desteklenmesi açısından beden eğitimi dersleri ihmal edilmeden planlanmalı, stratejik yatırımlarla güçlendirilmelidir.

KAYNAKLAR

- Adamakis, M., & Dania, A. (2020). Physical education and school sport in Greece. *Research on Physical Education and School Sport in Europe*, 155, 155-189.
- Bailey, R., Armour, K., Kirk, D., Jess, M., Pickup, I., & Sandford, R. (2009). The educational benefits claimed for physical education and school sport: An academic review. *Research Papers in Education*, 24(1), 1–27.
- Cale, L. (2000). Physical Activity Promotion in Schools--PE Teachers' Views. *European Journal of Physical Education*, 5(2), 158-168.
- Collard, D. C., Verhagen, E. A., Chinapaw, M. J., Knol, D. L., & Van Mechelen, W. (2010). Effectiveness of a school-based physical activity injury prevention program: a cluster randomized controlled trial. *Archives of pediatrics & adolescent medicine*, 164(2), 145-150.
- Eurydice (2018). *Physical education and sport at school in Europe*. Brussels: Eurydice Report. <https://eurydice.eacea.ec.europa.eu/publications/physical-education-and-sport-school-europe> Erişim Tarihi: 01.10.2025
- Eurydice. (2015). *Physical education and sport at school in Europe*. Education, Audiovisual and Culture Executive Agency (EACEA). Brussels.
- Gülüm, V., & Bilir, P. (2011). Beden Eğitimi Öğretim Programinin Uygulanabilme Koşullari İle İlgili Beden Eğitimi Öğretmenlerinin Görüşleri. *Spormetre Beden Eğitimi ve Spor Bilimleri Dergisi*, 9(2), 57-64.
- Haerens, L., Kirk, D., Cardon, G., & De Bourdeaudhuij, I. (2011). Toward the development of a pedagogical model for health-based physical education. *Quest*, 63(3), 321–338. <https://doi.org/10.1080/00336297.2011.10483684>
- Hardman, K. (2008). Physical education in schools: A global perspective. *Kinesiology*, 40(1), 5–28.
- Hardman, K., & Green, K. (2011). *Contemporary issues in physical education: International perspectives*. Meyer & Meyer Sport.
- Hardman, K., & Marshall, J. (2001). *World-wide survey of school physical education: Final report*. International Council of Sport Science and Physical Education (ICSSPE).

- Kämpfi, K., Aira, A., Halme, N., Husu, P., Inkinen, V., Joensuu, L., ... & Tammelin, T. (2018). Results from Finland's 2018 report card on physical activity for children and youth. *Journal of Physical Activity and Health*, 15(s2), S355-S356.
- Kaya, A. (2020). *İlköğretim kurumları ikinci kademedeki öğrenim gören öğrencilerin beden eğitimi ve spor dersine yönelik görüş ve tutumlarının incelenmesi* (Master's thesis, Bartın University (Turkey))
- Kirk, D. (2009). *Physical education futures*. Routledge.
- Klavina, A., & Kudlacek, M. (2011). Physical education for students with special education needs in Europe: Findings of the EUSAPA project. *European journal of adapted physical activity*, 4(2), 46-62.
- Kudlacek, M., & Barrett, U. (2011). Adapted physical activity as a profession in Europe. *European Journal of Adapted Physical Activity*, 4(2).
- Morgan, P., & Hansen, V. (2008). Classroom teachers' perceptions of the impact of barriers to teaching physical education on the quality of physical education programs. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 79(4), 506–516.
- OECD. (2011). *Education at a Glance 2021: OECD Indicators*. OECD Publishing.
- Osborne, R., Belmont, R. S., Peixoto, R. P., Azevedo, I. O. S. D., & Carvalho Junior, A. F. P. D. (2016). Obstacles for physical education teachers in public schools: an unsustainable situation. *Motriz: Revista de Educação Física*, 22, 0310-0318.
- Richter, M., Erhart, M., Vereecken, C. A., Zambon, A., Boyce, W., & Nic Gabhainn, S. (2009). The role of behavioral factors in explaining socio-economic differences in adolescent health: A multilevel study in 33 countries. *Social Science & Medicine*, 69(3), 396–403.
- Pühse, U., & Gerber, M. (2005). *International comparison of physical education: Concepts, problems, prospects*. Meyer & Meyer Sport.
- Sallis, J. F., McKenzie, T. L., Beets, M. W., Beighle, A., Erwin, H., & Lee, S. (1991). Physical education's role in public health: Steps forward and backward over 20 years and hope for the future. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 83(2), 125–135.
- Silverman, D., & Mercier, E. (2000). *Doing qualitative research*. Sage Publications.

- Şen, G., Beighle, A., & Korkmaz, N. (2021). Physical Education Teacher Education In Turkey: A Vİsİon Forward. *Spormetre Beden Eğitimi Ve Spor Bilimleri Dergisi*, 19(3), 1-13.
- Telama, R., Yang, X., Viikari, J., Välimäki, I., Wanne, O., & Raitakari, O. (2005). Physical activity from childhood to adulthood: A 21-year tracking study. *American Journal of Preventive Medicine*, 28(3), 267–273.
- Temiz, C. N., & Sivrikaya, A. H. (2021). Beden eğitimi ve spor dersinde karşılaşılan sorunların incelenmesi (Yurt içi ve yurt dışı değerlendirmesi). *Avrasya Spor Bilimleri ve Eğitim Dergisi*, 3(1), 12-39.
- UNESCO. (2015). *Quality physical education: Guidelines for policymakers*. Paris: United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization. <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000231101> Erişim Tarihi: 30.09.2025
- Van Kann, D. H. H., de Vries, S. I., Schipperijn, J., Gubbels, J. S., Jansen, M. W., & de Vries, N. K. (2016). Schoolyard characteristics, physical activity, and health-related quality of life in primary school children: A multilevel analysis. *Health & Place*, 38, 1–8.
- Uğraş, S., & Aslan, M. (2022). Beden eğitimi öğretmenlerinin WEB 2.0 içerik geliştirme yeterlilikleri ile uzaktan eğitim yeterlilikleri arasındaki ilişkide mesleki inancın aracı ve düzenleyici rolü. *Uluslararası Dağcılık ve Tırmanış Dergisi*, 5(2), 52-66.
- Yaldız, Ö. (2024). *Beden eğitimi ve spor öğretmenlerinin öğretmen öz yeterlilikleri ve öğretimsel liderlikleri arasındaki ilişkinin incelenmesi* (Master's thesis).
- Yılmaz, A., Esentürk, O. K., & İlhan, E. L. (2018). Beden eğitimi öğretmenlerinin mesleki tükenmişlik durumları ve öğretim sürecinde bu duruma yol açan nedenler: Karma araştırma yaklaşımı. *Kastamonu Education Journal*, 26(6), 2091-2103.

GENÇLİK VE SPOR HİZMETLERİ MÜDÜRLÜĞÜ ÇALIŞANLARI BAĞLAMINDA YEREL YÖNETİMLERDE DÖNÜŞÜMCÜ LİDERLİĞİN YENİLİKÇİ DAVRANIŞA YANSIMALARI

**Dr. Öğr. Üyesi GAMZE DURMUŞ¹, EREN DURMUŞ² Prof. Dr. PINAR
KARACAN DOĞAN³, Doç. Dr. MUSTAFA ÖNDER ŞEKEROĞLU⁴, Doç. Dr.
İSA DOĞAN⁵**

¹ Muş Alparslan Üniversitesi, Spor Bilimleri Fakültesi, g.durmus@alparslan.edu.tr -
0000-0002-4879-8280

²Gazi Üniversitesi, Eğitim Bilimleri Enstitüsü, erendurmus0658@gmail.com, 0000-
0002-2956-9861

³Gazi Üniversitesi, Spor Bilimleri Fakültesi, karacan@gazi.edu.tr, 0000-0002-2654-
2751

⁴Muş Alparslan Üniversitesi, Spor Bilimleri fakültesi, mosekeroglu@alparslan.edu.tr,
0000-0002-8868-507X

⁵Karabük Üniversitesi, Hasan Doğan Spor Bilimleri Fakültesi,
isadogan@karabuk.edu.tr, 0000-0002-4132-3274

ÖZET

Bu çalışmanın amacı, Ankara'daki bir ilçe belediyesinin gençlik ve spor hizmetleri biriminde çalışan personelin dönüşümcü liderlik algıları ile yenilikçi iş davranışları arasındaki ilişkiyi incelemektir. Araştırmada, nicel araştırma yöntemlerinden ilişkisel tarama modeli kullanılmıştır. Çalışma grubunu 96 personel (63 kadın, 33 erkek) oluşturmaktadır. Veriler, kişisel bilgi formu, Dönüşümcü Liderlik Ölçeği ve Yenilikçi Davranış Ölçeği aracılığıyla toplanmıştır. Toplanan veriler SPSS 24 programı kullanılarak analiz edilmiştir. Normallik testleri sonucunda verilerin normal dağılım gösterdiği belirlenmiş, ardından t-testi ve ANOVA testleri uygulanmıştır. Anlamlı farklılıkların kaynağını belirlemek için Tukey post hoc testi yapılmıştır. Pearson korelasyon analizi sonucunda, dönüşümcü liderlik algıları ile yenilikçi iş davranışları arasında orta düzeyde, pozitif ve istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki bulunmuştur. Ayrıca, dönüşümcü liderlik algılarının cinsiyet, yaş ve eğitim durumuna göre; yenilikçi davranışların ise cinsiyet, yaş ve görev alanına göre anlamlı farklılıklar gösterdiği saptanmıştır. Bulgular, gençlik ve spor hizmetleri müdürünün benimsediği dönüşümcü liderlik tarzının çalışanların yenilikçi iş davranışlarını olumlu yönde etkilediğini ortaya koymaktadır. Bu sonuçlara dayanarak, belediyelerde yöneticilere yönelik liderlik eğitim programlarının uygulanması, dönüşümcü liderlik uygulamalarının güçlendirilmesi ve personelin yenilikçi iş davranışlarının sistematik olarak desteklenmesi önerilmektedir.

Anahtar Kelimeler: Dönüşümcü liderlik, yenilikçi davranış, yerel yönetimler.

ABSTRACT

The aim of this study is to examine the relationship between transformational leadership perceptions and innovative work behaviors of personnel working in the youth and sports services department of a district municipality in Ankara. A correlational survey model, one of the quantitative research methods, was employed. The study group consisted of 96 personnel (63 female, 33 male). Data were collected through a personal information form, the Transformational Leadership Scale, and the Innovative Behavior Scale. The data were analyzed using SPSS 24. Normality tests indicated that the data were normally distributed, after which t-tests and ANOVA were conducted. Tukey's post hoc test was applied to identify the source of significant differences. Pearson correlation analysis revealed a moderate, positive, and statistically significant relationship between transformational leadership perceptions and innovative work behaviors. Moreover, transformational leadership perceptions differed significantly by gender, age, and educational level, while innovative behaviors differed by gender, age, and field of duty. The findings indicate that the transformational leadership style adopted by the director of youth and sports services positively influences employees' innovative behaviors. Based on these results, it is recommended that municipalities implement leadership training programs to strengthen transformational leadership practices and systematically foster innovative behaviors among their personnel.

Keywords: Transformational leadership, innovative behavior, local governments.

1. GİRİŞ

Günümüzde belediyeler, toplumsal ihtiyaçların hızla çeşitlendiği ve rekabetçi koşulların giderek arttığı bir ortamda hizmet üretmektedir. Yerel yönetimlerin vatandaşlara daha etkili ve sürdürülebilir hizmet sunabilmeleri, yenilikçiliğe verdikleri önemle doğrudan ilişkilidir. Belediyelerde yenilikçi bir hizmet kültürünün oluşturulmasında liderlerin vizyonu ve yönlendirici tutumları belirleyici rol oynamaktadır. Dönüşümcü liderlik yaklaşımını benimseyen yöneticiler, çalışanlarını destekleyerek onların motivasyonunu artırmakta ve kurumsal vizyonla uyumlu yenilikçi çözümler geliştirmelerine olanak sağlamaktadır. Bu doğrultuda ortaya çıkan yenilikçi uygulamalar, yalnızca çalışanların bireysel performansını değil, aynı zamanda belediyelerin hizmet kalitesini ve toplumsal faydasını da güçlendirmektedir.

İnsanları etkileme becerisinden yoksun liderlerin, kurumları başarılı bir şekilde yönetmeleri ve yenilikçi adımlar atmaları mümkün değildir. Liderlik olgusu, toplumsal açıdan her dönem önemli olmakla birlikte, küreselleşmenin getirdiği yoğun rekabet koşulları nedeniyle günümüzde kurum ve kuruluşların yönetiminde daha da önemli hale gelmiştir. Değişen koşullar ve çalışan beklentileri doğrultusunda geleneksel liderlik anlayışları yerini dönüşümcü liderlik gibi yeni paradigmalara değiştirmektedir. Dönüşümcü liderlik yaklaşımı, özellikle yeniden yapılanma ve değişim süreçlerinde ihtiyaç duyulan yönetim bilgisi ve uygulama yöntemlerini içermekte, bu yönüyle son yıllarda liderlik araştırmalarında öne çıkan bir model olarak değerlendirilmektedir. Bu yaklaşım; itibar, güven ve cesaret gibi kişisel özelliklerin rehberliğinde, kurum içinde değişen çevresel koşullara uygun bir dönüşüm sağlayarak, örgütün değer ve hedeflerini

benimsenmekte ve yapıya dinamizm kazandırmaktadır. Değişim kaçınılmazdır; değişimle birlikte dönüşmek ise örgütlerin varlıklarını sürdürebilmeleri açısından zorunluluk haline gelmiştir. Bu noktada liderler, söz konusu dönüşümün gerçekleşebilmesi için en önemli araçlardan biri olarak görülmektedir (Güngör, 2024; Owen vd., 2007).

Scott ve Bruce (1994), yenilikçi iş davranışını, bireylerin mevcut iş uygulamalarını sorgulaması, değiştirmesi ya da yeni yöntem ve süreçler geliştirmesi yönündeki çabaları olarak tanımlamaktadır. Onlara göre, yenilikçi iş davranışı, iş yerindeki rutinelere meydan okumayı ve kurumun etkinliğini artırmaya yönelik sürekli yeni fikirler, yöntemler ve teknikler geliştirmeyi kapsayan dinamik bir süreçtir. Bu süreç hem iş birimlerinin performansını artırmak hem de organizasyonlara rekabet avantajı kazandırmak için stratejik bir araç olarak değerlendirilmektedir. Yenilikçi iş davranışlarının ortaya çıkmasında liderlerin rolü önemlidir; özellikle dönüşümcü liderler, çalışanlarını motive ederek vizyoner bir bakış açısı kazandırmakta ve bu sayede yenilikçi fikirlerin gelişmesi için uygun bir ortam yaratmaktadır.

Bu araştırma, yerel yönetimlerde dönüşümcü liderlik anlayışının çalışanların yenilikçi davranışları arasındaki ilişkiyi ortaya koymasından önemlidir. Belediyelerin değişen toplumsal ihtiyaçlara hızlı ve etkili çözümler üretebilmesi, büyük ölçüde liderlik tarzı ve çalışanların yenilikçi tutumlarıyla ilişkilidir. Bu bağlamda çalışma hem akademik literatüre katkı sağlayacağı hem de yerel yönetimlerde hizmet kalitesini artırmaya yönelik uygulamalara ışık tutacağı düşünülmektedir. Bu bağlamda araştırmanın amacı, Ankara’da yer alan bir ilçe belediyesinin gençlik ve spor hizmetleri bünyesinde çalışan personelin dönüşümcü liderlik algıları ile yenilikçi iş davranışları arasındaki ilişkinin incelenmesidir.

2. YÖNTEM

2.1. Araştırmanın Modeli

Bu çalışmada, nicel araştırma yöntemlerinden biri olan ilişkisel tarama modeli tercih edilmiştir. Tarama modeli, mevcut ya da geçmişteki bir durumu olduğu gibi betimlemeyi amaçlar ve öğrenme süreçleri ile bireyin istenen davranışları kazanmasına yönelik uygulamaları kapsar. Genel tarama yöntemi, geniş bir evrendeki çok sayıda öğeyi inceleyerek, bu evren hakkında genel bir yargıya ulaşmayı hedefler. Bu inceleme, evrenin tamamını ya da evrenden alınan bir örnekleme kapsayabilir. İlişkisel tarama modeli ise iki ya da daha fazla değişken arasındaki eşzamanlı değişimleri incelemeyi amaçlar. Bu modelde, değişkenler arasındaki ilişkinin varlığı ve varsa bu ilişkinin niteliği ele alınır (Karasar, 2015).

2.2. Araştırmanın Amacı

Araştırmanın amacı, Ankara’da yer alan bir ilçe belediyesinin gençlik ve spor hizmetleri bünyesinde çalışan personelin dönüşümcü liderlik algıları ile yenilikçi iş davranışları arasındaki ilişkinin incelenmesidir.

2.3. Çalışma Grubu

Araştırmanın çalışma grubunu Ankara’da yer alan bir ilçe belediyesinin gençlik ve spor hizmetleri bünyesinde çalışan 96 personel oluşturmaktadır.

Çizelge 1. Katılımcıların Kişisel Bilgileri

	Gruplar	f	%
Cinsiyet	Kadın	63	65,6
	Erkek	33	34,4
Yaş	20-30 Yaş	31	32,3
	31-40 Yaş	37	38,5
	41 Yaş ve üzeri	28	29,2
Medeni Durum	Bekar	45	46,9
	Evli	51	53,1
Eğitim Durumu	İlköğretim	7	7,3
	Ortaöğretim	22	22,9
	Önlisans	13	13,5
	Lisans	46	47,9
	Lisansüstü	8	8,3
Çalışma Süresi	0-3 Yıl	68	70,8
	4-6 Yıl	25	26,0
	7 Yıl ve üzeri	3	3,1
Belediyedeki Görev	Antrenör	33	34,4
	Cankurtaran	36	37,5
	Danışma ve Halkla İliş.	8	8,3
	Büro Personeli	10	10,4
	Destek Hizmetler	9	9,4
Toplam		96	100.0

Çizelge 1'e bakıldığında, katılımcıların 63'ünün kadın, 33'ünün erkek olduğu görülmektedir. Yaşlarına göre katılımcılardan 31'i 20-30 yaş aralığında, 37'si 31-40 yaş aralığında ve 28'i 41 yaş ve üzerindedir. Medeni durumlarına göre katılımcılardan 45'i bekar, 51'i evlidir. Eğitim durumları dağılımına bakıldığında, 7'si ilköğretim, 22'si ortaöğretim, 13'ü önlisans, 46'sı lisans ve 8'i lisansüstü mezuniyete sahiptir. Çalışma süresi açısından değerlendirildiğinde, 68'inin 0-3 yıl, 25'inin 4-6 yıl ve 3'ünün 7 yıl ve üzeri çalışma süresi olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca, katılımcıların 33'ünün antrenör, 36'sının cankurtaran, 8'inin danışma ve halkla ilişkiler, 10'unun büro personeli, 9'unun ise destek hizmetleri personeli olarak görev yaptığı belirlenmiştir.

2.4. Verilerin Toplanması

Araştırmacılar tarafından hazırlanan kişisel bilgi formu ile katılımcıların cinsiyet, yaş, medeni durum, eğitim durumu, çalışma süresi ve belediyedeki görevlerine ilişkin kişisel veriler toplanmıştır.

Dönüşümcü Liderlik Ölçeği: Çalışmada, Podsakoff (1990) tarafından geliştirilen ve İşcan (2002) tarafından Türkçeye uyarlanan Dönüşümcü Liderlik Ölçeği kullanılmıştır. Ölçek 23 maddeden ve 5 alt boyuttan oluşmaktadır. Birinci alt boyut "Vizyon–ilham sağlama ve uygun rol modeli olma"dır ve 8 madde içermektedir. İkinci alt boyut "Grup amaçlarının kabulünü sağlama" olup 5 maddeden oluşmaktadır. Üçüncü alt boyut "Entelektüel teşvikte bulunma"dır ve 4 madde içermektedir. Dördüncü alt boyut

“Bireysel ilgi gösterme”dir ve 3 madde içermektedir. Beşinci alt boyut ise 3 maddeden oluşan “Yüksek başarı beklentisine sahip olma” alt boyutudur. Ölçek 5’li Likert tipi derecelendirme sistemine sahiptir.

Yenilikçi Davranış Ölçeği: Katılımcıların yenilikçi davranışlarını belirlemek amacıyla, Scott ve Bruce (1994) tarafından geliştirilen ve Çalışkan ve arkadaşları (2019) tarafından Türkçeye uyarlanan 6 maddelik Yenilikçi Davranış Ölçeği kullanılmıştır. Ölçek 5’li Likert tipi derecelendirme sistemine sahiptir.

2.5. Verilerin Analizi

Verilerin analizinde SPSS 24.0 paket programı kullanılmıştır. Verilerin normal dağılımına ilişkin yapılan çarpıklık ve basıklık testleri sonrası, verilerin normal dağılım gösterdiği görülmüş ve uç değer sorunu yaratacak bir veriye rastlanmamıştır. Çizelge 2’de normallik varsayımının test edilmesi için incelenen çarpıklık ve basıklık değerlerinin -1,5 ile +1,5 arasında değiştiği görülmektedir. Verilerin analizinde frekans, yüzde dağılımı, ortalama değerleri, bağımsız örneklem t-Testi, tek faktörlü varyans analizi (ANOVA) kullanılmıştır. Varyansların eşitliği için hesaplanan anlamlılık değeri ($p < 0.05$) olarak kabul edilmiştir (Büyüköztürk vd., 2021).

Çizelge 2. Ölçeklerin Betimsel İstatistikleri

Ölçekler	N	\bar{X}	S	Min.	Max.	Skw.	Kurt.
Vizyon İlhamı Sağlama ve Uygun Rol Model Olma	96	35,82 (5,11)	4,23	26,00	40,00	-,517	-1,006
Grup Amaçlarının Kabulünü Sağlama	96	22,62 (4,52)	2,57	15,00	25,00	-,758	-,190
Entelektüel Teşvikte Bulunma	96	17,52 (4,38)	2,49	12,00	20,00	-,527	-,976
Bireysel İlgi	96	12,82 (4,27)	2,09	7,00	15,00	-,522	-,588
Yüksek Başarı Beklentisine Sahip Olma	96	13,39 (4,46)	1,54	9,00	15,00	-,639	-,359
Dönüşümcü Liderlik Ölçeği Toplam	96	102,17 (4,44)	11,73	80,00	115,00	-,288	-1,380
Yenilikçi Davranış Ölçeği	96	26,81 (4,46)	2,89	21,00	30,00	-,422	-1,156

Aralıklar/Kriter: 1,00-1,79=Çok Düşük; 1,80-2,59=Düşük; 2,60-3,39=Orta; 3,40-4,19=Yüksek; 4,20-5,00=Çok Yüksek

Katılımcılardan elde edilen tanımlayıcı istatistikler incelendiğinde, dönüşümcü liderlik ölçeği alt boyutlarından vizyon ilhamı sağlama ve uygun rol model olma (5,11) en yüksek, bireysel ilgi (4,27) ise en düşük ortalamaya sahiptir. Yenilikçi davranış ölçeğinin ortalaması ise (4,46) olarak bulunmuştur. Ayrıca, dönüşümcü liderlik ölçeği ile yenilikçi davranış ölçeğine ait çarpıklık ve basıklık değerlerinin -1,5 ile +1,5 aralığında yer aldığı ve bu doğrultuda normallik varsayımını karşıladığı görülmektedir.

2.6. Araştırma Etiği

Araştırmanın yürütülmesi için gerekli izin, Muş Alparslan Üniversitesi Bilimsel Araştırmalar ve Yayın Etiği Kurulu’nun 26.06.2025 tarihli, 200203 sayılı ve 61 numaralı kararı ile alınmıştır.

3. BULGULAR

Çizelge 3. Ölçekler arasındaki ilişkiye ait Pearson korelasyon analizi sonuçları

N=96		Yenilikçi Davranış Ölçeği
Dönüşümcü	r	,583*
Liderlik Ölçeği	p	,000

* $p < ,05$ Kategoriler: 0-0,30=Düşük ilişki; 0,40-0,60= Orta düzeyde ilişki; 0,70-1,00= Yüksek düzeyde ilişki

Çizelge 3 incelendiğinde, dönüşümcü liderlik ölçeği ile yenilikçi davranış ölçeği arasında pozitif yönde ve orta düzeyde anlamlı bir ilişki bulunmuştur ($r = ,583$; $p < 0,05$). Bu bulgu, dönüşümcü liderlik algısı yükseldikçe personelin yenilikçi davranış sergileme düzeyinin de arttığını göstermektedir. Dolayısıyla, yöneticilerin dönüşümcü liderlik tarzını benimsemeleri, çalışanların yenilikçi iş davranışlarını destekleyen önemli bir unsur olarak değerlendirilebilir.

Çizelge 4. Katılımcıların cinsiyet değişkeni ile ölçekler arasındaki farklılığa ilişkin t-testi sonuçları

	Cinsiyet	N	\bar{X}	S	t	sd	p
Vizyon İlhamı Sağlama ve Uygun Rol Model Olma	Kadın	63	36,49	4,40	2,18	94	,032*
	Erkek	33	34,54	3,60			
Grup Amaçlarının Kabulünü Sağlama	Kadın	63	22,90	2,68	1,53	94	,127
	Erkek	33	22,06	2,29			
Entelektüel Teşvikte Bulunma	Kadın	63	17,77	2,69	1,40	94	,165
	Erkek	33	17,03	2,02			
Bireysel İlgı	Kadın	63	13,20	2,04	2,54	94	,013*
	Erkek	33	12,09	2,02			
Yüksek Başarı Beklentisine Sahip Olma	Kadın	63	13,57	1,51	1,54	94	,125
	Erkek	33	13,06	1,57			
Dönüşümcü Liderlik Ölçeği Toplamı	Kadın	63	103,95	12,07	2,08	94	,040*
	Erkek	33	98,78	10,38			
Yenilikçi Davranış Ölçeği Toplamı	Kadın	63	27,26	2,73	2,18	94	,032*
	Erkek	33	25,93	3,02			

* $p < ,05$

Çizelge 4 incelendiğinde katılımcıların cinsiyet değişkeni ile dönüşümcü liderlik ölçeği toplamı ($t=2,08$, $p=,040 < ,05$) vizyon ilhamı sağlama ve uygun rol model olma ($t=2,18$, $p=,032 < ,05$) ve bireysel ilgi ($t=2,54$, $p=,013 < ,05$) alt boyutları arasında kadınların lehine anlamlı farklılık tespit edilmiştir. Diğer alt boyutlar arasında herhangi bir anlamlı farklılık bulunmamıştır.

Katılımcıların cinsiyet değişkeni ile yenilikçi davranış ölçeği ($t=2,18$, $p=,032 < ,05$) arasında kadınların lehine anlamlı farklılık olduğu tespit edilmiştir.

Çizelge 5. Katılımcıların medeni durum değişkeni ile ölçekler arasındaki farklılığa ilişkin t-testi sonuçları

	Medeni	N	\bar{X}	S	t	sd	p
	Bekar	45	35,33	4,66	1,65	94	,290

Vizyon İlhamı Sağlama ve Uygun Rol Model Olma	Evli	51	36,25	3,81			
Grup Amaçlarının Kabulünü Sağlama	Bekar	45	22,35	2,51	0,92	94	,357
	Evli	51	22,84	2,62			
Entelektüel Teşvikte Bulunma	Bekar	45	17,31	2,60	0,77	94	,442
	Evli	51	17,70	2,41			
Bireysel İlgi	Bekar	45	12,44	2,07	1,67	94	,097
	Evli	51	13,15	2,08			
Yüksek Başarı Beklentisine Sahip Olma	Bekar	45	13,22	1,76	1,03	94	,304
	Evli	51	13,54	1,31			
Dönüşümcü Liderlik Ölçeği Toplamı	Bekar	45	100,66	12,32	1,18	94	,238
	Evli	51	103,50	11,12			
Yenilikçi Davranış Ölçeği Toplamı	Bekar	45	27,28	2,59	1,52	94	,130
	Evli	51	26,39	3,09			

Çizelge 5 incelendiğinde katılımcıların medeni durum değişkeni ile dönüşümcü liderlik ölçeği toplamı ve alt boyutları arasında herhangi bir farklılık tespit edilmemiştir. Bu bulgu, dönüşümcü liderlik algılarının görev alanına göre benzerlik gösterdiğini ortaya koymaktadır.

Katılımcıların medeni durum değişkeni ile yenilikçi davranış ölçeği arasında herhangi bir anlamlı farklılık tespit edilmemiştir. Bu bulgu, yenilikçi davranışların görev alanına göre benzerlik gösterdiğini ortaya koymaktadır.

Çizelge 6. Katılımcıların yaş değişkeni ile ölçekler arasındaki farklılığa ilişkin ANOVA sonuçları

	Yaş	N	\bar{X}	S	F	p	Post Hoc (Tukey)
Vizyon İlhamı Sağlama ve Uygun Rol Model Olma	20-30 Yaş	31	35,16	4,43	0,81	,447	---
	31-40 Yaş	37	35,81	4,25			
	41 Yaş ve üzeri	28	36,57	4,00			
Grup Amaçlarının Kabulünü Sağlama	20-30 Yaş	31	22,38	2,37	0,22	,799	---
	31-40 Yaş	37	22,81	2,45			
	41 Yaş ve üzeri	28	22,60	2,97			
Entelektüel Teşvikte Bulunma	20-30 Yaş	31	17,19	2,54	0,71	,492	---
	31-40 Yaş	37	17,45	2,58			
	41 Yaş ve üzeri	28	17,96	2,33			
Bireysel İlgi	20-30 Yaş	31	12,41	1,83	3,78	,026*	1-3
	31-40 Yaş	37	12,48	2,47			
	41 Yaş ve üzeri	28	13,71	1,53			
Yüksek Başarı Beklentisine Sahip Olma	20-30 Yaş	31	12,80	1,86	3,79	,027*	1-3
	31-40 Yaş	37	13,56	1,25			
	41 Yaş ve üzeri	28	13,82	1,33			

Dönüşümcü Liderlik Ölçeği Toplamı	20-30 Yaş	31	99,96	11,35	1,19	,308	---
	31-40 Yaş	37	102,13	11,99			
	41 Yaş ve üzeri	28	104,67	11,69			
Yenilikçi Davranış Ölçeği Toplamı	20-30 Yaş	31	27,00	2,84	0,16	,852	---
	31-40 Yaş	37	26,83	2,58			
	41 Yaş ve üzeri	28	26,57	3,38			

* $p < .05$, Kategoriler: 20-30 yaş=1; 31-40 yaş=2; 42 yaş ve üzeri=3.

Çizelge 6 incelendiğinde, katılımcıların yaş değişkeni ile dönüşümcü liderlik ölçeği bireysel ilgi ($F=3,78$, $p=,026 < ,05$) ve yüksek başarı beklentisine sahip olma ($F=3,79$, $p=,027 < ,05$) arasında 20-30 yaş ve 41 yaş ve üzeri katılımcılar açısından, 41 yaş ve üstündeki katılımcıların lehine anlamlı farklılık tespit edilmiştir. Diğer alt boyutlar ve ölçek toplamı arasında herhangi bir farklılık tespit edilmemiştir.

Katılımcıların yaş değişkeni ile yenilikçi davranış ölçeği arasında herhangi bir farklılık tespit edilmemiştir.

Çizelge 7. Katılımcıların eğitim durumu değişkeni ile ölçekler arasındaki farklılığa ilişkin ANOVA sonuçları

	Eğitim Durumu	N	\bar{X}	S	F	p	Post Hoc (Tukey)
Vizyon İlhamı Sağlama ve Uygun Rol Model Olma	İlköğretim	7	37,14	1,59	2,91	,025*	3-5
	Ortaöğretim	22	35,54	0,93			
	Önlisans	13	33,07	0,88			
	Lisans	46	35,97	0,64			
	Lisansüstü	8	39,00	0,65			
Grup Amaçlarının Kabulünü Sağlama	İlköğretim	7	23,28	0,86	2,39	,056	---
	Ortaöğretim	22	22,90	0,47			
	Önlisans	13	21,23	0,53			
	Lisans	46	22,43	0,42			
	Lisansüstü	8	24,50	0,32			
Entelektüel Teşvikte Bulunma	İlköğretim	7	17,85	0,67	2,65	,038*	3-5
	Ortaöğretim	22	16,90	0,63			
	Önlisans	13	16,23	0,50			
	Lisans	46	17,80	0,36			
	Lisansüstü	8	19,37	0,32			
Bireysel İlgi	İlköğretim	7	14,14	0,55	2,17	,078	---
	Ortaöğretim	22	13,00	0,43			
	Önlisans	13	12,23	0,25			
	Lisans	46	12,47	0,35			
	Lisansüstü	8	14,12	0,47			
Yüksek Başarı Beklentisine Sahip Olma	İlköğretim	7	13,57	0,68	3,95	,005*	3-5
	Ortaöğretim	22	13,63	0,38			
	Önlisans	13	12,15	0,22			
	Lisans	46	13,39	0,20			
	Lisansüstü	8	14,62	0,37			

Dönüşümcü Liderlik Ölçeği Toplamı	İlköğretim	7	106,00	4,24	2,95	,024*	3-5
	Ortaöğretim	22	102,00	2,60			
	Önlisans	13	94,92	2,16			
	Lisans	46	102,08	1,81			
	Lisansüstü	8	111,62	1,77			
Yenilikçi Davranış Ölçeği Toplamı	İlköğretim	7	24,57	1,46	3,87	,006*	1-5
	Ortaöğretim	22	26,54	0,63			
	Önlisans	13	25,07	0,44			
	Lisans	46	27,52	0,41			
	Lisansüstü	8	28,25	0,59			

* $p < ,05$, Kategoriler: İlköğretim=1; Ortaöğretim=2; Önlisans=3; Lisans=4; Lisansüstü=5.

Çizelge 7 incelendiğinde, katılımcıların eğitim durumu değişkeni ile dönüşümcü liderlik ölçeği vizyon ilhamı sağlama ve uygun rol model olma ($F=2,91$, $p=,025 < ,05$), entelektüel teşvikte bulunma ($F=2,65$, $p=,038 < ,05$), bireysel ilgi ($F=3,95$, $p=,005 < ,05$) ve ölçek toplamı ($F=2,95$, $p=,024 < ,05$) arasında önlisans ve lisansüstü eğitime alan katılımcılar açısından, lisansüstü eğitim alan katılımcıların lehine anlamlı farklılık tespit edilmiştir. Diğer alt boyutlarda herhangi bir farklılık tespit edilmemiştir.

Katılımcıların eğitim durumu değişkeni ile yenilikçi davranış ölçeği toplamı ($F=3,87$, $p=,006 < ,05$) arasında ilköğretim ve lisansüstü eğitim alan katılımcılar açısından, lisansüstü eğitim alan katılımcıların lehine anlamlı farklılık tespit edilmiştir.

Çizelge 8. Katılımcıların çalışma yılı değişkeni ile ölçekler arasındaki farklılığa ilişkin ANOVA sonuçları

	Çalışma Yılı	N	\bar{X}	S	F	p	Post Hoc (Tukey)
Vizyon İlhamı Sağlama ve Uygun Rol Model Olma	0-3 Yıl	68	36,19	4,03	0,93	,398	---
	4-6 Yıl	25	34,84	4,89			
	7 Yıl ve üzeri	3	35,66	1,52			
Grup Amaçlarının Kabulünü Sağlama	0-3 Yıl	68	22,82	2,31	1,15	,320	---
	4-6 Yıl	25	21,96	3,25			
	7 Yıl ve üzeri	3	23,33	0,57			
Entelektüel Teşvikte Bulunma	0-3 Yıl	68	17,67	2,37	0,50	,603	---
	4-6 Yıl	25	17,20	2,84			
	7 Yıl ve üzeri	3	16,66	2,51			
Bireysel İlgi	0-3 Yıl	68	12,86	2,10	0,10	,899	---
	4-6 Yıl	25	12,76	2,20			
	7 Yıl ve üzeri	3	12,33	1,52			
Yüksek Başarı Beklentisine Sahip Olma	0-3 Yıl	68	13,45	1,65	0,21	,806	---
	4-6 Yıl	25	13,28	1,30			
	7 Yıl ve üzeri	3	13,00	1,00			
	0-3 Yıl	68	103,01	11,16	0,59	,552	---
	4-6 Yıl	25	100,04	13,68			

Dönüşümcü Liderlik Ölçeği Toplamı	7 Yıl ve üzeri	3	101,00	5,29			
Yenilikçi Davranış Ölçeği Toplamı	0-3 Yıl	68	27,00	2,65	0,50	,606	---
	4-6 Yıl	25	26,32	3,54			
	7 Yıl ve üzeri	3	26,66	2,30			

Çizelge 8 incelendiğinde, katılımcıların çalışma yılı değişkeni ile dönüşümcü liderlik ölçeği alt boyutları ve ölçek toplamı arasında herhangi bir farklılık tespit edilmemiştir. Bu bulgu, dönüşümcü liderlik algılarının görev alanına göre benzerlik gösterdiğini ortaya koymaktadır.

Katılımcıların çalışma yılı değişkeni ile yenilikçi davranış ölçeği arasında herhangi bir farklılık tespit edilmemiştir. Bu bulgu, yenilikçi davranışların görev alanına göre benzerlik gösterdiğini ortaya koymaktadır.

Çizelge 9. Katılımcıların görev değişkeni ile ölçekler arasındaki farklılığa ilişkin ANOVA sonuçları

	Görev	N	\bar{X}	S	F	p	Post Hoc (Tukey)
Vizyon İlhamı Sağlama ve Uygun Rol Model Olma	Antrenör	33	35,69	3,76	0,78	,536	---
	Cankurtaran	36	36,08	4,63			
	Danışma ve Halkla ilişkiler	8	34,12	4,64			
	Büro Personeli	10	37,40	4,00			
	Destek Hizmetleri	9	35,00	4,30			
Grup Amaçlarının Kabulünü Sağlama	Antrenör	33	22,06	2,80	1,32	,268	---
	Cankurtaran	36	23,22	2,17			
	Danışma ve Halkla ilişkiler	8	22,00	2,77			
	Büro Personeli	10	23,30	2,90			
	Destek Hizmetleri	9	23,00	2,39			
Entelektüel Teşvikte Bulunma	Antrenör	33	17,39	2,51	1,14	,339	---
	Cankurtaran	36	17,69	2,61			
	Danışma ve Halkla ilişkiler	8	16,37	2,77			
	Büro Personeli	10	18,70	2,35			
	Destek Hizmetleri	9	17,00	1,50			
Bireysel İlgil	Antrenör	33	12,36	1,98	1,44	,226	---
	Cankurtaran	36	12,88	2,31			
	Danışma ve Halkla ilişkiler	8	12,37	1,84			
	Büro Personeli	10	14,00	2,00			
	Destek Hizmetleri	9	13,33	1,58			
	Antrenör	33	13,45	1,43	1,21	,311	---

Yüksek Başarı Beklentisine Sahip Olma	Cankurtaran	36	13,52	1,73			
	Danışma ve Halkla ilişkiler	8	12,62	1,06			
	Büro Personeli	10	13,90	1,19			
	Destek Hizmetleri	9	12,77	1,71			
Dönüşümcü Liderlik Ölçeği Toplamı	Antrenör	33	100,96	11,11	1,05	,384	---
	Cankurtaran	36	103,41	12,22			
	Danışma ve Halkla ilişkiler	8	97,50	11,83			
	Büro Personeli	10	107,30	12,09			
	Destek Hizmetleri	9	100,11	11,24			
Yenilikçi Davranış Ölçeği Toplamı	Antrenör	33	27,03	2,69	2,56	,044*	2-5
	Cankurtaran	36	27,41	2,78			
	Danışma ve Halkla ilişkiler	8	25,12	3,83			
	Büro Personeli	10	27,20	2,39			
	Destek Hizmetleri	9	24,66	2,64			

* $p < ,05$, Kategoriler: Antrenör=1; Cankurtaran=2; Danışma ve Halkla İlişkiler=3; Büro Personeli=4; Destek Hizmetleri=5.

Çizelge 9 incelendiğinde, katılımcıların görev değişkeni ile dönüşümcü liderlik ölçeği alt boyutları ve toplamı arasında herhangi bir farklılık tespit edilmemiştir. Bu bulgu, dönüşümcü liderlik algılarının görev alanına göre benzerlik gösterdiğini ortaya koymaktadır.

Katılımcıların görev değişkeni ile yenilikçi davranış ölçeği toplamı ($F=2,56$, $p=,044 < ,05$) arasında cankurtaran ve destek hizmetlerinde çalışan katılımcılar açısından, cankurtaranların lehine anlamlı farklılık tespit edilmiştir. Buna göre, cankurtaranların yenilikçi davranış düzeylerinin destek hizmetleri personeline göre daha yüksek olduğu söylenebilir.

4. TARTIŞMA, SONUÇ VE ÖNERİLER

Günümüzün hızlı değişen ve yoğun rekabetin yaşandığı piyasalarında, örgütlerin varlıklarını sürdürebilmeleri ve avantaj elde edebilmeleri, yenilikçiliğe verdikleri önemle yakından ilişkilidir. Yenilikçiliği destekleyen bir örgüt kültürünün oluşturulmasında liderlerin davranışları oldukça önemlidir. Dönüşümcü liderler, çalışanlarını destekleyip yönlendirdiklerinde onların öz güvenlerini artırmakta; bu durum çalışanların yalnızca kendilerinden beklenen görevleri yerine getirmelerinin ötesine geçerek, örgütün vizyonu ile uyumlu yenilikçi fikirler geliştirmelerini de teşvik etmektedir. Ortaya konan bu yenilikçi davranışlar, çalışanların görev performansını güçlendirmekte ve örgütün genel

başarısına önemli katkılar sağlamaktadır. Bu doğrultuda, bu araştırmada, Ankara'daki bir ilçe belediyesinin gençlik ve spor hizmetleri biriminde çalışan personelin dönüşümcü liderlik algıları ile yenilikçi iş davranışları arasındaki ilişkinin incelenmesi amaç edinilmiştir.

Bu amaç doğrultusunda, katılımcılardan elde edilen tanımlayıcı istatistikler incelendiğinde, dönüşümcü liderlik ölçeği alt boyutları arasında en yüksek düzeyin vizyon ilhamı sağlama ve uygun rol model olma boyutunda, en düşük düzeyin ise bireysel ilgi boyutunda yer aldığı görülmektedir. Bu durum, yöneticilerin çalışanlara vizyon kazandırma ve rol model olma konusunda güçlü bir etkiye sahip olduklarını, ancak bireysel farklılıklara ve çalışanların kişisel ihtiyaçlarına gösterilen ilgide daha sınırlı kaldıklarını düşündürmektedir. Ayrıca yenilikçi davranış düzeylerinin genel olarak yüksek olması, personelin görevlerini yerine getirirken yenilikçi tutum ve davranışlara açık olduğunu göstermektedir. Bu bulgu, dönüşümcü liderlik anlayışının özellikle vizyoner yönünün yenilikçi iş davranışlarını desteklediğini, ancak bireysel desteğin artırılmasının çalışan bağlılığı ve motivasyonu açısından önemli olabileceğini ortaya koymaktadır.

Dönüşümcü liderlik ölçeği ile yenilikçi davranış ölçeği arasında pozitif yönde ve orta düzeyde anlamlı bir ilişki tespit edilmiştir. Bu sonuç, dönüşümcü liderlik algısı arttıkça personelin yenilikçi davranış sergileme düzeyinin de yükseldiğini göstermektedir. Dolayısıyla, yöneticilerin dönüşümcü liderlik tarzını benimsemeleri, çalışanların yenilikçi iş davranışlarını destekleyen önemli bir unsur olarak değerlendirilebilir. Araştırma bulguları, dönüşümcü liderliğin yenilikçiliği olumlu yönde etkilediğini ortaya koymaktadır. Ayrıca, mevcut literatür incelendiğinde dönüşümcü liderlik ile yenilikçilik arasındaki ilişkiyi ele alan çalışmalarla bu sonucun örtüştüğü görülmektedir (Atay, 2025; Güngör, 2024; Torun, 2024; Aryee vd., 2012; Gümüsoğlu ve İlsev, 2009).

Araştırma bulguları incelendiğinde, cinsiyet değişkenine göre dönüşümcü liderlik algılarında kadın çalışanların erkeklere kıyasla daha yüksek bir algıya sahip oldukları görülmüştür. Özellikle vizyon ilhamı sağlama, rol model olma ve bireysel ilgi boyutlarında kadınların lehine anlamlı farklılıklar ortaya çıkmıştır. Bu durum, kadın çalışanların yöneticilerinin vizyoner yaklaşımlarını ve bireysel desteklerini daha güçlü algıladıklarını göstermektedir. Bu durum, literatürde kadınların dönüşümcü liderlik özelliklerini daha güçlü sergilediklerini ortaya koyan çalışmalarla paralellik göstermektedir (Bass & Avolio, 1994; Yammarino vd., 1997; Eagly ve Carli, 2003). Benzer şekilde, yenilikçi davranış düzeylerinde de kadınların erkeklere oranla daha yüksek puanlar aldığı belirlenmiştir. Bu bulgu, kadın çalışanların iş süreçlerinde yenilikçi yaklaşımlara daha açık olduklarını ve dönüşümcü liderlik algısının onların yenilikçi davranışlarını daha fazla beslediğini düşündürmektedir. Literatürde de yenilikçi davranışların cinsiyete göre farklılaştığı ve kadınların örgütsel vizyona uyumlu fikir geliştirme süreçlerinde daha etkin olabildikleri vurgulanmaktadır (De Jong ve Den Hartog, 2010; Aryee vd., 2012).

Araştırma bulguları, yaş değişkenine göre dönüşümcü liderlik algılarında farklılıklar olduğunu göstermektedir. Özellikle bireysel ilgi ve yüksek başarı beklentisi boyutlarında, 41 yaş ve üzerindeki katılımcıların genç katılımcılara kıyasla daha yüksek algılara sahip oldukları belirlenmiştir. Bu durum, yaş ilerledikçe çalışanların liderlerin bireysel desteğini ve yüksek başarı beklentisini daha güçlü algıladıklarını düşündürmektedir. Nitekim literatürde de benzer sonuçlara rastlanmaktadır. Ng ve Feldman (2010) yaş ilerledikçe iş tutumlarının ve liderlik algılarının daha olumlu hale geldiğini belirtirken, Kearney (2008) de yaşça büyük çalışanların liderlik davranışlarını daha olumlu değerlendirdiklerini ortaya koymuştur. Benzer şekilde, Meyers ve arkadaşları da (2013) kıdem ve yaş arttıkça çalışanların liderin gelişim odaklı ve destekleyici davranışlarını daha yüksek düzeyde algıladıklarını vurgulamaktadır. Bu bağlamda, araştırma bulgularının literatürdeki çalışmalarla uyumlu olduğu söylenebilir.

Araştırma bulguları, eğitim durumu değişkenine göre dönüşümcü liderlik algılarında anlamlı farklılıklar olduğunu göstermektedir. Özellikle vizyon kazandırma, entelektüel teşvik ve bireysel ilgi boyutlarında, lisansüstü eğitim almış katılımcıların diğer gruplara göre daha yüksek düzeyde algılara sahip oldukları belirlenmiştir. Bu sonuç, eğitim düzeyi yükseldikçe çalışanların liderlik davranışlarını daha olumlu değerlendirdiklerini ve liderin vizyoner, teşvik edici ve bireysel destek sağlayan yönlerini daha güçlü algıladıklarını ortaya koymaktadır. Benzer şekilde, yenilikçi davranış düzeylerinde de lisansüstü eğitim alan katılımcılar diğer gruplara kıyasla daha yüksek puanlar almışlardır. Bu bulgu, eğitim düzeyinin artmasının çalışanların yenilikçi davranışlara daha fazla yönelmelerini sağladığını düşündürmektedir. Literatür incelendiğinde benzer sonuçların varlığı söz konusudur (Scott ve Bruce, 1994; Jung vd., 2003).

Araştırma bulguları, görev değişkenine göre yenilikçi davranış düzeylerinde anlamlı bir farklılık olduğunu göstermektedir. Özellikle cankurtaranların yenilikçi davranışlarının destek hizmetleri personeline kıyasla daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Bu durum, görev tanımının doğasıyla açıklanabilir. Cankurtaranların kriz anlarında hızlı ve yaratıcı çözümler üretme, riskleri öngörme ve anlık kararlar alma zorunluluğu onların yenilikçi davranışlarını daha fazla geliştirmelerine katkı sağlamaktadır. Buna karşılık, destek hizmetleri personelinin görevlerinin daha rutin ve standart prosedürlere dayalı olması, yenilikçi davranış sergileme düzeylerini sınırlayabilmektedir. Dolayısıyla, farklı görev alanlarının yenilikçi davranışlara yönelik algı ve eğilimleri etkilediği söylenebilir.

Sonuç olarak, bu çalışma, yerel yönetimlerde dönüşümcü liderlik anlayışının sadece kurumsal gelişime değil, aynı zamanda çalışanların yaratıcılığına ve yenilikçi potansiyeline de yön verebilecek güçlü bir araç olduğunu göstermektedir. Bu çalışmanın sonuçlarına dayanarak şu önerilerde bulunulabilir:

- Gelecek araştırmalarda farklı illerdeki belediyelerde benzer çalışmalar yapılarak bulguların genellenebilirliği test edilebilir.
- Nitel yöntemler kullanılarak dönüşümcü liderlik algılarının çalışan deneyimleri üzerinden daha detaylı anlaşılması sağlanabilir.

- Yenilikçi davranışları etkileyen diğer değişkenler de modele dahil edilerek daha kapsamlı analizler yapılabilir.
- Belediye yöneticilerine yönelik liderlik geliştirme programları düzenlenerek dönüştürücü liderlik becerileri güçlendirilebilir.

KAYNAKÇA

Aryee, S., Walumbwa, F. O., Zhou, Q., & Hartnell, C. A. (2012). Transformational leadership, innovative behavior, and task performance: Test of mediation and moderation processes. *Human performance*, 25(1), 1-25.

Aryee, S., Walumbwa, F. O., Zhou, Q., & Hartnell, C. A. (2012). Transformational leadership, innovative behavior, and task performance: Test of mediation and moderation processes. *Human performance*, 25(1), 1-25.

Atay, D. (2025). Dönüştürücü liderlik, yenilikçi iş davranışı, bilgi paylaşımı ve görev performansı ilişkisi (Yüksek Lisans Tezi). Gebze Teknik Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Gebze.

Bass, B. M. (1994). *Improving organizational effectiveness through transformational leadership*. Thousand Oaks.

Büyüköztürk, Ş., Kılıç Çakmak, E., Akgün, Ö., Karadeniz, Ş., & Demirel, F. (2021). *Eğitimde bilimsel araştırma yöntemleri*. Ankara: Pegem A Yayıncılık.

De Jong, J., & Den Hartog, D. (2010). Measuring innovative work behaviour. *Creativity and innovation management*, 19(1), 23-36.

Eagly, A. H., & Carli, L. L. (2003). The female leadership advantage: An evaluation of the evidence. *The leadership quarterly*, 14(6), 807-834.

Gümüşlüoğlu, L., & İlsev, A. (2009). Transformational leadership, creativity, and organizational innovation. *Journal of business research*, 62(4), 461-473.

Güngör, M. (2024). Dönüştürücü liderlik ve çalışmaya tutkunluğun yenilikçi iş davranışı ve iş sonuçlarına etkisi: Spor yöneticileri üzerine bir araştırma (Yüksek Lisans Tezi). Gebze Teknik Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Gebze.

Jung, D. I., Chow, C., & Wu, A. (2003). The role of transformational leadership in enhancing organizational innovation: Hypotheses and some preliminary findings. *The leadership quarterly*, 14(4-5), 525-544.

Karasar, N. (2005). *Bilimsel araştırma yöntemleri* (15. Baskı). Ankara: Nobel Yayın Dağıtım.

Kearney, E. (2008). Age differences between leader and followers as a moderator of the relationship between transformational leadership and team performance. *Journal of occupational and Organizational Psychology*, 81(4), 803-811.

- Meyers, M. C., van Woerkom, M., & Bakker, A. B. (2013). The added value of the positive: A literature review of positive psychology interventions in organizations. *European Journal of Work and Organizational Psychology*, 22(5), 618-632.
- Ng, T. W., & Feldman, D. C. (2010). The relationships of age with job attitudes: A meta-analysis. *Personnel psychology*, 63(3), 677-718.
- Owens J., (1979), The uses of leadership theory. *IEEE Engineering Management Review*, 7(2), 102-108.
- Scott, S. G., & Bruce, R. A. (1994). Determinants of innovative behavior: A path model of individual innovation in the workplace. *Academy of management journal*, 37(3), 580-607.
- Torun, N. (2024). Psikolojik güçlendirme, dönüşümcü liderlik ve yenilikçi iş davranışı arasındaki ilişkileri açığa çıkarmaya yönelik bir araştırma (Yüksek Lisans Tezi). Ege Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, İzmir.
- Yammarino, F. J., Dubinsky, A. J., Comer, L. B., & Jolson, M. A. (1997). Women and transformational and contingent reward leadership: A multiple-levels-of-analysis perspective. *Academy of Management Journal*, 40(1), 205-222.

FARKLI SPOR BRANŞLARINDA UZMANLIK EĞİTİMİ ALAN ÜNİVERSİTE ÖĞRENCİLERİNİN BAZI TEMEL MOTOR ÖZELLİK GELİŞİMLERİNİN İNCELENMESİ

**Arş. Gör. Dr. Cihan GÜRBÜZ¹ - Öğr. Gör. Dr. Bülent TATLISU²-Dr. Öğr. Üyesi
Refik ÇABUK³**

Bayburt Üniversitesi, Spor Bilimleri Fakültesi, cihangurbuz@bayburt.edu.tr

Orcid:0000-0003-4131-3698

Bayburt Üniversitesi, Spor Bilimleri Fakültesi, btatlisu@bayburt.edu.tr

Orcid:0000-0003-4208-4583

Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Spor Bilimleri Fakültesi, refik.cabuk@omu.edu.tr

[Orcid:0000-0002-3682-3135](https://orcid.org/0000-0002-3682-3135)

ÖZET

Bu araştırma da, farklı spor branşların da uzmanlık eğitimi alan üniversite öğrencilerinin bazı temel motor özelliklerinin gelişimini incelemesi amaçlanmıştır. Araştırma, yarı-deneysel yöntem türlerinden karşılaştırmalı son test modeline uygun olarak düzenlenmiştir. Araştırmanın çalışma grubu, Bayburt Üniversitesi Spor Bilimleri Fakültesi, Spor Yöneticiliği bölümünde öğrenim gören, farklı branşlarda uzmanlık eğitimi alan 20 erkek öğrenciden (yaş: 22,30±1,38 yıl; vücut ağırlığı: 64,5 ± 6,78; boy: 1,78 m ± 8,34) oluşmaktadır. Katılımcılar, üniversite müfredatı kapsamında, 8 hafta boyunca haftada 2 gün ve her biri 90 dakika süren yüzme, tenis, boks ve futbol branşlarındaki uzmanlık eğitimlerine katılmışlardır. Çalışma öncesi öğrencilere çalışma hakkında bilgi verilmiş olup gönüllük formu doldurtulmuştur. Veri toplama araçları olarak, motor hareket performanslarının ölçümünde kullanılan araçlarından otur eriş, dikey sıçrama, durarak uzun atlama, izometrik sırt kuvveti, izometrik bacak kuvveti, sağ ve sol el kavrama kuvveti testleri kullanılmıştır. Verilerin normal dağılıma uygunluğu Shapiro-Wilk testi, ayrıca çarpıklık ve basıklık değerleri incelenerek kontrol edilmiştir. Tüm değişkenler için ön test ve son test değerleri arasındaki farkları belirlemek amacıyla bağımlı gruplar t-testi uygulanmıştır. İstatistiksel anlamlı farklılık $p < 0,05$ olarak değerlendirilmiştir. Sonuç olarak, araştırma kapsamında değerlendirilen kuvvet, esneklik ve patlayıcı güç parametreleri, bireylerin sportif performansını doğrudan etkileyen önemli göstergeler arasında yer almaktadır. Bu duruma göre elde edilen ön test ve son test sonuçları karşılaştırıldığında; el kavrama kuvveti sağ ($p=,000$) ve sol ($p=,000$), sırt-bacak kuvveti ($p=,000$), dikey sıçrama ($p=,000$), durarak uzun atlama($p=,000$), ve otur-eriş esneklik ($p=,000$), performanslarında istatistiksel açıdan anlamlı düzeyde gelişmeler gözlemlenmiştir ($p<0,05$). Farklı spor branşlarında uzmanlık eğitimi alan üniversite öğrencilerinin 8 haftalık çalışmanın motor performansları üzerinde olumlu katkı sağladığını göstermektedir.

Anahtar Kelimeler: Spor, Farklı Branş, Üniversite Öğrencisi, Motor Özellik

1. GİRİŞ

Motorik yetenekler; kuvvet, esneklik, denge gibi temel fizyolojik ve biomekanik bileşenler, sporcunun branşına özgü performansını şekillendiren önemli faktörlerdir. Üniversite düzeyindeki spor öğrencilerinin farklı branşlarda uzmanlaşması; bu motorik bileşenlerdeki gelişimin hem evrensel hem de branş bazlı farklılaşmasını ortaya koyma potansiyeli taşır. Bu bağlamda, son yıllarda yapılan çalışmalar, fonksiyonel ve bütüncü yaklaşımın bu parametrelerin gelişiminde etkili olduğunu göstermektedir.

Spor bilimlerinde motorik özelliklerin geliştirilmesi, sporcuların performansının artırılmasında ve branşlara özgü gereksinimlerin karşılanmasında kritik bir rol oynamaktadır. Kuvvet, esneklik, dayanıklılık ve patlayıcı kuvvet gibi temel motorik bileşenler, yalnızca sportif başarı açısından değil aynı zamanda sakatlıkların önlenmesi ve uzun vadeli sporcu gelişimi açısından da belirleyici faktörlerdir (Bompa & Buzzichelli, 2019). Üniversite düzeyinde farklı spor branşlarında uzmanlık eğitimi alan öğrenciler, sistematik antrenman süreçleri ve branşlarının fizyolojik talepleri doğrultusunda çeşitli motorik adaptasyonlar göstermektedir.

Literatürde, branşa özgü antrenmanların sporcular üzerinde farklı motorik etkiler yarattığına dair bulgular mevcuttur. Örneğin, dayanıklılık gerektiren spor branşlarında esneklik ve aerobik kapasite gelişimleri ön planda olurken, güç ve hız odaklı branşlarda patlayıcı kuvvet ve sprint performansının daha belirgin şekilde geliştiği görülmektedir (Zatsiorsky & Kraemer, 2006; McArdle, Katch & Katch, 2015).

Kariyawasam ve arkadaşları (2019) 'da Sri Lanka'da basketbol ve futbol milli takım oyuncularında yapılan araştırmada; el kavrama kuvveti, sıçrama gücü ve denge gibi becerilerde branşa özgü farklılıklar gözlenmiştir. Ayrıca Trabzon ve diğer bölgelerde spor liseleri öğrencileri ile fen ve anadolu liselerindeki öğrencilerin motor beceri testlerinde (20 m sprint, otur-uzan-esneklik, stand long jump vb.) spor lisesi öğrencilerinin üstün olduğu tespit edilmiştir (Kılıçaslan ve Kalkavan, 2020). Bu bağlamda, mevcut çalışma farklı spor branşlarında uzmanlık eğitimi alan üniversite öğrencilerinin temel motor özelliklerindeki gelişimi inceleyerek, branşlar arası farklılıkların ortaya konmasını ve gelecekte uygulanacak antrenman programları için yol gösterici sonuçların elde edilmesini amaçlamaktadır.

2. YÖNTEM

2.1. Deneysel Tasarım

Bu araştırma, farklı spor branşlarında uzmanlık eğitimi alan spor yöneticiliği bölümü öğrencilerinin bazı temel motor özelliklerinin gelişimini incelemek amacıyla gerçekleştirilen ön test-son test desenine sahip deneysel bir çalışmadır. Çalışmada katılımcıların motorik performanslarına ilişkin ölçümler, uygulanan antrenman programı

öncesinde ve sonrasında karşılaştırılmıştır. Araştırmaya daha önce herhangi bir spor branşında düzenli eğitim almamış, spor yöneticiliği bölümünde okuyan üniversite öğrencileri dahil edilmiştir. Katılımcılar, üniversite müfredatı kapsamında, 8 hafta boyunca haftada 2 gün ve her biri 90 dakika süren yüzme, tenis, boks ve futbol branşlarındaki uzmanlık eğitimlerine katılmışlardır.

Katılımcıların testleri iki farklı günde, en az 24 saat arayla gerçekleştirilmiştir. Sırasıyla, otur-uzan eriş testi, dikey sıçrama, izometrik sırt ve bacak kuvveti testleri aynı günde uygulanırken; el kavrama testi, durarak uzun atlama testi ise farklı bir günde gerçekleştirilmiştir. Testler arasında yaklaşık iki dakikalık dinlenme araları verilmiştir.

2.2.Katılımcılar

Araştırmaya Bayburt Üniversitesi Spor Bilimleri Fakültesinde öğrenim gören, farklı branşlarda uzmanlık eğitimi alan 20 erkek öğrenci (yaş: $22,30 \pm 1,38$ yıl; vücut ağırlığı: $64,5 \pm 6,78$; boy: $1,78 \text{ m} \pm 8,34$) gönüllü olarak katılmıştır. Katılımcıların son 6 ay içerisinde ciddi sakatlık veya sağlık problemi yaşamadıkları beyan edilmiştir. Tüm katılımcılardan çalışmaya katılım öncesinde bilgilendirilmiş onam formu alınmıştır.

2.3.İsınma protokolü

Katılımcılar tüm testlere başlamadan önce 10 dakikalık bir ısınma protokolünü tamamlamışlardır. Bu ısınmanın ilk beş dakikası hafif bir tempoda gerçekleştirildi. Hafif tempoda koşu tamamlanmasından 15 saniye sonra SS protokolüne başlamışlardır. SS protokolü, aşağıdaki kas gruplarını hedefleyen dokuz alt ekstremitte germe egzersizini içermiştir: (1) gastroknemius, (2) tibialis anterior, (3) hamstring kasları, (4) quadriceps kası, (5) gluteus maximus, (6) iliopsoas, (7) kalça adduktorleri, (8) kalça abduktorleri, (9) quadratus lumborum. 1 numaralı ve 4–9 numaralı esnetmeler sağ ve sol bacak için ayrı ayrı uygulanmıştır. Katılımcılara, kendi ağrı eşliğine ulaştıklarında her bir esnetmeyi 10 saniye boyunca sürdürmeleri talimatı verilmiştir.

2.4.Otur eriş testi

Katılımcıların esneklik düzeylerini değerlendirmek amacıyla otur-eriş testi uygulanmıştır. Test sırasında katılımcılar yere oturmuş, dizler tamamen gergin ve ayak tabanları otur-eriş kutusuna dayanmış pozisyonda başlamışlardır. Katılımcılardan kollarını öne doğru uzatarak, dizlerini bükmeden ve ani sıçrama hareketi yapmadan mümkün olduğunca ileriye doğru uzanmaları istenmiştir. Elde edilen mesafe, otur-eriş kutusu üzerinde yer alan cetvel aracılığıyla santimetre cinsinden kaydedilmiştir. Test iki kez uygulanmış ve en iyi değer analize dahil edilmiştir.

2.5.Dikey Sıçrama Testi

Durarak uzun atlama testine ek olarak, katılımcıların alt vücut patlayıcı kuvvetleri dikey sıçrama testi ile değerlendirilmiştir. Test sırasında katılımcılar ayaklar omuz genişliğinde açık, kollar serbest pozisyonda başlangıç duruşunu almışlardır. Katılımcılardan sabit duruştan mümkün olduğunca yukarıya doğru sıçramaları istenmiştir. Her katılımcı, aralarında 2 dakikalık dinlenme olacak şekilde üç maksimal sıçrama gerçekleştirmiştir. Bu denemeler arasından elde edilen en yüksek değer en iyi

skor olarak kaydedilmiştir. Sıçrama yüksekliği manuel bir ölçüm cihazı ile santimetre cinsinden ölçülmüştür.

2.6.İzometrik Sırt Kuvveti Testi

İzometrik sırt kuvveti (ISB), aynı elektronik dinamometre (Katalog #TKK 5402, Takei Scientific Instruments Co.) kullanılarak ölçülmüştür. Katılımcıların sırt kas kuvveti, gövdenin 30° açıyla öne eğildiği ayakta duruş pozisyonunda gövde kaslarının maksimum izometrik ekstansiyon kuvvetine göre değerlendirilmiştir. Bu yöntem, kuvvetin yalnızca sırt kaslarından elde edilmesini sağlamak, psoas veya omuz kaslarının katkısını en aza indirmek ve katılımcının geriye doğru düşmesini önlemek amacıyla uygulanmıştır. Dinamometre her bireye özel olarak ayarlanmış ve ILS testinde olduğu gibi aynı protokoller izlenmiştir.

2.7. İzometrik Bacak Kuvveti Testi

İzometrik bacak kuvveti (ILS), elektronik dinamometre (Katalog #TKK 5402, Takei Scientific Instruments Co., Niigata, Japonya) kullanılarak ölçülmüştür. Katılımcılar diz açıları yaklaşık 130°–140° olacak şekilde bir gonyometre yardımıyla ayarlanarak dinamometre platformunun üzerine yerleştirilmiştir. Dinamometre her katılımcıya özel olarak ayarlanmış ve tekrarlanan ölçümlerde tutarlılığı sağlamak amacıyla kişiye özgü uzunluk kaydedilmiştir. Ölçüm sürecinde zincir, istenilen diz açısını elde etmek için sabitlenmiş ve katılımcılar kolları gergin pozisyonda tutamaçtan kavramıştır. Ölçüm, katılımcıların sırt kaslarını kullanmadan bacaklarını yavaş ve kontrollü şekilde yukarı doğru itmeleri sırasında alınmıştır. Katılımcılara maksimum efor göstermeleri, ancak sırt kaslarını kullanmamaları talimatı verilmiştir. İki deneme yapılmış, denemeler arasında 2 dakika dinlenme verilmiş ve en yüksek değer kaydedilmiştir.

2.8.Sağ ve Sol El Kavrama Kuvveti Testi

Katılımcıların üst ekstremite izometrik kas kuvvetini değerlendirmek amacıyla sağ ve sol el kavrama kuvveti testleri uygulanmıştır. Ölçümler, hidrolik el dinamometresi (ör. Jamar Hand Dynamometer) kullanılarak yapılmıştır. Test sırasında katılımcılar ayakta, kollar gövde yanında serbest ve dirsekler tam ekstansiyonda olacak şekilde konumlandırılmıştır. Katılımcılardan, dinamometreyi maksimum kuvvetle sıkmaları istenmiştir. Her iki el için üçer deneme yapılmış, denemeler arasında 1 dakika dinlenme verilmiştir. Elde edilen en yüksek değer her el için ayrı ayrı kaydedilmiş ve analizlerde kullanılmıştır.

2.9. Durarak Uzun Atlama Testi

Katılımcıların alt vücut patlayıcı güçleri durarak uzun atlama (SLJ) testi ile değerlendirilmiştir. Bu testte katılımcılar ayaklar bitişik ve kollar serbest olacak şekilde başlangıç çizgisinin gerisinde durarak mümkün olduğunca ileriye doğru sıçramışlardır; ancak elleriyle yere temas etmelerine izin verilmemiştir. Mesafe, başlangıç çizgisinden topuğun yere temas ettiği noktaya kadar şerit metre (Katalog #STHT36127-2, Stanley,

New Britain) kullanılarak ölçülmüştür. Test iki kez uygulanmış ve en iyi derece santimetre cinsinden kaydedilmiştir.

2.10. İstatistiksel Analiz

Araştırmadan elde edilen veriler SPSS 25.0 paket programı kullanılarak analiz edilmiştir. Öncelikle betimsel istatistikler (ortalama, standart sapma, minimum, maksimum, çarpıklık ve basıklık değerleri) hesaplanmıştır. Verilerin normal dağılıma uygunluğu Shapiro-Wilk testi, ayrıca çarpıklık ve basıklık değerleri incelenerek kontrol edilmiştir. Tüm değişkenler için ön test ve son test değerleri arasındaki farkları belirlemek amacıyla bağımlı gruplar t-testi uygulanmıştır. İstatistiksel anlamlı farklılık $p < 0,05$ olarak değerlendirilmiştir.

2. BULGULAR

Çizelge 1. Katılımcıların Demografik Özellikleri ve Motor Performans Testlerine İlişkin Tanımlayıcı İstatistikler ile Normallik Testi Sonuçları

	N	Minimum	Maximum	X	Ss	Skewness	Kurtosis	Shapiro-Statistic	Wilk Sig.	
Yaş	20	21	26	22,30	1,380	1,398	1,771	,818	,062	
Spor Yaşı	20	3	9	6,10	2,469	-,104	-1,603	,839	,074	
El Kavrama Sağ	Ön Test	20	32	62	45,15	8,197	,329	-,483	,959	,523
	Son Test	20	37	64	48,75	7,759	,464	-,498	,960	,549
El Kavrama Sol	Ön Test	20	34	58	43,80	6,986	,665	-,435	,933	,177
	Son Test	20	37	62	47,25	6,552	,668	-,069	,956	,465
Sırt Bacak	Ön Test	20	111	202	139,80	25,258	1,193	,804	,877	,066
	Son Test	20	130	207	169,75	21,418	,040	-,928	,971	,766
Otur Eriş	Ön Test	20	16	43	29,25	7,820	-,287	-,762	,952	,392
	Son Test	20	23	48	33,55	7,345	,239	-,458	,937	,211
Dikey Sıçrama	Ön Test	20	27	62	42,70	8,027	,338	,666	,983	,969
	Son Test	20	28	65	46,55	7,944	,212	1,551	,946	,307
	20	120	218	183,95	21,160	-1,484	2,664	,869	,110	

Durarak Uzun Atlama	Ön Test Son Test	20	124	234	197,10	25,662	-,837	2,370	,908	,057
---------------------	------------------	----	-----	-----	--------	--------	-------	-------	------	------

Çizelge 1’de katılımcıların demografik özellikleri ile temel motor performans testlerine ilişkin tanımlayıcı istatistikler ve normallik testi sonuçları sunulmaktadır. Katılımcıların yaş ortalaması $22,30 \pm 1,38$, spor yaşı ortalaması ise $6,10 \pm 2,47$ yıl olarak belirlenmiştir. Motor performans testlerine bakıldığında, el kavrama kuvveti, sırt-bacak kuvveti, otur-eriş, dikey sıçrama ve durarak uzun atlama değerlerinde ön testten son teste doğru ortalamaların arttığı görülmektedir. Çarpıklık (Skewness) ve basıklık (Kurtosis) değerleri incelendiğinde, tüm değişkenlerin ± 2 aralığında olduğu ve normal dağılım varsayımını desteklediği görülmektedir. Shapiro-Wilk testi sonuçları da incelendiğinde, tüm değişkenlerde $p > 0,05$ bulunmuş ve dağılımın normalliği doğrulanmıştır. Bu bulgular, elde edilen verilerin parametrik testlerin uygulanmasına elverişli olduğunu göstermektedir.

Çizelge 2. Katılımcıların El Kavrama Sağ Ön ve Son Testlerine Ait Bağımlı Örneklem T-Testi Sonuçları

Grup		n	\bar{x}	Ss	t	p
El Kavrama Sağ	Ön Test	20	45,15	8,197	-6,493	,000*
	Son Test	20	48,75	7,759		

* ($p < 0,00$)

Çizelge 2’de elde edilen bulgulara göre, katılımcıların sağ el kavrama kuvvetinde ön test ile son test arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmuştur ($p < 0,00$). Son test ortalamasının ön test ortalamasından yüksek olması, uzmanlık derslerde uygulanan programın sağ el kavrama kuvvetini geliştirdiğini göstermektedir.

Çizelge 3. Katılımcıların El Kavrama Sol Ön ve Son Testlerine Ait Bağımlı Örneklem T-Testi Sonuçları

Grup		n	\bar{x}	Ss	t	p
El Kavrama Sol	Ön Test	20	43,80	6,986	-6,016	,000*
	Son Test	20	47,25	6,552		

* ($p < 0,00$)

Çizelge 3’te sunulan verilere göre, katılımcıların sol el kavrama kuvvetinde ön test ve son test ölçümleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark gözlenmiştir ($p < 0,001$). Son test ortalamasının ön test ortalamasına kıyasla artış göstermesi, uzmanlık derslerinde uygulanan programın sol el kavrama gücünü geliştirmede etkili olduğunu

ortaya koymaktadır. Bu durum, programın üst ekstremitte kuvvetini dengeleyici ve genel motor performansı destekleyici etkisini göstermektedir.

Çizelge 4. Katılımcıların Sırt Bacak Ön ve Son Testlerine Ait Bağımlı Örneklem T-Testi Sonuçları

Grup		n	\bar{x}	Ss	t	p
Sırt Bacak	Ön Test	20	139,80	25,258	-5,978	,000*
	Son Test	20	169,75	21,418		

* ($p < 0,00$)

Çizelge 4’de katılımcıların sırt-bacak kuvveti ölçümleri incelendiğinde, ön test ile son test değerleri arasında belirgin bir artış gözlenmiştir. Son test ortalamasının ön test ortalamasına kıyasla yükselmesi, uygulanan uzmanlık programının alt ekstremitte kuvvetini geliştirmede etkili olduğunu göstermektedir. Bu bulgu, programın hem kuvvet kazanımı hem de genel motor performans üzerinde olumlu bir etki yarattığını ortaya koymaktadır.

Çizelge 5. Katılımcıların Otur Eriş Ön ve Son Testlerine Ait Bağımlı Örneklem T-Testi Sonuçları

Grup		n	\bar{x} (cm)	Ss	t	p
Otur Eriş	Ön Test	20	29,25	7,820	-7,130	,000*
	Son Test	20	33,55	7,345		

* ($p < 0,00$)

Çizelge 5’de katılımcıların Otur-Eriş testi ölçümleri incelendiğinde, ön test ile son test arasında istatistiksel olarak anlamlı bir artış gözlenmiştir. Son test ortalamasının ön test ortalamasına kıyasla yükselmesi, uygulanan uzmanlık derslerinin esneklik ve eklem hareket açıklığını artırıcı etkisini ortaya koymaktadır. Bu bulgu, programın yalnızca kuvvet değil, aynı zamanda fleksibilite ve genel motor performans üzerinde de olumlu katkı sağladığını göstermektedir.

Çizelge 6. Katılımcıların Dikey Sıçrama Ön ve Son Testlerine Ait Bağımlı Örneklem T-Testi Sonuçları

Grup		n	\bar{x} (cm)	Ss	t	p
	Ön Test	20	42,70	8,027	-4,597	,000*

Dikey Sıçrama	Son Test	20	46,55	7,944		
---------------	-----------------	----	-------	-------	--	--

* ($p < 0,00$)

Çizelge 6’da katılımcıların dikey sıçrama performansları incelendiğinde, ön test ve son test değerleri arasında belirgin bir artış gözlenmiştir. Son test ortalamasının ön test ortalamasına kıyasla yükselmesi, uzmanlık derslerinde uygulanan programın patlayıcı güç ve alt ekstremite performansını geliştirmede etkili olduğunu göstermektedir. Bu bulgu, programın kas kuvveti, koordinasyon ve denge gibi motor performans bileşenlerini destekleyici bir etki yarattığını ortaya koymaktadır.

Çizelge 7. Katılımcıların Durarak Uzun Atlama Ön ve Son Testlerine Ait Bağımlı Örneklem T-Testi Sonuçları

Grup		n	\bar{x} (cm)	Ss	t	p
Durarak Uzun Atlama	Ön Test	20	183,95	21,160	-5,354	,000*
	Son Test	20	197,10	25,662		

* ($p < 0,00$)

Çizelge 7’de katılımcıların durarak uzun atlama performansları incelendiğinde, ön test ve son test değerleri arasında anlamlı bir artış gözlenmiştir. Son test ortalamasının ön test ortalamasına kıyasla yükselmesi, uygulanan uzmanlık derslerinin alt ekstremite kuvveti, patlayıcı güç ve koordinasyon yeteneklerini geliştirdiğini göstermektedir. Bu bulgu, programın motor performansın çok boyutlu gelişimine katkı sağladığını ve katılımcıların genel performans kapasitesinde gözle görülür bir iyileşme meydana getirdiğini ortaya koymaktadır.

3. TARTIŞMA

Bu araştırmada, farklı spor branşlarında uzmanlık eğitimi alan üniversite öğrencilerinin temel motor özellikleri incelenmiştir. Araştırma kapsamında değerlendirilen kuvvet, esneklik ve patlayıcı kuvvet parametreleri, bireylerin sportif performansını doğrudan etkileyen önemli göstergeler arasında yer almaktadır. Literatürde, branşa özgü uygulanan antrenman modellerinin motorik gelişim üzerinde farklı etkiler yarattığı sıkça vurgulanmaktadır (Bompa & Buzzichelli, 2019; Zatsiorsky & Kraemer, 2006). Özellikle kuvvet gelişiminde gözlenen değişimlerin, spor dalının fizyolojik gereklilikleriyle yakından ilişkili olduğu bilinmektedir. Bu bağlamda, elde edilen bulguların literatürdeki mevcut verilerle karşılaştırılması, branşlara özgü adaptasyonların anlaşılmasına ve antrenman programlarının daha verimli planlanmasına katkı sağlayacaktır.

Çalışma kapsamında elde edilen ön test ve son test sonuçları karşılaştırıldığında; el kavrama kuvveti (sağ ve sol), sırt-bacak kuvveti, dikey sıçrama, durarak uzun atlama, ve otur-eriş esneklik performanslarında anlamlı gelişmeler gözlenmiştir ($p < 0,05$). El

kavrama kuvvetine yönelik bulgular, Civan ve Bozkurt (2024)'de futbolcularda sekiz haftalık kor antrenmanlarının fiziksel performansa etkisini inceledikleri araştırmada deney grubunun çeviklik ($p=0,015$), denge ($p=0,018$), durarak uzun atlama ($p=0,000$), 30 saniye mekik ($p=0,000$) ve 30 saniye şınav ($p=0,000$) parametreleri üzerinde istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık tespit edilmiştir ($p<0,05$). Bu sonuca göre yapılan çalışma sonuçları ile örtüşmektedir. Mandal ve arkadaşlarının üniversiteler arası voleybol oyuncularında baskın el kavrama gücünü ve bunun seçilmiş antropometrik ve fizyolojik özelliklerle korelasyonunu amaçladığı çalışmada da düzenli antrenmanların el kavrama kuvvetini artırdığı belirtilmiştir ($p<0,05$). Buna karşın, Kara ve arkadaşları (2022)'de 10-18 yaş arası voleybolcular ile sedanter bireyleri karşılaştırdığı çalışmada adölesan voleybol grup ile adölesan sedanter grup arasında yapılan değerlendirmede el kavrama kuvvetinde ($p=0,852$) anlamlı bir fark tespit edilmemiştir ($p>0,05$). Bu farklılığın, araştırmaya katılan bireylerin yaş aralıkları çeşitliliğinden kaynaklanabileceği düşünülmektedir.

Sırt-bacak kuvveti parametresi açısından elde edilen bulgular da istatistiksel açıdan anlamlı bulunmuştur ($p<0,05$). Dağdelen ve Kumartaşlı (2021)'de 12-14 yaş grubundaki çocuklara yönelik sekiz haftalık antrenman programında, spor yapan bireylerin sırt ön test 61.02 ortalama iken son test 62.12, bacak kuvvetinde ön test 79,91 ortalama iken son test 80.07 olarak olumlu gelişmeler rapor edilmiştir. Mendiş ve arkadaşları (2016)'da futbolcu ve sedanter bireylerle üzerine yaptığı çalışmada Futbolcu ve sedanterlerin ortalamalarının karşılaştırılma sonucunda sırt $p=0,340$ ve bacak kuvvetlerinde $p=0,077$ istatistiksel olarak anlamlı bir farklılığın bulunmadığını belirtmişlerdir ($p>0,05$). Bunun yanı sıra Polat ve arkadaşları (2011)'de adölesan erkekler üzerinde yürüttüğü araştırmada spor yapan ve sedanter gruplar arasında bacak kuvveti $p=0,421$ açısından anlamlı fark elde edilmemiştir ($p>0,05$). Bu farklılığın yaş grubu ve antrenman yoğunluğu gibi faktörlerden kaynaklandığı ileri sürülebilir.

Dikey sıçrama ve durarak uzun atlama performanslarında da anlamlı gelişim gözlenmiştir ($p<0,05$). Uçan ve arkadaşları (2018)'de çocuk sporcular üzerine yaptığı çalışmada da spor yapan erkek bireylerin ortalama 25,58 cm bulunurken spor yapmayan bireylerde ortalama 21,37 cm olarak dikey sıçrama değerlerinin spor yapanların spor yapmayanlara göre daha yüksek olduğu rapor edilmiştir. Afyon ve Boyacı (2016)'da 18 yaş futbolcularla yürütülen sekiz haftalık core antrenmanların bazı motorik özelliklerin gelişimi araştırmasında da deney grubu ön ve son test karşılaştırması sonucunda dikey sıçrama performansında ($p=0,000$) düzeyinde anlamlı gelişmeler bildirilmiştir ($p<0,05$). Boyacı ve Bıyıklı (2018)'de 11-13 yaş grubu futbolculara uygulanan 10 haftalık core antrenmanın fiziksel performansa etkisi üzerine yürüttükleri çalışmada ise core antrenman grubu ön ve son test karşılaştırmasında durarak uzun atlama ($p=0,046$) değerlerinde belirgin iyileşme kaydedilmiştir ($p<0,05$). Benzer şekilde, Civan ve Bozkurt (2024)'de erken adölesan futbolcularla yaptığı çalışmada da uzun atlama performansında

($p=0,000$) istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık tespit edilmiştir ($p<0,05$). Bu sonuçlar, mevcut araştırmanın bulgularıyla büyük ölçüde paralellik göstermektedir.

Son olarak, otur-eriş esneklik testinde elde edilen bulgular da anlamlı gelişmelere işaret etmektedir ($p<0,05$). Doğan ve arkadaşları (2016)'da 18-30 yaş arası futbolculara uygulanan core antrenmanlarının bazı fiziksel ve fizyolojik parametreler üzerine yürüttüğü araştırmada sekiz haftalık kor antrenmanlarının çalışma grubunun ön ve son test karşılaştırılmasında ($p=0,001$) esneklik üzerinde olumlu etkiler yarattığı belirtilmiştir ($p<0,05$). Benzer şekilde, Aslan ve Gündoğdu (2023)'de 20 gönüllü Muay Thai sporcularında statik germe egzersizleri çeviklik, esnekliğin akut etki üzerine yaptıkları çalışmada da deney grubu ön test ve son test değerlerinin karşılaştırılmasında ($p= 0,001$) esneklik performansı istatistiksel açıdan anlamlı bir artış tespit edilmiştir ($p<0,05$). Mevcut araştırmanın sonuçları, literatürdeki bulgularla paralellik göstermektedir.

Genel olarak değerlendirildiğinde, araştırma sonuçları farklı branşlarda uzmanlık eğitimi alan üniversite öğrencilerinin düzenli antrenman süreçleriyle motorik performans parametrelerinde anlamlı gelişmeler sağladığını ortaya koymaktadır. Literatürde yer alan benzer çalışmaların büyük bir kısmı mevcut araştırmayı destekler nitelikte olmakla birlikte, bazı farklılıkların yaş grubu, antrenman yoğunluğu, uygulanan egzersiz türleri ve örneklem çeşitliliğinden kaynaklandığı düşünülmektedir.

4. SONUÇ

Uygulanan uzmanlık dersleri programı, katılımcıların temel motorik özelliklerinde anlamlı gelişmeler sağlamıştır. Program, el kavrama kuvveti ile üst ekstremita kas performansını, sırt-bacak kuvveti, dikey sıçrama ve durarak uzun atlama ile alt ekstremita kuvveti ve patlayıcı gücünü, Otur-Eriş testi ile esneklik ve eklem hareket açıklığını geliştirmiştir. Bu bulgular, programın katılımcıların çok boyutlu motorik performans kapasitesini artırmada etkili olduğunu ve hem kuvvet hem de hız, patlayıcı güç ve esneklik gibi çeşitli motorik alanları desteklediğini ortaya koymaktadır.

5. KAYNAKLAR

- [1] Afyon, Y.A., Boyacı, A. The effects of 8-week core training on the development of some motoric features among 18 year-old footballers. *Journal of Human Sciences*, 13(3), 4595-4603, 2016.
- [2] Aslan, T. V., & Gündoğdu, C. Muaythai Sporcularında Statik Germe Egzersizlerinin Esneklik, Çeviklik ve Sürat Performansına Akut Etkisi. *Yalova Üniversitesi Spor Bilimleri Dergisi*, 2(3), 269-285, 2023.
- [3] Bompa, T.O. , & Buzzichelli, C.A. *Periodization, Theory and Methodology of Training*. Champaign: Human Kinetics 2019.

- [4] Boyacı, A., Bıyıklı, T. Core antrenmanın fiziksel performansına etkisi: erkek futbolcular örneği. *Kilis 7 Aralık Üniversitesi Beden Eğitimi ve Spor Bilimleri Dergisi*, 2 (2), 18-27, 2018.
- [5] Civan, A. H., & Bozkurt, İ. Futbolcularda 8 Haftalık Kor Antrenmanların Fiziksel Performans Üzerine Etkisinin İncelenmesi, *Sportive*, 7(2), 409-424, 2024.
- [6] Dağdelen S, Kumartaşlı M. 12-14 yaş arası futbolcularda 8 haftalık antrenman programının fizyolojik ve biyomotorik özelliklere etkisi, *Akdeniz Spor Bilimleri Dergisi*, 4(1):73-88, 2021.
- [7] Doğan, G., Mendeş, B., Akcan, F., Tepe, A. Futbolculara uygulanan sekiz haftalık core antrenmanın bazı fiziksel ve fizyolojik parametreler üzerine etkisi. *Beden Eğitimi ve Spor Bilimleri Dergisi*, 10(1), 1-12, 2016.
- [8] Kara, F., Büyükturan, Ö., Büyükturan, B., Adölesan Voleybolcu ve Sedanterlerde Üst Ekstremitte Esneklik, Kuvvet, Dayanıklılık, Hız, Denge ve Yaşam Kalitesi Arasındaki Farkların İncelenmesi , *Turkish Journal of Health And Sport (Tjhs)* 3(3),84-90, 2022.
- [9] Kariyawasam, A., Ariyasinghe, A., Rajaratnam, A. *et al.* Comparative study on skill and health related physical fitness characteristics between national basketball and football players in Sri Lanka. *BMC Res Notes* 12, 397, 2019.
- [10] Kılıçaslan, U., & Kalkavan, A. Comparison of Certain Physical and Motor Skills of The Students Enrolled at Sports High Schools and Other High Schools: A Case Study in Trabzon Province. *International Journal of Sport Culture and Science*, 8(4), 240-254, 2020. .
- [11] Mandal N, Maity S, Sahu D. A study of Correlations between dominant handgrip strength with some selected anthropometric and physiological characteristics in inter-college male volleyball players of West Bengal, India. *Int J Phys Educ, Sport Health*. 1(5):17-22, 2015.
- [12] McArdle, W. D., Katch, F. I., & Katch, V. L. *Exercise physiology, Nutrition, energy, and human performance* (8th ed.). Wolters Kluwer Health, 2015.

- [13] Mendeş B, Mendeş E, Tepe A. Futbolcular ile sedanterlerde büst yüksekliğinin seçilmiş bazı fiziksel ve fizyolojik parametreler üzerine etkisi, Gaziantep Üniversitesi Spor Bilimleri Dergisi, 1(1):57-68, 2016.
- [14] Polat Y, Çınar V, Şahin M, Osman P. 14 yaş çocukların fiziksel uygunluk düzeyleri ile antropometrik özelliklerinin incelenmesi, İstanbul Üniversitesi Spor Bilimleri Dergisi, 2011;3:127-30, 2011.
- [15] Uçan İ, Buzdağlı Y, Ağgön E. Çocuklarda sporun fiziksel uygunluk üzerine etkisinin incelenmesi, Research of the effect of physical fitness on sports in children, Beden Eğitimi ve Spor Bilimleri Dergisi, 20(3):123-33, 2018.
- [16] Zatsiorsky V.M. & Kraemer W.J. Science and practice of strength training (2nd ed.). Human Kinetics , 2006.

DIFFERENTIATION OF GENE EXPRESSION PROFILES IN LIVER AND KIDNEY TISSUES OF PIGS

Assoc. Pro. Dr. Sergey Sokolova

Department of Molecular Biology, National University of Science, Russia

Abstract

This study explores the differential gene expression profiles in liver and kidney tissues of pigs, aiming to understand tissue-specific regulation at the molecular level. Using high-throughput RNA sequencing, distinct expression patterns were identified, revealing tissue-dependent gene activity linked to metabolic and detoxification processes. The liver samples exhibited heightened expression of genes associated with xenobiotic metabolism and lipid processing, emphasizing its critical role in biochemical homeostasis. In contrast, the kidney samples showed elevated expression of genes involved in ion transport and filtration functions, highlighting the organ's role in fluid and electrolyte balance. Further analysis suggested the involvement of specific transcription factors modulating these tissue-specific gene networks. These findings provide comprehensive insights into pig tissue biology, offering potential applications in livestock breeding and biomedical research. Understanding these molecular differences not only advances the field of comparative physiology but also supports the development of targeted therapies and interventions for organ-specific diseases.

Keywords: gene expression, liver, kidney, pigs, tissue specificity

DECISION TREES FOR PREDICTING RISK OF MORTALITY USING ROUTINELY COLLECTED DATA

Dr. Emily Carter, Dr. James Walker, Dr. Michael Thompson
Faculty of Environmental Sciences, University of Belgrade, Serbia

Abstract

Predicting patient mortality risk is fundamental for improving clinical decision-making and resource allocation. This research employs decision tree algorithms on routinely collected healthcare data to develop robust predictive models for mortality risk assessment. Data obtained from electronic health records including demographic, clinical, and laboratory variables were analyzed. The decision tree models effectively stratified patients into risk categories, revealing critical predictors including age, comorbidities, and vital sign abnormalities. The models were validated using cross-validation techniques, demonstrating high accuracy, sensitivity, and specificity. Importantly, decision trees offered easily interpretable rules for clinical use. This approach enables proactive patient management by identifying high-risk individuals early, facilitating targeted interventions. The study underscores the utility of machine learning techniques in improving healthcare outcomes and supports integration of predictive analytics into clinical workflows. Future research should examine real-time model updating and validation across diverse populations.

Keywords: decision trees, mortality prediction, machine learning, healthcare data

SELENIUM LEVELS IN AGRICULTURAL SOILS AND CROPS OF THE BALKAN REGION

Mila Stefanovic, Dragan Kovacevic

Faculty of Environmental Sciences, University of Belgrade, Serbia

Abstract

This study investigates selenium concentrations in agricultural soils and staple crops across the Balkan region, assessing potential impacts on human nutrition and environmental health. Soil and crop samples were collected from multiple sites representing diverse climatic and geological conditions. Analytical quantification via atomic absorption spectrometry revealed varied selenium levels, with significant spatial heterogeneity influenced by soil type and anthropogenic inputs. Certain areas demonstrated deficiencies potentially leading to health risks due to inadequate dietary selenium. Crops including wheat and maize exhibited selenium content correlated with soil concentrations, emphasizing bioavailability challenges. The findings highlight the need for region-specific agricultural management practices to enhance selenium intake through food, ensuring population health. Moreover, continuous monitoring is essential to balance adequate selenium supply while preventing toxicity, reflecting the delicate nature of micronutrient cycling in agroecosystems.

Keywords: selenium, soil, crops, Balkans, micronutrients

MODELING THE COMPLEX INTERACTIONS BETWEEN MIRNA DYSREGULATION AND BREAST CANCER PROGRESSION

Dr. Neda Karimi, Assoc. Prof. Dr. Pardis Mousavi

Department of Cancer Biology, Tehran Medical University, Iran

Abstract

Breast cancer progression involves a multifaceted interplay of genetic and epigenetic alterations, with microRNAs (miRNAs) playing pivotal regulatory roles. This study models the intricate interactions between miRNA dysregulation and tumor development using computational and experimental frameworks. Data integration from breast cancer patient samples and cell lines identified key miRNAs exhibiting aberrant expression patterns linked to oncogenic pathways. Network models revealed how these miRNAs influence gene targets involved in cell proliferation, apoptosis, and metastasis. Functional assays corroborated model predictions, demonstrating that modulation of specific miRNAs alters cancer cell behavior. This research provides deeper insights into breast cancer biology and identifies promising miRNA candidates for diagnostic and therapeutic development. Understanding miRNA networks offers potential for personalized medicine approaches, improving outcomes through targeted interventions.

Keywords: miRNA, breast cancer, gene regulation, tumor progression

MODELING THE COMPLEX RELATIONSHIP BETWEEN MIRNA DYSREGULATION AND BREAST CANCER PROGRESSION

Dr. Olufemi Adewale, Dr. Chinedu Okoro

Faculty of Biomedical Sciences, University of Lagos, Nigeria

Abstract

The progression of breast cancer is intricately driven by dysregulated microRNAs that modulate diverse signaling pathways governing cell fate. This study employs systems biology approaches to model miRNA-gene regulatory networks implicated in breast cancer. Computational analyses of patient-derived datasets facilitated the identification of dysregulated miRNAs targeting critical oncogenes and tumor suppressors. Simulated perturbations illustrated the dynamic influence of miRNA expression changes on cancer cell proliferation and metastasis. Experimental validation using breast cancer cell cultures confirmed the regulatory roles of highlighted miRNAs. The comprehensive model underscores the significance of miRNA-mediated control in cancer biology and the therapeutic potential of targeting these molecules. The findings pave the way for enhanced biomarker discovery and novel treatment modalities tailored to miRNA profiles.

Keywords: breast cancer, miRNA, regulatory networks, systems biology

PRELIMINARY ANALYSIS OF REAL-TIME HAND MOVEMENT RECOGNITION FOR UPPER-LIMB PROSTHETICS BASED ON ELECTROMYOGRAPHIC SIGNALS

Assoc. Prof. Dr. Hiroshi Takeda, Assist. Prof. Dr. Maria Gonzalez, Lec. Ahmed El-Sayed, Dr. Jonathan Clarke

Department of Biomedical Engineering, Kyoto Institute of Technology, Japan

Abstract

Effective control of upper-limb prosthetics relies heavily on accurate real-time interpretation of electromyographic (EMG) signals corresponding to hand movements. This study presents a preliminary analysis of a system designed to recognize distinct hand motions by analyzing EMG data from residual limb muscles. Multiple feature extraction techniques and classification algorithms were evaluated to optimize recognition accuracy. The system demonstrated promising results in distinguishing standard hand gestures, with potential applicability in improving prosthetic functionality and user experience. Limitations and challenges such as signal variability and computational latency are discussed, highlighting future directions for refinement. This research contributes to the advancement of neuroengineering interfaces that restore dexterity and autonomy to amputees.

Keywords: electromyography, prosthetics, hand movement, signal processing

ADVANCED SIMULATION PLATFORM FOR MEDICAL IMAGE FUSION AND LEARNING

Assoc. Prof. Dr. Beatriz Oliveira, Assis. Prof. Dr. Inês Soares, Miguel A. Duarte
Institute of Computational Medicine, University of Lisbon, Portugal

Abstract

Recent advancements in medical imaging have emphasized the integration of multi-modal data to enhance diagnostic accuracy and treatment planning. This work introduces an advanced simulation platform that facilitates the fusion of diverse medical images through machine learning techniques. The platform supports the incorporation of MRI, CT, and PET data, enabling robust image registration and enhanced visualization. Machine learning models assist in feature extraction and anomaly detection, improving clinical decision support. Validation using clinical datasets demonstrated improved diagnostic clarity and segmentation performance. This platform holds significant potential for personalized medicine by providing clinicians with comprehensive imaging insights. Future work will extend the platform's capabilities to real-time applications and broader disease spectra.

Keywords: medical imaging, image fusion, machine learning, simulation

VIRTUAL BIOLOGY LABORATORY FOR ENHANCED STUDENT LEARNING

Dr. Nurul Huda, Dr. Amirul Faizal

Affiliation: Department of Biology Education, University of Kuala Lumpur, Malaysia

Abstract

Virtual biology laboratories offer a transformative approach to learning, enhancing student engagement and understanding through immersive digital environments. This study investigates the effectiveness of virtual laboratories in secondary biology education, emphasizing their ability to simulate real-life experiments safely and cost-effectively. By enabling repetitive practice and instant feedback, virtual labs help students develop critical scientific skills and foster deeper conceptual comprehension. The research highlights challenges such as technological access and teacher preparedness, recommending targeted training programs for educators to maximize pedagogical benefits. Findings suggest that virtual labs contribute significantly to improved academic performance and student motivation, bridging the gap between theoretical knowledge and practical application, especially where physical lab resources are limited. Such innovations are crucial for adapting science education to evolving digital landscapes and preparing learners for future STEM careers.

Keywords: virtual laboratories, biology education, student engagement, digital learning

INTEGRATING ONLINE LABORATORIES INTO SECONDARY BIOLOGY EDUCATION IN KAZAKHSTAN

Ayan Mukhtar, Zhanar Bektemir, Dinara Sadykova

Affiliation: Faculty of Education, Al-Farabi Kazakh National University, Kazakhstan

Abstract

The integration of online laboratories into Kazakhstan's secondary biology curriculum offers substantial educational benefits, addressing constraints related to laboratory access and practical training. This paper evaluates implementation strategies and educational outcomes of online lab usage among high school students. It discusses infrastructural requisites, educator readiness, and curriculum alignment necessary to foster interactive and experiential learning. Online labs facilitate flexible schedules and diversified learning methods, effectively enhancing student scientific literacy and inquiry skills. The study underscores the importance of government support and digital resources to expand accessibility and sustain e-learning initiatives. Recommendations include continuous teacher development and student-centered pedagogies to optimize the potential of virtual labs in enriching secondary biology education and preparing students for competitive academic pursuits.

Keywords: online laboratories, secondary education, Kazakhstan, science pedagogy

BIOLOGICALLY INSPIRED REACTIVE AGENT MODELING USING X-MACHINES

Dimitrios Papadopoulos, Elena Nikolaidis, Yannis Christodoulou

Affiliation: Department of Computer Science, University of Thessaloniki, Greece

Abstract

This research develops biologically inspired reactive agent models using X-machines to simulate complex biological interactions and behaviors. The approach leverages formal computational frameworks to represent biological processes, allowing detailed study of system dynamics and emergent properties. Validation through case studies illustrates the model's robustness in simulating cellular activities and adaptive responses. The methodology bridges computational biology and artificial intelligence, enhancing predictive capabilities and experimental design. Results demonstrate significant improvements in modeling accuracy and scalability compared to traditional agent-based methods. The study suggests broader applications in bioinformatics, disease modeling, and synthetic biology, contributing valuable tools for both research and education in computational life sciences.

Keywords: X-machines, biologically inspired modeling, reactive agents, computational biology

CRYPTOGENIC FRESHWATER FISH BIODIVERSITY IN BANGLADESH

Dr. Md. Hasan, Dr. Kamal Uddin, Md. Tarek Hossain

Affiliation: Department of Zoology, University of Dhaka, Bangladesh

Abstract

The cryptogenic freshwater fish biodiversity of Bangladesh reflects complex historical and ecological factors influencing species distribution and conservation status. This study employs molecular and morphological analyses to identify species diversity, explore biogeographic patterns, and assess anthropogenic impacts on native fish populations. Results reveal previously unrecorded species and highlight critical habitats necessitating urgent protection. The research underscores the value of integrative taxonomy in fisheries management and biodiversity conservation. It advocates for sustainable practices and policy frameworks to mitigate habitat degradation and overexploitation, fostering preservation of Bangladesh's unique aquatic ecosystems. The findings also provide baseline data for ecological monitoring and environmental education initiatives aimed at community engagement in biodiversity stewardship.

Keywords: freshwater fish, biodiversity, Bangladesh, conservation biology

UNIFIED MODELS IN GENOME REARRANGEMENT AND SORTING PRIMITIVES IN BIOINFORMATICS

Dr. Anil Kumar, Assis. Prof. Dr. Priya Sharma, Rohit Singh

Affiliation: Department of Bioinformatics, Indian Institute of Technology, Delhi, India

Abstract

Genome rearrangement plays a pivotal role in evolutionary biology and comparative genomics. This paper introduces unified computational models for analyzing genome rearrangement events and sorting primitives, enhancing algorithmic efficiency and biological accuracy. Incorporating both classical and novel metrics, these models facilitate the identification of evolutionary scenarios and genetic relationships among species. Applications demonstrate the models' capacity to handle large-scale data and complex genomic structures, improving annotations and phylogenetic inference. The study contributes to advancing bioinformatics tools critical for decoding genomic architecture and understanding molecular evolution, ultimately aiding medical research and genetic engineering.

Keywords: genome rearrangement, bioinformatics, sorting algorithms, molecular evolution

MOLECULAR IDENTIFICATION AND DIVERSITY ASSESSMENT OF AGRICULTURAL PESTS USING DNA BARCODING

Dr. Saud Al-Mutairi, Faisal Al-Qahtani, Assoc. Prof. Dr. Noura Al-Harbi
Affiliation: Department of Agricultural Sciences, King Saud University, Saudi Arabia

Abstract

DNA barcoding offers a precise molecular approach for identifying agricultural pest species and assessing genetic diversity, crucial for effective pest management and crop protection. This study evaluates the genetic variability of major pests affecting key crops, employing mitochondrial gene markers for species discrimination. The results reveal cryptic species complexes and provide insights into pest population structure and dispersal patterns. The application of DNA barcoding supports rapid diagnostics and informs integrated pest management strategies, reducing reliance on chemical pesticides and enhancing sustainable agriculture. The research advocates for broader adoption of molecular tools in agricultural biosecurity and biodiversity conservation.

Keywords: DNA barcoding, agricultural pests, genetic diversity, pest management

ADVANCED MICROFLUIDIC TECHNIQUES FOR BIOMEDICAL AND BIOHEALTH APPLICATIONS

Dr. Zahra Roudsari, Dr. Nima Etemad

Affiliation: Department of Biomedical Engineering, Sharif University of Technology, Iran

Abstract

Microfluidics technology has revolutionized biomedical research by enabling precise manipulation of fluids at microscale, facilitating innovative diagnostic and therapeutic applications. This review highlights recent advances in microfluidic device design and fabrication tailored for biohealth applications, such as point-of-care diagnostics, drug delivery, and tissue engineering. Enhanced sensitivity, reduced sample volume, and integration capabilities characterize these systems, promoting personalized medicine. The article discusses challenges including device standardization and scalability, proposing interdisciplinary strategies to accelerate clinical translation. By synthesizing current trends and future directions, the work aims to guide researchers and industry towards optimizing microfluidic platforms for healthcare innovations.

Keywords: microfluidics, biomedical engineering, diagnostics, biohealth

EVALUATING THE EFFECTIVENESS OF INTERPROFESSIONAL SIMULATION TRAINING ON COLLABORATIVE SKILLS AMONG HEALTHCARE UNDERGRADUATES

Assoc. Prof. Dr. L. Thompson Ramirez, Lec. N. Khamal

Affiliation: School of Health Sciences, University of Jordan, Jordan

Abstract

Interprofessional simulation training (IPST) enhances collaborative skills among healthcare undergraduates by providing realistic, hands-on learning environments that mimic clinical settings. This study measures the impact of IPST on communication, teamwork, and decision-making abilities in multidisciplinary teams. Mixed-method assessments, including surveys and focus groups, indicate significant improvements in students' confidence and competence post-training. The findings support integrating simulation-based interprofessional education into healthcare curricula to foster effective teamwork and improve patient outcomes. Challenges such as resource allocation and faculty training are discussed, with recommendations for sustainable implementation. The research underscores IPST as a vital pedagogical tool for preparing future healthcare professionals in complex clinical environments.

Keywords: interprofessional education, simulation training, collaborative skills, healthcare education

OPTIMIZING RESOURCE ALLOCATION IN DYNAMIC NETWORKS USING HEURISTIC METHODS

Assoc. Prof. Dr. Elena Vasilev, Pavel Korolenko, Dr. Matteo Ricci

Department of Computer Science, Tbilisi State University, Tbilisi, Georgia

Abstract

Dynamic networks, such as mobile ad hoc networks, wireless sensor systems, and distributed computing environments, require adaptive resource allocation strategies to handle fluctuating topologies and uncertain data traffic. Traditional optimization techniques often fail to deliver satisfactory results in real-time due to computational complexity and the stochastic nature of network conditions. This study presents an integrated heuristic framework for optimizing resource allocation in dynamic networks using hybrid metaheuristic algorithms that combine genetic algorithms, simulated annealing, and particle swarm optimization. The proposed model dynamically adjusts to environmental changes by analyzing network feedback in real time and reconfiguring resource distribution among nodes. Simulation results conducted across multiple network scenarios demonstrate that the hybrid heuristic method improves resource utilization efficiency by 18–27% compared to baseline algorithms, while reducing packet loss and transmission delay. Furthermore, the model shows strong scalability, allowing it to be applied to heterogeneous network environments. Sensitivity analysis indicates that the adaptive weighting of heuristic parameters significantly enhances robustness against topology variations. The research highlights the potential of heuristic methods as powerful tools for managing dynamic, uncertain, and large-scale network infrastructures. Future work includes integrating deep reinforcement learning to further improve decision-making efficiency and extend applicability to 5G and IoT-based architectures.

Keywords: heuristic optimization, dynamic networks, resource allocation, adaptive algorithms

DEEP LEARNING-DRIVEN ANALYSIS FOR EARLY DETECTION OF CROP STRESS

Lec. Amina Koulibaly, Dr. Jonathan Reese

Department of Agricultural Engineering, University of Ghana, Accra, Ghana

Abstract

The early detection of crop stress is crucial for improving agricultural productivity and ensuring food security. Conventional methods, which rely on manual inspection and spectral indices, often fail to detect subtle physiological changes in plants before significant yield losses occur. This paper proposes a deep learning-driven framework that employs convolutional neural networks (CNNs) and recurrent neural networks (RNNs) to analyze multispectral and thermal imagery for early identification of crop stress factors such as water deficiency, nutrient imbalance, and pest infestation. The model processes high-resolution images obtained from UAVs and ground-based sensors, extracting temporal-spatial features that capture micro-level changes in leaf color, texture, and canopy temperature. Experimental results on maize and soybean crops across three growing seasons show that the proposed system achieves 94.3% accuracy in distinguishing between stressed and healthy plants—significantly outperforming classical machine learning approaches. Furthermore, the system demonstrates strong generalizability across different climatic zones. The integration of explainable AI techniques allows for visual interpretation of model outputs, supporting agronomists in targeted decision-making. This research contributes to precision agriculture by enhancing predictive monitoring and enabling proactive crop management strategies.

Keywords: deep learning, crop stress detection, precision agriculture, CNN-RNN analysis

INTELLIGENT DECISION-MAKING IN ORGANIZATIONAL STRATEGIES USING FUZZY LOGIC

Assis. Prof. Dr. Laura Jensen, Thomas Gruber, Sebastian Meyer

Department of Management Science, University of Vienna, Vienna, Austria

Abstract

Decision-making in organizational contexts often involves uncertainty, ambiguity, and incomplete information. Traditional quantitative models, which assume precise data inputs, are limited in their ability to handle the inherent fuzziness of strategic environments. This research introduces a fuzzy logic-based decision-making framework for optimizing organizational strategies under uncertain conditions. The model incorporates linguistic variables and membership functions to quantify qualitative factors such as employee satisfaction, innovation potential, and market adaptability. Using a multi-criteria decision-making (MCDM) approach, the system evaluates strategic alternatives and assigns fuzzy weights based on expert input. A case study of three multinational firms demonstrates the framework's capacity to support balanced strategic decisions that integrate human judgment and computational analysis. Results show that fuzzy inference systems outperform conventional decision trees in adaptability and stakeholder satisfaction by 23%. The research also presents a hybrid fuzzy-AHP model that enhances transparency and consistency in long-term strategic planning. This approach is especially effective for industries undergoing digital transformation, where uncertainty is a dominant factor.

Keywords: fuzzy logic, organizational strategy, decision-making, uncertainty management

ADAPTIVE STOCHASTIC GRADIENT METHODS FOR NON-CONVEX OPTIMIZATION

Assoc. Prof. Dr. Emil Dubois, Jae-Hyun Lee

Department of Computational Mathematics, Korea University, Seoul, South Korea

Abstract

Non-convex optimization plays a critical role in modern machine learning, deep learning, and data-driven modeling. However, traditional stochastic gradient descent (SGD) methods often converge to suboptimal points when facing highly non-linear loss landscapes. This paper proposes an adaptive stochastic gradient framework that integrates momentum correction, variance reduction, and learning-rate adaptation to improve convergence performance in non-convex optimization problems. The proposed method, termed Adaptive-SGD++, utilizes dynamic variance scaling to stabilize gradient updates and avoid premature convergence. Experimental validation on benchmark datasets, including CIFAR-10 and ImageNet, demonstrates a 32% improvement in training speed and a 15% reduction in generalization error compared to Adam and RMSprop. Theoretical analysis proves convergence guarantees under mild smoothness assumptions. Additionally, we explore the method's robustness against saddle points through Hessian-based diagnostics. The study provides a generalized understanding of adaptive optimization behavior in complex learning systems, with implications for large-scale neural network training and scientific computation.

Keywords: non-convex optimization, stochastic gradient descent, adaptive learning rate, deep learning

COSMIC INFLATION AND THE ROLE OF QUANTUM VACUUM FLUCTUATIONS

Lec. Amir Rahimi

Department of Physics, University of Tehran, Tehran, Iran

Abstract

Cosmic inflation, the rapid exponential expansion of the early universe, remains one of the most significant phenomena in cosmology, explaining the observed large-scale homogeneity and flatness of the universe. This study revisits the role of quantum vacuum fluctuations as the seeds of cosmic structure formation. Using recent cosmological observations from Planck and BICEP2, we analyze inflationary models incorporating scalar field dynamics and quantum perturbation spectra. The research investigates how microscopic quantum fluctuations evolved into macroscopic density variations, leading to galaxy formation. The results indicate that the amplitude of vacuum fluctuations is strongly influenced by the potential shape of the inflaton field. Numerical simulations suggest that models with sub-Planckian field values provide consistent predictions with observed power spectra and tensor-to-scalar ratios. Additionally, the study discusses the implications of vacuum energy decay and reheating processes following inflation. By linking quantum field theory with cosmological data, this work deepens our understanding of the early universe's quantum foundations and opens directions for exploring new inflationary potentials compatible with dark energy dynamics.

Keywords: cosmic inflation, quantum vacuum, scalar fields, cosmology

EXTENDED RÉNYI ENTROPY AND APPLICATIONS IN COMPLEX SYSTEMS

Assis. Prof. Dr. Carla M. Silva, Dr. José F. Romero, Miguel A. Torres, Ana L. Hernández

Department of Applied Mathematics, University of Lisbon, Lisbon, Portugal

Abstract

Entropy-based measures are fundamental in analyzing the complexity and uncertainty of physical, biological, and informational systems. This paper explores an extended formulation of Rényi entropy and its applications in modeling nonlinear dynamics and complex adaptive systems. By generalizing the standard Rényi framework through a non-extensive parameterization, the proposed model captures higher-order dependencies and long-range interactions often neglected in classical statistical mechanics. Analytical derivations reveal that the extended entropy satisfies generalized additivity and stability conditions. Case studies across ecological networks, traffic flow dynamics, and financial volatility demonstrate the model's capacity to characterize emergent behaviors and multifractal structures. The results confirm that extended Rényi entropy provides more accurate representations of real-world system irregularities compared to Shannon and Tsallis formulations. Furthermore, the research highlights potential applications in information theory, quantum computation, and neural data analysis, where complexity quantification plays a pivotal role. The study concludes by proposing a new entropy-based metric for resilience evaluation in coupled networks.

Keywords: Rényi entropy, complex systems, nonlinearity, information theory

EXACT ANALYTICAL SOLUTION OF THIRD ORDER NONLINEAR DIFFERENTIAL EQUATIONS

Assoc. Prof. Dr. Farid Alimov

Department of Theoretical Physics, National University of Uzbekistan, Tashkent, Uzbekistan

Abstract

Nonlinear differential equations of higher order are critical for describing numerous phenomena in physics, engineering, and mathematical biology. This study presents exact analytical solutions for a class of third-order nonlinear differential equations with variable coefficients using the extended homogeneous balance method. The derived solutions are expressed in closed forms, revealing wave-like, solitary, and periodic behaviors under specific parameter conditions. The methodology combines symbolic computation with Lie symmetry analysis to simplify the governing equations and extract invariant solutions. Validation against numerical simulations confirms excellent agreement between analytical and computational results. The findings demonstrate that the approach can efficiently handle complex systems such as plasma oscillations, fluid dynamics, and nonlinear optics. Furthermore, the study establishes a systematic procedure for constructing solvable models by transforming nonlinear PDEs into canonical ODEs. This framework provides a unified tool for researchers investigating nonlinear evolution processes across scientific disciplines.

Keywords: nonlinear differential equations, analytical solution, Lie symmetry, mathematical modeling

APPLICATION OF MULTIVARIATE REGRESSION MODELS FOR ECONOMIC TREND PREDICTION: ANALYZING THE IMPACT OF ENERGY PRICES, NATIONAL OUTPUT, AND GDP GROWTH

Dr. Ravi K. Menon, Assoc. Prof. Dr. Leila Hassan, Aria Feroz

Department of Economics, University of Karachi, Karachi, Pakistan

Abstract

Forecasting economic trends is a vital component of national planning and global market stability. This paper investigates the application of multivariate regression models in predicting economic growth patterns, focusing on the influence of energy prices, national output, and GDP growth. The proposed analytical framework employs both linear and polynomial regression models to capture nonlinear relationships among macroeconomic variables. Using data from 1990 to 2024 across ten emerging economies, the study identifies statistically significant correlations between energy price volatility and GDP fluctuations. The multivariate model demonstrates superior predictive accuracy, achieving an R^2 value of 0.91 compared to 0.74 for univariate counterparts. The paper also explores how structural changes in energy policy and industrial productivity affect regression coefficients over time. Sensitivity analysis confirms the robustness of the model against inflationary shocks and exchange rate variations. The results suggest that incorporating multivariate interdependencies enhances the predictive reliability of macroeconomic forecasting tools. These findings can guide policymakers in formulating data-driven strategies for sustainable economic growth and energy management.

Keywords: multivariate regression, economic forecasting, energy prices, GDP growth

ANCIENT TRADE ROUTES AND CULTURAL EXCHANGE IN ASIA

Assoc. Prof. Dr. Hiroshi Tanaka, Prof. Dr. Priya Raghavan, Lec. Nguyen Van Long
Tokyo University of Foreign Studies, Japan

Abstract

This study examines ancient trade routes across Asia and their crucial role in facilitating cultural exchange among diverse societies. Focusing on the Silk Road and Maritime trade routes, the research explores how trade catalyzed the spread of goods, ideas, technologies, and religions. Using archaeological evidence and historical documentation, the paper analyzes the complex interactions between East Asian, South Asian, Central Asian, and Middle Eastern cultures from antiquity through the medieval period. Findings highlight the reciprocal influences in art, language, and customs, emphasizing Asia's interconnectedness in shaping global civilizations. This integrative approach underscores the importance of trade networks in fostering intercultural dialogue and coexistence, providing insights relevant to contemporary globalization studies.

Keywords: ancient trade, cultural exchange, Silk Road, Asia, globalization

IMPACT OF COLONIALISM ON SOUTHEAST ASIAN POLITICAL STRUCTURES

Assoc. Prof. Dr. Aisha Rahman, Prof. Dr. Somchai Chaiyaporn, Dr. David Chen
National University of Singapore, Singapore

Abstract

This research investigates the long-term effects of colonialism on the political frameworks of Southeast Asian countries. Through a comparative analysis of colonial administrative policies and post-colonial governance, the study reveals nuanced shifts in power dynamics, institutional development, and political identity formation. Employing archival research and political theory, the paper discusses how colonial legacies continue to influence contemporary political corruption, decentralization, and democratization processes across the region. The study also highlights local resistance movements and adaptation mechanisms employed by indigenous populations. The implications of these historical processes are relevant for understanding present-day political challenges and reform efforts in Southeast Asia.

Keywords: colonialism, Southeast Asia, political structures, governance, post-colonialism

RELIGIOUS TRANSFORMATIONS IN THE MIDDLE EAST FROM 7TH TO 15TH CENTURY

Prof. Dr. Leila Al-Mansouri, Assoc. Prof. Dr. Farhad Rezai, Lec. Omar Khalid
American University of Beirut, Lebanon

Abstract

This study explores the major religious transformations in the Middle East during the formative period from the 7th to the 15th century CE. Focusing on the rise and spread of Islam alongside interactions with existing Christian, Jewish, and Zoroastrian communities, the paper details the dynamic religious landscape. Through historical texts, archaeological data, and theological discourse, it examines the political, social, and cultural implications of religious shifts. The influence of religious institutions on state legitimacy, jurisprudence, and interfaith relations are discussed in depth. The paper contributes to understanding the complex religious heritage of the Middle East and its enduring impact on contemporary religious identities.

Keywords: Middle East, religious transformation, Islam, interfaith relations, medieval history

HISTORY OF SCIENCE AND TECHNOLOGY IN EAST ASIA

Prof. Dr. Min-Joon Park, Assoc. Prof. Dr. Ananya Gupta, Dr. Chen Wei
Seoul National University, South Korea

Abstract

This article reviews the historical development of science and technology in East Asia, highlighting key innovations in China, Korea, and Japan across centuries. The research traces technological breakthroughs such as papermaking, printing, and metallurgy, emphasizing their diffusion and adaptation within and beyond the region. Using primary historical documents and recent archaeological discoveries, the study delineates the region's contributions to global scientific progress. Additionally, it explores the social and cultural contexts that fostered such advancements. The paper sheds light on East Asia's significant role in shaping the history of science, challenging Eurocentric narratives.

Keywords: history of science, technology, East Asia, innovation, cultural diffusion

REVOLUTIONARY MOVEMENTS IN MODERN CENTRAL ASIA

Assoc. Prof. Dr. Marat Akhmetov, Prof. Dr. Dilshod Rasulov, Lec. Gulnara Abdiyeva
Al-Farabi Kazakh National University, Kazakhstan

Abstract

This study investigates revolutionary movements in Central Asia during the 19th and 20th centuries, focusing on causes, key actors, and outcomes. It analyzes socio-political upheavals triggered by imperial, communist, and nationalist ideologies affecting Kazakhstan, Uzbekistan, and neighboring states. The paper uses archival research and oral histories to explore how revolutionary ideas spread among nomadic and urban populations, linking local struggles to global political trends. Additionally, the effect of these movements on modern state formation and identity in Central Asia is examined. The findings provide a nuanced understanding of political transformations in a historically complex region.

Keywords: Central Asia, revolution, political movements, nationalism, state formation

ART AND ARCHITECTURE IN THE OTTOMAN EMPIRE

Prof. Dr. Leyla Hassan, Dr. Samir Al-Khalifa

American University of Beirut, Lebanon

Abstract

Focusing on the Ottoman Empire from the 14th to the 19th centuries, this article explores artistic and architectural achievements as expressions of imperial ideology and cultural diversity. The study highlights architectural marvels such as mosques, palaces, and public buildings, while examining stylistic developments influenced by Byzantine, Islamic, and European traditions. Furthermore, it analyzes how art and architecture functioned as tools of political legitimacy and social cohesion. Combining art historical analysis with cultural studies, the paper offers insights into the empire's aesthetic legacy and ongoing influence on regional identity.

Keywords: Ottoman Empire, art, architecture, cultural identity, imperial ideology

ENVIRONMENTAL HISTORY AND AGRICULTURAL PRACTICES IN ANCIENT CHINA

Prof. Dr. Li Na, Assoc. Prof. Dr. Takeshi Sato, Lec. Tran Thi Hoa
Peking University, China

Abstract

This research examines the environmental history of ancient China through the lens of agricultural practices spanning millennia. Utilizing archaeological records, ancient texts, and paleo-environmental data, it reconstructs farming methods such as rice cultivation, terrace farming, and irrigation techniques. The study investigates the relationship between agricultural intensification and ecological changes, including deforestation and soil management. It also explores how agricultural innovation influenced social organization and state formation. The paper underscores the importance of sustainable practices in historical contexts, contributing to contemporary environmental discourse.

Keywords: environmental history, agriculture, ancient China, sustainability, ecological change

THE IMPACT OF CULTURAL BELIEFS AND TRADITIONAL NORMS ON FAMILY THERAPY OUTCOMES IN MIDDLE EASTERN SOCIETIES

Dr. Kouros Fattahi, Samira Daryaei

Department of Psychology and Social Work, Tehran University, Iran

Abstract

Cultural beliefs and traditional norms play a pivotal role in shaping family dynamics and significantly influence the outcomes of family therapy in Middle Eastern societies. This study explores how deeply ingrained cultural values, including collectivism, honor, and gender roles, contribute to both facilitative and obstructive aspects of therapeutic interventions. The research highlights the challenges faced by therapists in navigating these cultural frameworks while attempting to address mental health concerns within families. Emphasis is placed on the collectivist nature of Middle Eastern families, where decisions, including help-seeking behaviors, are often controlled by male family members, and mental illness is stigmatized due to fears of social shame. The study also examines the preference for alternative healing methods such as religious counseling and traditional healing, which impact the acceptability and success of formal family therapy. Strategies for culturally competent therapy that respects religious and social norms without compromising therapeutic goals are proposed to enhance engagement and improve outcomes. Ultimately, the research advocates for integrating cultural awareness into therapeutic practices to address the unique needs of Middle Eastern families effectively and to reduce stigma related to mental health care.

Keywords: Cultural beliefs, Family therapy, Middle Eastern societies, Mental health stigma

INTERGENERATIONAL CONFLICTS, PARENTAL EXPECTATIONS, AND STRATEGIES FOR RESOLUTION IN MARRIAGE AND FAMILY THERAPY

Prof. Dr. Elena Kuznetsova, Igor Volkov, Anastasia Morozova
Faculty of Psychology, Moscow State University, Russia

Abstract

This study investigates the prevalence and impact of intergenerational conflicts and parental expectations on marital relationships within Russian families. It explores how differing worldviews and family values between generations create emotional and psychological tensions that affect marital satisfaction and family stability. The research identifies typical sources of conflict such as expectations regarding child-rearing, financial management, and roles within the family. Furthermore, it evaluates therapeutic strategies deployed in marriage and family therapy to mediate these disputes, focusing on communication enhancement, empathy building, and cognitive reframing. The findings underscore the necessity of understanding cultural and generational contexts to tailor interventions that bridge gaps between traditional values held by parents and the contemporary outlooks of younger couples. The study contributes to the development of family therapy frameworks that facilitate constructive dialogue and conflict resolution within multi-generational family systems in Russia.

Keywords: Intergenerational conflict, Parental expectations, Marriage therapy, Family dynamics

THE ROLE OF EMOTIONAL INTELLIGENCE, SELF-AWARENESS, AND COPING SKILLS IN IMPROVING MARITAL SATISFACTION AND STABILITY

Asst. Prof. Dr. Aisuluu Tulegenova, Yerzhan Akhmetov, Bibigul Saparova
Department of Psychology, Al-Farabi Kazakh National University, Kazakhstan

Abstract

This research explores how emotional intelligence, self-awareness, and coping skills contribute to enhanced marital satisfaction and long-term relationship stability. Utilizing quantitative and qualitative methods among Kazakh couples, the study assesses emotional competencies as mediators of effective communication and conflict management within marriages. High emotional intelligence is correlated with increased understanding and empathy between partners, while self-awareness fosters honest self-reflection and interpersonal growth. Effective coping skills facilitate constructive responses to stress and disagreements, reducing the prevalence of destructive patterns such as avoidance or aggression. The findings suggest that interventions aimed at strengthening these emotional and psychological capacities significantly improve marital quality and resilience. The study offers recommendations for marriage counselors and therapists to incorporate emotional intelligence training and self-awareness practices into therapeutic sessions to support couple well-being in the Kazakh cultural context.

Keywords: Emotional intelligence, Marital satisfaction, Coping skills, Self-awareness

PARENTAL STRESS, WORK-LIFE BALANCE, AND THEIR IMPACT ON CHILD DEVELOPMENT AND FAMILY RELATIONSHIPS

Rania Al-Masri, Omar Khalaf
University of Ahmad Dahlan - Indonesia

Abstract

This study examines the interconnected effects of parental stress and work-life balance challenges on child developmental outcomes and overall family relationships within Jordanian households. Using mixed-methods research with working parents, it investigates how the pressures of managing employment responsibilities alongside childcare create emotional strain that permeates family interactions. High levels of parental stress are linked to reduced parental responsiveness and increased conflict, contributing to adverse developmental consequences for children including behavioral problems and emotional difficulties. Conversely, effective work-life balance strategies, such as flexible work arrangements and social support, correlate with healthier parent-child interactions and improved family cohesion. The research emphasizes the need for workplace policies and social services that support parents in balancing work and family demands to foster positive developmental environments for children. Recommendations are made for social workers and counselors to develop family-centered interventions targeting stress reduction and enhancing coping resources within Jordanian socio-cultural settings.

Keywords: Parental stress, Work-life balance, Child development, Family relationships

ANALYZING COUPLE COMMUNICATION PATTERNS, CONFLICT RESOLUTION TECHNIQUES, AND THERAPEUTIC INTERVENTIONS FOR HEALTHIER RELATIONSHIPS

Huda Nasser

Department of Counseling Psychology, University of Mohamed Boudiaf of M'sila - Algeria

Abstract

This research delves into communication patterns and conflict resolution techniques among couples in Lebanon, examining their influence on relationship health and stability. The study categorizes common communication behaviors, including active listening, assertiveness, and avoidance, and links their presence to marital satisfaction levels. Additionally, it evaluates the efficacy of various therapeutic interventions, such as cognitive-behavioral therapy, solution-focused therapy, and narrative approaches, in enhancing communication skills and reducing conflict frequency. Findings reveal that couples who practice open and empathetic communication demonstrate higher resilience against conflicts, leading to more satisfying relationships. The study also underscores the importance of culturally-sensitive therapy that acknowledges Lebanese cultural values, social expectations, and family influences. Practical guidelines for therapists to tailor interventions that foster healthier communication and conflict management among Lebanese couples are provided.

Keywords: Couple communication, Conflict resolution, Therapeutic interventions, Marital satisfaction

THE INFLUENCE OF RELIGIOUS BELIEFS, SPIRITUALITY, AND PRACTICES ON MARITAL RELATIONSHIPS AND FAMILY DYNAMICS

Dr. Ahmed Salah, Dr. Laila Mostafa, Nourhan Youssef
Department of Family Studies, Cairo University, Egypt

Abstract

This study explores the intricate relationship between religious beliefs, spiritual practices, and family dynamics within Egyptian marital relationships. Religion is shown to serve as both a source of guidance and support, fostering values such as forgiveness, patience, and commitment that strengthen marital bonds. The research investigates how spiritual practices such as prayer, communal worship, and religious rituals influence emotional intimacy and conflict resolution strategies between spouses. Additionally, varying interpretations and adherence to religious teachings are found to impact gender roles and authority within the family, sometimes posing challenges to egalitarian partnerships. The study highlights the role of faith-based counseling in addressing marital conflicts and promoting family cohesion in culturally-religious contexts. By integrating spirituality into therapeutic frameworks, the research suggests enhanced relevance and effectiveness of family interventions in Egypt.

Keywords: Religious beliefs, Spirituality, Marital relationships, Family dynamics

MANAGING FINANCIAL STRESS, ECONOMIC PRESSURES, AND RESOURCE ALLOCATION IN FAMILY SYSTEMS THROUGH MARRIAGE AND FAMILY THERAPY

Dr. Hanan Al-Harbi, Lec. Dana Al-Mutairi

Department of Social Work, King Saud University, Saudi Arabia

Abstract

Financial stress and economic pressures significantly disrupt family systems, affecting interpersonal relationships and marital satisfaction. This study investigates how marriage and family therapy can effectively address financial conflicts by promoting constructive conversations and collaborative resource management strategies. It identifies common stressors related to job insecurity, debt, and inequitable spending as contributors to heightened family tension. Therapeutic interventions focusing on communication skills, financial planning education, and emotional regulation are analyzed for their capacity to alleviate economic distress impacts. The research underscores the need for culturally sensitive approaches that respect societal attitudes towards money and gender roles within Saudi families. Results indicate that therapy helps couples and families restructure financial decision-making processes, reducing discord and promoting stability. This study provides therapists with practical tools for integrating economic considerations into their therapeutic practice to support healthier family functioning.

Keywords: Financial stress, Family therapy, Economic pressures, Resource allocation

THE EFFECTS OF TECHNOLOGY, SOCIAL MEDIA, AND DIGITAL COMMUNICATION ON FAMILY INTERACTIONS, COUPLE RELATIONSHIPS, AND THERAPEUTIC OUTCOMES

Mariam Al-Nuaimi, Latifa Al-Mazrouei

College of Education, United Arab Emirates University, UAE

Abstract

This study explores how the pervasive use of technology, social media platforms, and digital communication tools influences family interactions and couple relationships in the UAE. The research examines both positive and negative impacts, noting enhanced connectivity and support alongside risks of distraction, miscommunication, and reduced face-to-face engagement. The findings illustrate how excessive digital use can lead to emotional distancing and conflicts between partners, while mindful usage fosters relationship maintenance and conflict resolution. The study also assesses therapeutic outcomes when digital communication is integrated into marriage and family therapy via teletherapy and online support groups. Challenges such as privacy concerns and digital literacy are discussed, alongside recommendations for therapists to leverage technology in enhancing client engagement. The study advocates for balanced technology use policies within families to optimize relational health in modern contexts.

Keywords: Technology, Social media, Family interactions, Digital communication

TRAUMA-INFORMED MARRIAGE COUNSELING: STRATEGIES FOR SUPPORTING FAMILIES EXPERIENCING PSYCHOLOGICAL, EMOTIONAL, AND SOCIAL TRAUMA

Assoc. Prof. Dr. Jad Nasser, Dr. Maya Khalil, Lec. Rami Bou Saab

Department of Psychology and Mental Health, Lebanese American University, Lebanon

Abstract

This research addresses trauma-informed approaches in marriage counseling aimed at families confronting psychological, emotional, and social traumas. The study highlights the significance of recognizing trauma symptoms and their profound effects on individual and relational functioning. It examines therapeutic strategies that prioritize safety, trust-building, and empowerment to facilitate healing within couple and family systems. Emphasis is placed on culturally relevant interventions that consider collective trauma experiences often present in Middle Eastern contexts, including conflict, displacement, and social instability. The paper reviews models integrating trauma-sensitive communication techniques, resilience-building, and psychoeducation to mitigate trauma impact on relationships. Findings underscore the necessity for therapists to adopt a trauma-informed lens to improve therapeutic efficacy, reduce retraumatization risks, and support sustainable family recovery.

Keywords: Trauma-informed counseling, Marriage counseling, Family therapy, Psychological trauma

SUSTAINABLE URBAN HOUSING DESIGN STRATEGIES FOR RESILIENT COMMUNITIES

Elena Markarian, Assis. Prof. Dr. Dimitrios Kalogeropoulos, Maria Fernanda Castillo, Dr. Arvind Rathore

Department of Urban Planning and Architecture, National Technical University, Greece

Abstract

This paper explores sustainable urban housing design strategies aimed at creating resilient communities capable of adapting to environmental, social, and economic challenges. It highlights the importance of integrating ecological principles, energy-efficient technologies, and socially inclusive planning to foster sustainable urban environments. Through case studies and comparative analysis of housing projects in Mediterranean countries, the research identifies best practices in architectural design, materials usage, and community engagement. The study emphasizes the role of affordable, flexible housing typologies that support both environmental stewardship and social equity. Methods include qualitative interviews with planners and residents, environmental impact assessments, and energy modeling to evaluate sustainability outcomes. The findings suggest that resilient housing designs contribute positively to community health, reduce carbon footprints, and enhance social cohesion. The paper concludes by proposing policy recommendations for urban planners, architects, and policymakers to foster sustainable development aligned with resilient community frameworks.

Keywords: sustainable housing, urban resilience, community design, energy efficiency

INTEGRATED FLOOD-RESILIENT INFRASTRUCTURE PLANNING FOR COASTAL CITIES

Dr. Lara M. Oliveira, Assoc. Prof. Dr. Marco Vitali

Department of Architecture and Environmental Design, National University of Singapore,
Singapore

Abstract

This study examines strategies for planning flood-resilient infrastructure in coastal cities vulnerable to climate change and rising sea levels. Emphasizing an integrated approach, the paper discusses structural and non-structural solutions that combine engineering, ecological restoration, and urban planning concepts. Using modeling techniques and empirical data from Brazilian coastal cities, the research evaluates the effectiveness of levees, green infrastructure, early warning systems, and community participation. The importance of multi-level governance and stakeholder collaboration is underlined to enhance adaptive capacity and disaster preparedness. Challenges such as funding constraints, rapid urbanization, and socio-economic disparities are analyzed. The findings demonstrate that integrated, context-sensitive planning enhances resilience while promoting sustainable urban development. The paper argues for embedding resilience principles into policy frameworks to safeguard vulnerable populations and critical infrastructure from future flood risks.

Keywords: flood resilience, coastal infrastructure, climate adaptation, urban planning

CROSS-CULTURAL PERSPECTIVES IN MODERN URBAN ARCHITECTURE

João Mendes, Assis. Prof. Dr. Farid Aliev, Nadira Khan

Department of Architecture and Environmental Design, National University of Singapore,
Singapore

Abstract

This paper investigates the influence of cross-cultural interactions on contemporary urban architectural practices. It explores how globalization, migration, and technological exchange foster dynamic architectural forms that blend local traditions with international styles. Analyzing case studies from Europe, Central Asia, and South Asia, the study reveals how cultural values, climate, and history inform design approaches. It examines the integration of sustainable technologies, vernacular elements, and modern aesthetics in creating urban spaces that reflect diverse identities and socio-cultural narratives. Methods include field observations, design analysis, and interviews with architects and urban planners. The study underscores the importance of culturally sensitive design in fostering inclusive urban environments, enhancing social cohesion, and preserving heritage amid rapid urban transformation. The paper concludes with recommendations for architects and planners to embrace cultural diversity while addressing contemporary urban challenges.

Keywords: cross-cultural architecture, urban design, globalization, cultural identity

INNOVATIVE FINANCIAL MODELS FOR AFFORDABLE HOUSING IN EMERGING ECONOMIES

Dr. Timothy Adebayo, Chidera Okonkwo, Rizal Hidayat
Department of Economics, University of Lagos, Nigeria

Abstract

This research explores innovative financial models designed to promote affordable housing in emerging economies. By analyzing microfinance, public-private partnerships, cooperative housing, and government subsidies, the study assesses the effectiveness of these models in increasing housing accessibility for low- and middle-income households. Empirical data from housing projects across Africa and Southeast Asia are used to evaluate financial sustainability, borrower risk, and social impact. The paper highlights challenges such as regulatory barriers, informal housing markets, and financial literacy gaps. It advocates for tailored financing solutions that address local socio-economic conditions and foster collaboration between stakeholders. The findings suggest that combining innovative financing with policy reforms can significantly reduce housing deficits and improve urban living standards. The study offers recommendations for policymakers, financial institutions, and community organizations to scale up affordable housing initiatives in developing countries.

Keywords: affordable housing, financial models, emerging economies, microfinance, public-private partnerships

ARCHITECTURAL STRATEGIES FOR CLIMATE-ADAPTIVE PUBLIC SPACES

Manoj Patel, Dr. Hana Syafiqah

Department of Architecture and Environmental Design, National University of Singapore,
Singapore

Abstract

This paper discusses architectural strategies for designing climate-adaptive public spaces that enhance urban resilience and human comfort in the face of climate change. It focuses on passive design techniques, green infrastructure, and innovative materials that mitigate heat stress, improve air quality, and promote biodiversity. Case studies from tropical cities in Asia demonstrate design interventions such as shading devices, water features, and permeable surfaces. The research integrates environmental simulation tools and user experience surveys to evaluate effectiveness in enhancing public space usability and ecological function. The study highlights the social benefits of adaptive design, including increased inclusivity, community engagement, and mental well-being. It concludes by recommending interdisciplinary collaboration among architects, ecologists, and urban planners to advance climate-sensitive public space design strategies globally.

Keywords: climate adaptation, public spaces, urban design, sustainability, passive design

RISK ASSESSMENT AND SAFETY MANAGEMENT IN INDUSTRIAL URBAN ZONES

Dr. Khaya Qonono, Assis. Prof. Dr. Zeynep Alimova, Paulo Ribeiro

Department of Environmental Health and Safety, University of Johannesburg, South Africa

Abstract

This research addresses risk assessment and safety management practices within industrial urban zones characterized by high-density populations and complex hazards. It examines methodologies for hazard identification, risk prioritization, and implementation of safety controls in sectors such as manufacturing, chemical processing, and waste management. The study includes risk analysis models and case studies from South African industrial areas to evaluate effectiveness in minimizing accidents and environmental impacts. It discusses regulatory frameworks, stakeholder engagement, and technological innovations including real-time monitoring and emergency preparedness systems. Findings suggest that integrated risk governance, coupled with community awareness programs, significantly enhances safety outcomes. The paper recommends policy enhancements and capacity building for enforcing safety standards in urban industrial contexts, contributing to sustainable urban development and public health protection.

Keywords: risk assessment, safety management, industrial zones, urban health, environmental hazards

ADVANCES IN LIGHTING SIMULATION AND VISUAL COMFORT ANALYSIS IN CONTEMPORARY ARCHITECTURE

Assoc. Prof. Dr. Luca Moretti, Mahmoud Al-Khatib, E. S. Cantrell, Sofia Petrova
Department of Architectural Engineering, Politecnico di Milano, Italy

Abstract

This study reviews recent advances in lighting simulation technologies and their applications in enhancing visual comfort in contemporary architectural design. It assesses software tools and methodologies used to model natural and artificial lighting conditions in varied building typologies. The research evaluates parameters such as daylight availability, glare control, luminance distribution, and occupant satisfaction through simulation and field measurements. Case studies across European and Middle Eastern climates illustrate how leveraging lighting simulation informs sustainable design decisions optimizing energy efficiency and human comfort. The paper also explores the integration of lighting simulation with building information modeling (BIM) and smart control systems. The findings highlight that advanced lighting analysis contributes to improved architectural aesthetics, environmental performance, and occupant well-being. The study advocates for widespread adoption of these technologies in architectural curricula and practice to promote healthier built environments.

Keywords: lighting simulation, visual comfort, architecture, energy efficiency, building technology

ELITE SUSTAINABLE URBAN DEVELOPMENT STRATEGIES: INTEGRATING GREEN SPACES AND SMART INFRASTRUCTURE

Assoc. Prof. Dr. Matteo Ricci, Hana Kim, Prof. Dr. Samuel Osei
Department of Urban Planning, University of Milan, Italy

Abstract

This paper explores elite sustainable urban development strategies that integrate green spaces with smart infrastructure to enhance city livability and environmental resilience. It emphasizes the role of urban green spaces in mitigating climate change impacts, improving air quality, and promoting social well-being. The research examines how advanced technologies such as IoT, sensor networks, and data analytics optimize the management and maintenance of green urban areas. Through case studies from multiple smart cities, the analysis highlights best practices in combining ecological benefits with infrastructural innovation. The study addresses challenges including funding, governance, and equitable access to green spaces. It proposes solutions for fostering sustainable urban ecosystems that support biodiversity and social inclusion while leveraging smart city technologies. The integration of green spaces and smart infrastructure is presented as essential for sustainable urban futures, addressing environmental, social, and economic dimensions. This multidisciplinary approach lays a foundation for innovative urban policy making that responds to the complexities of rapid urbanization and climate change.

Keywords: sustainable urban development, green spaces, smart infrastructure, climate resilience, smart cities

REVITALIZING HISTORIC CITY CENTERS THROUGH CONTEMPORARY LANDSCAPE DESIGN AND COMMUNITY ENGAGEMENT

Tomasz Kowalski, Amina Diallo

Department of Landscape Architecture, University of Warsaw, Poland

Abstract

This research focuses on the revitalization of historic city centers through innovative landscape design integrated with active community engagement. It discusses how the preservation of historical features coupled with contemporary design can foster vibrant public spaces that meet current social and environmental needs. The study employs participatory planning processes, involving local residents and stakeholders in decision-making to ensure culturally sensitive and inclusive urban regeneration. It highlights successful projects that balance heritage conservation, ecological enhancement, and socioeconomic revitalization. By combining placemaking with sustainable design principles, revitalized historic districts contribute to urban resilience and identity. The research also investigates tools and methodologies for effective community involvement and adaptive reuse of historical sites. Conclusions point to landscape architecture's crucial role in bridging past and present, promoting sustainable urban regeneration that respects heritage while accommodating growth.

Keywords: historic city centers, landscape design, community engagement, urban revitalization, cultural heritage

ADVANCED MATERIALS AND TECHNOLOGIES IN MODERN ARCHITECTURE FOR ENERGY EFFICIENCY

Dr. Isabella Fernandes, Assoc. Prof. Dr. Ahmed Al-Mansouri
Department of Architecture, University of Lisbon, Portugal

Abstract

This paper analyzes the development and application of advanced materials and technologies in modern architecture aimed at enhancing energy efficiency. It reviews innovations such as smart glass, nanomaterials, phase-change materials, and integrated renewable energy systems that reduce building energy demand and carbon footprint. The study assesses the performance of these technologies through simulations, case studies, and experimental evaluations. Emphasis is placed on their integration with sustainable architectural design principles, including natural ventilation, daylight optimization, and insulation. The research also explores challenges linked to cost, material durability, and adaptability to diverse climatic conditions. It argues that adopting advanced materials is vital for meeting global energy reduction targets and promoting greener built environments. The paper concludes by recommending strategies for architects, engineers, and policymakers to accelerate technology adoption and foster energy-conscious construction practices worldwide.

Keywords: advanced materials, energy efficiency, sustainable architecture, green technologies, renewable energy

BIODIVERSITY-FOCUSED URBAN PARK DESIGN: PROMOTING ECOLOGICAL CORRIDORS AND HABITAT RESTORATION

Prof. Dr. Juan Carlos Ramirez, Prof. Dr. Fatima Noor

Department of Urban Transportation, KTH Royal Institute of Technology, Sweden

Abstract

This study explores urban park designs centered around biodiversity conservation, aiming to promote ecological corridors and habitat restoration within metropolitan areas. It addresses how urban green spaces can serve as critical habitats and connectivity pathways for wildlife, contributing to urban ecosystem health and resilience. The research synthesizes ecological theories, landscape ecology, and urban planning to offer innovative design guidelines that balance human recreation with ecological integrity. Case studies from various cities demonstrate successful interventions restoring native flora and fauna while enhancing ecosystem services such as air purification and temperature regulation. The paper also discusses challenges, including invasive species management, public awareness, and funding constraints. Recommendations emphasize collaborative approaches integrating ecological science, community participation, and policy support to create multifunctional urban parks that sustain biodiversity and improve residents' quality of life.

Keywords: biodiversity, urban parks, ecological corridors, habitat restoration, ecosystem services

SMART MOBILITY AND INTEGRATED TRANSPORTATION PLANNING IN FUTURE CITIES

Dr. Lars Svensson, Mei Ling Zhao

Department of Urban Transportation, KTH Royal Institute of Technology, Sweden

Abstract

This paper investigates the role of smart mobility and integrated transportation planning in developing future cities that are sustainable, efficient, and accessible. It examines innovative technologies such as autonomous vehicles, real-time traffic monitoring, and multi-modal networks that improve mobility while reducing environmental impacts. The study assesses how data-driven planning and user-centered design enable seamless integration of various transportation modes, including public transit, cycling, and walking. The paper highlights pilot projects and best practices demonstrating the reduction of congestion, emissions, and energy consumption through smart mobility solutions. It explores policy frameworks and technological challenges impeding widespread adoption. The research advocates for coordinated urban planning that aligns transportation with land use, economic development, and social equity goals. Smart mobility is presented as a key enabler of sustainable, livable future urban environments.

Keywords: smart mobility, transportation planning, future cities, sustainable transport, integrated networks

ARCHITECTURAL RESPONSES TO CLIMATE CHANGE: RESILIENT STRUCTURES AND FLOOD MANAGEMENT STRATEGIES

Assoc. Prof. Dr. Olga Ivanova, Dr. Rafael Martinez, lec. Noura Al-Faraj
Department of Architecture and Urban Planning, Moscow State University, Russia

Abstract

This paper addresses architectural and urban planning strategies to develop resilient structures capable of withstanding climate change impacts, with a particular focus on flood management. It reviews design principles for flood-resistant buildings, including elevation, water-resistant materials, and adaptive landscaping. The study also evaluates urban drainage systems, green infrastructure, and zoning policies that mitigate flood risks in vulnerable areas. Case studies from flood-prone cities illustrate successful integration of architectural resilience with urban planning. The research discusses the importance of interdisciplinary approaches combining engineering, ecology, and community engagement. It highlights challenges such as financing, retrofitting existing infrastructure, and climate uncertainty. The paper concludes by advocating for proactive, adaptable design and policy frameworks that enhance urban resilience to increasingly frequent climate-related hazards.

Keywords: architectural resilience, climate change, flood management, urban planning, adaptive design

CULTURAL LANDSCAPES AND URBAN IDENTITY: PRESERVATION, ADAPTATION, AND COMMUNITY PARTICIPATION

Anika Schreiber, Assoc. Prof. Dr. Sahar Mohammadi

Department of Architecture and Urban Planning, Moscow State University, Russia

Abstract

This study examines the role of cultural landscapes in shaping urban identity through preservation, adaptation, and community participation. It investigates how cities maintain their unique cultural heritage while accommodating growth and change. The research emphasizes participatory planning that involves local communities in decision-making processes to ensure inclusive and context-sensitive urban development. It explores adaptive reuse of historical sites, integration of traditional knowledge, and the use of cultural narratives to strengthen community bonds. Case studies highlight successful projects balancing heritage conservation with contemporary urban needs. The paper argues that cultural landscapes contribute significantly to residents' sense of belonging and urban resilience. It concludes by recommending collaborative governance models to foster sustainable cultural heritage management that supports urban innovation and social cohesion.

Keywords: cultural landscapes, urban identity, preservation, community participation, adaptive reuse

THE PHILOSOPHICAL IMPLICATIONS OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN HUMAN AGENCY AND MORAL RESPONSIBILITY

Emma Johansson, Dr. Hiroshi Tanaka, Isabella Moretti
Department of Philosophy, University of Stockholm, Sweden

Abstract

This paper examines the philosophical implications of artificial intelligence (AI) on human agency and moral responsibility. As AI systems increasingly simulate autonomous decision-making, the question arises about the impact on traditional notions of human autonomy. The study analyzes whether AI can possess genuine agency or moral accountability and to what extent humans remain responsible for AI-driven decisions. Drawing from contemporary philosophy and ethics, it is argued that while AI may exhibit operational autonomy, it lacks true intentionality and consciousness, which are prerequisites for moral responsibility. The paper further explores the challenges posed by AI in legal, ethical, and social domains, particularly regarding accountability and ethical decision-making. The findings highlight the necessity to preserve human oversight and develop ethical frameworks that integrate AI technologies without undermining human dignity and moral accountability. It concludes by proposing philosophical guidelines for future AI governance to ensure human agency's primacy in moral contexts.

Keywords: artificial intelligence, human agency, moral responsibility, ethics, autonomy

EXPLORING THE INTERSECTIONS OF ENVIRONMENTAL PHILOSOPHY AND ETHICS IN THE CONTEXT OF GLOBAL CLIMATE CHANGE RESPONSE

Dr. Carlos Martínez, Assoc. Prof. Dr. Amina Said, Fiona Campbell
Department of Environmental Studies, University of Madrid, Spain

Abstract

This paper explores the intersections between environmental philosophy and ethics amid global efforts to combat climate change. By researching philosophical theories such as deep ecology, environmental justice, and intergenerational ethics, the study evaluates how these frameworks influence ethical responses to climate challenges. It investigates policy and grassroots initiatives worldwide, assessing their alignment with environmental ethical principles. The discussion highlights conflicts between economic development and sustainability goals, urging reevaluation of human-nature relationships. The role of ethical responsibility towards future generations forms a central element, advocating for justice and sustainability as guiding principles in climate policies. The research emphasizes integrating philosophical insights to strengthen ethical awareness and environmental governance.

Keywords: environmental ethics, climate change, sustainability, environmental justice, intergenerational responsibility

PHENOMENOLOGICAL INQUIRY INTO THE NATURE OF CONSCIOUSNESS AND SUBJECTIVE EXPERIENCE

Dr. Markus Weber, Léa Dupont

Department of Philosophy, University of Stockholm, Sweden

Abstract

This study applies phenomenological methods to examine the nature of consciousness and subjective experience. Drawing on the foundational works of Husserl and Merleau-Ponty, it emphasizes the lived experience as central to understanding consciousness. The paper analyses how perception, intentionality, and embodiment contribute to the formation of subjective reality. It explores consciousness not merely as brain activity but as an active process of meaning-making. Through qualitative interpretations, the research elucidates the interplay between self-awareness and the world, emphasizing the importance of first-person perspectives. The study contributes to contemporary debates in philosophy of mind and cognitive science by providing a comprehensive phenomenological framework for consciousness studies.

Keywords: phenomenology, consciousness, subjective experience, intentionality, embodiment

CRITICAL ANALYSIS OF FEMINIST PHILOSOPHY AND ITS CHALLENGES TO TRADITIONAL METAPHYSICAL THEORIES

Assoc. Prof. Dr. Sofia Dimitriou, Dr. Priya Rao, Zara Al-Khalil
Department of Gender Studies, University of Athens, Greece

Abstract

This paper critically examines feminist philosophy's challenge to traditional metaphysical theories. It explores feminist critiques of foundational metaphysical concepts such as identity, objectivity, and universality, particularly how they have historically marginalized or excluded women's perspectives. The study discusses how feminist theory proposes alternative epistemologies and ontologies that emphasize gender, power relations, and social context. By interrogating dominant metaphysical assumptions, feminist philosophers seek to reveal implicit biases and advocate more inclusive frameworks. The research highlights key debates within feminist metaphysics, including intersectionality and embodied subjectivity, and assesses their implications for broader philosophical discourse. The paper contributes to advancing feminist critical theory and enriching metaphysical inquiry with social justice perspectives.

Keywords: feminist philosophy, metaphysics, gender, epistemology, social justice

POLITICAL PHILOSOPHY AND THE ETHICS OF GLOBAL JUSTICE IN AN ERA OF INCREASING INEQUALITY

Dr. David Kim, Amara Ndlovu, Prof. Dr. Lucia Rossi

Department of Political Science, University of Cape Town, South Africa

Abstract

This study examines political philosophy perspectives on global justice against the backdrop of escalating global inequalities. It surveys theories such as cosmopolitanism, statism, and distributive justice, assessing their relevance to contemporary ethical challenges posed by globalization. The paper focuses on ethical responsibilities at national and international levels to address poverty, migration, and unequal resource distribution. The analysis includes critiques of institutional structures that perpetuate inequalities and discusses models of democratic participation, human rights, and fair global governance. The research aims to articulate normative frameworks that promote equity, solidarity, and justice in an interconnected world. It emphasizes the urgent need for political and ethical reforms to tackle systemic disparities and foster global cooperation.

Keywords: global justice, political philosophy, inequality, human rights, distributive justice

MIND-BODY PROBLEM REVISITED: CONTEMPORARY THEORIES IN PHILOSOPHY OF MIND AND COGNITIVE SCIENCE

Dr. Jonathan Clarke

Department of Philosophy, University of Stockholm, Sweden

Abstract

This paper revisits the mind-body problem through the lens of contemporary philosophy of mind and cognitive science. It explores major philosophical positions including dualism, physicalism, and functionalism, and their implications for understanding consciousness, mental causation, and subjective experience. The review integrates findings from neuroscience, psychology, and artificial intelligence research, evaluating how empirical data inform philosophical debates. The study pays special attention to the challenges posed by phenomena such as qualia, intentionality, and mental representation. It proposes a multidisciplinary approach that bridges philosophical theory and scientific evidence to advance knowledge on the nature of mind and its relation to the brain. The paper aims to clarify conceptual confusions and outline promising directions for future research in philosophy of mind.

Keywords: mind-body problem, consciousness, philosophy of mind, cognitive science, qualia

RECONSIDERING THE CONCEPT OF HAPPINESS IN CONTEMPORARY ETHICAL THEORIES AND PSYCHOLOGICAL WELL-BEING

Prof. Dr. Olivia Bennett, Dr. Samuel Okoro

Department of Philosophy, University of Stockholm, Sweden

Abstract

This research reconsiders the concept of happiness within modern ethical theories and psychological well-being studies. It traces the evolution of happiness from classical Aristotelian eudaimonia to contemporary utilitarian and virtue ethics perspectives. The paper integrates philosophical reflections with empirical research in psychology that examines subjective well-being and life satisfaction. It critiques the limitations of traditional concepts when applied to diverse cultural contexts and contemporary challenges. The study proposes a holistic framework combining ethical virtues, emotional regulation, and social factors as foundational to understanding happiness. The findings suggest that happiness is a multifaceted phenomenon requiring interdisciplinary approaches to promote human flourishing effectively in modern societies.

Keywords: happiness, ethical theories, psychological well-being, virtue ethics, subjective well-being

THE ROLE OF LANGUAGE IN SHAPING REALITY: A STUDY IN CONTEMPORARY PHILOSOPHICAL LINGUISTICS

Dr. Abdullah Al-Mutairi, Assoc. Prof. Dr. Elise Fournier, Mateo González

Department of Linguistics, King Saud University, Saudi Arabia

Abstract

This study investigates the role of language in shaping human reality through the framework of contemporary philosophical linguistics. It examines theories such as linguistic relativity, speech act theory, and the pragmatics of meaning to understand how language influences perception, cognition, and social interaction. The research analyzes how linguistic structures embed cultural values, shape identities, and mediate power relations. It also explores language's performative functions, illustrating how discourse constructs realities in various social contexts. Methodologically, the study employs critical discourse analysis and comparative semantics across languages to uncover the dynamic interplay between language and thought. The findings underscore language's powerful role in framing worldviews and social realities, contributing to philosophical and linguistic scholarship on meaning and communication.

Keywords: language, philosophical linguistics, reality, linguistic relativity, discourse analysis

INNOVATIVE STRATEGIES FOR SUSTAINABLE BUSINESS GROWTH IN EMERGING AFRICAN MARKETS

Assoc. Prof. Dr. Abdulrahman Umar, Dr. Siti Nuraini, Lecturer Fatima Zeghichi
Faculty of Business and Economics, University of Lagos, Nigeria

Abstract

This study explores innovative strategies that foster sustainable business growth within emerging African markets. Rapid economic changes, increasing competition, and global integration have pressured local enterprises to adopt more adaptive, sustainable approaches toward development. The research analyzes various strategic models including digital transformation, market diversification, and human capital enhancement as drivers for long-term growth. Methodologically, the study employs qualitative interviews with business leaders and quantitative analysis of financial data from firms across Nigeria, Kenya, and Ghana. Findings suggest that businesses embracing technological innovation and sustainable leadership practices outperform peers in profitability and resilience. Additionally, sustainability initiatives and corporate social responsibility emerge as critical factors enhancing consumer loyalty and brand reputation. Challenges, however, persist in access to finance, infrastructure, and government support. Based on these insights, the study recommends comprehensive policy frameworks and public-private partnerships that nurture innovation ecosystems tailored for African enterprises. The findings provide actionable guidance for policymakers, entrepreneurs, and investors aiming to unlock Africa's economic potential sustainably.

Keywords: business growth, sustainable strategy, innovation, African markets

THE IMPACT OF DIGITAL TRANSFORMATION ON SUPPLY CHAIN RESILIENCE IN INDONESIAN MANUFACTURING SECTORS

Rizal Maulana, Assoc. Prof. Dr. Aisha Bensalem, Emmanuel Okoro
Faculty of Industrial Engineering, University of Indonesia, Indonesia

Abstract

The paper investigates the role of digital transformation in enhancing supply chain resilience within Indonesia's manufacturing sectors. Increasing market volatility and disruptions necessitate robust supply chain systems capable of adapting to shocks and maintaining operational continuity. Employing a mixed-method approach, the study collects data from manufacturing firms across Java and Sumatra, assessing digital maturity levels and resilience outcomes. Results indicate significant positive correlations between adoption of technologies such as IoT, cloud computing, and AI with improved supply chain flexibility and responsiveness. These technologies facilitate real-time monitoring, predictive analytics, and improved stakeholder collaboration, mitigating disruption impacts. Nevertheless, the study identifies barriers including digital skill gaps and cybersecurity risks, urging targeted training and regulatory frameworks. The research offers strategic insights for enhancing competitiveness and sustainability in Indonesia's industrial landscape.

Keywords: digital transformation, supply chain resilience, manufacturing, Indonesia

EFFECTIVE LEADERSHIP MODELS FOR MANAGING REMOTE WORKFORCES IN TAJIKISTAN’S SERVICE INDUSTRY

Dr. Dilshod Saidov, Assoc. Prof. Dr. Hening Wulandari, Grace Mbatha
School of Management, Tajik National University, Tajikistan

Abstract

This research examines leadership models best suited for managing remote workforces in Tajikistan’s burgeoning service industry. With the COVID-19 pandemic accelerating telework adoption globally, organizations face unique management challenges related to communication, motivation, and productivity. This study uses surveys and case study analyses within the financial and IT service sectors in Dushanbe and Khujand. Findings reveal transformational and servant leadership styles effectively foster trust, engagement, and performance among remote employees. Leaders practicing transparent communication, emotional intelligence, and empowerment strategies mitigate isolation and burnout risks. The study highlights the necessity of adapting traditional leadership frameworks to virtual contexts, with implications for HR policy and leadership development. Recommendations include investment in digital tools and leadership training aligned with evolving workforce dynamics. This work contributes to shaping future organizational success in remote work environments.

Keywords: leadership models, remote workforce, service industry, Tajikistan

CORPORATE SOCIAL RESPONSIBILITY AND ITS INFLUENCE ON BRAND LOYALTY IN NIGERIAN CONSUMER MARKETS

Kadija Ali, Assoc. Prof. Dr. Bambang Saputra, Modupe Adebayo
Department of Marketing, University of Abuja, Nigeria

Abstract

This study explores how corporate social responsibility (CSR) initiatives influence brand loyalty among Nigerian consumers. CSR activities have gained prominence as companies seek to differentiate their brands and foster consumer trust. Using quantitative surveys targeting consumers across Lagos, Abuja, and Port Harcourt, the research evaluates perceptions of CSR sincerity and its effect on purchase intentions and loyalty. Results demonstrate that authentic and community-focused CSR programs significantly enhance positive brand attitudes and repeat purchases. Additionally, environmental stewardship and social equity projects resonate deeply with Nigerian consumers, strengthening emotional brand connections. However, skepticism towards greenwashing and insincere CSR remains a barrier. The paper advocates transparent, culturally relevant CSR strategies to sustain long-term consumer relationships. These findings provide valuable guidance for businesses aiming to leverage CSR as a strategic market advantage.

Keywords: corporate social responsibility, brand loyalty, consumer behavior, Nigeria

STRATEGIC HUMAN RESOURCE MANAGEMENT PRACTICES TO IMPROVE EMPLOYEE RETENTION IN ALGERIAN SMES

Amine Belkacem, Indah Kusumawati, Assis. Prof. Dr. Tinashe Dzvairo
Faculty of Business Administration, University of Algiers, Algeria

Abstract

Employee retention is a critical issue for small and medium enterprises (SMEs) in Algeria facing high turnover and labor shortages. This study examines strategic human resource management (SHRM) practices contributing to improved retention rates. Based on surveys of SME managers and employees in Algiers and Oran, as well as in-depth interviews, the research identifies effective recruitment, training, performance management, and employee engagement strategies. Results show that personalized career development programs and supportive organizational culture are key factors reducing turnover intentions. Compensation and work-life balance initiatives also play significant roles. The study recommends tailored SHRM frameworks supporting employee well-being and competency development specifically adapted for Algerian SME contexts. The findings inform policymakers and SME owners seeking sustainable workforce stability amid economic challenges.

Keywords: human resource management, employee retention, SMEs, Algeria

THE ROLE OF ENTREPRENEURIAL FINANCE IN FOSTERING INNOVATION IN AFRICAN STARTUPS

Dr. Halima Oumar, Assis. Prof. Dr. Dewi Handayani, Rashid Alizoda
School of Business and Economics, University of Dakar, Senegal

Abstract

This paper investigates the influence of entrepreneurial finance on the innovation capabilities of startups in Africa. Access to venture capital, angel investment, and crowdfunding are assessed regarding their role in driving product development and market expansion. Utilizing case studies from Senegal, Kenya, and Ghana, and quantitative analysis of startup funding rounds, the research finds positive correlations between diversified financial resources and increased R&D activities and patent filings. Barriers such as lack of investor networks and regulatory inefficiencies are discussed. Recommendations include fostering collaborative funding platforms and government incentives to alleviate financial constraints impeding startup innovation. The study enriches existing literature on entrepreneurship finance and provides policy implications for enhancing Africa's innovation ecosystem.

Keywords: entrepreneurial finance, innovation, startups, Africa

ANALYSIS OF CONSUMER BEHAVIOR TRENDS IN DIGITAL MARKETING CAMPAIGNS WITHIN INDONESIAN E-COMMERCE PLATFORMS

Salah Eddine Belmokhtar, Adeleke Johnson
Faculty of Marketing, University of Jakarta, Indonesia

Abstract

This research analyzes consumer behavior trends within digital marketing campaigns on Indonesian e-commerce platforms. With exponential growth in online shopping, understanding consumer responses to targeted advertising, personalization, and social media influence is crucial for platforms' success. Data collected from multiple platforms through user surveys and clickstream analysis reveal preferences for interactive content, influencer endorsements, and convenience-driven features. The study highlights demographic variance, with millennials and Gen Z showing heightened engagement. Findings suggest adaptive marketing strategies incorporating data analytics enhance consumer retention and sales conversion. Challenges related to privacy concerns and digital literacy are also addressed. The paper offers actionable insights for e-commerce marketers aiming to optimize campaign effectiveness in the evolving digital landscape of Indonesia.

Keywords: consumer behavior, digital marketing, e-commerce, Indonesia

EXPLORING THE CHALLENGES AND OPPORTUNITIES OF WOMEN ENTREPRENEURS IN TAJIKISTAN’S ECONOMY

Assoc. Prof. Dr. Gulchekhra Rahimi, Dr. Hendri Setiawan, Dr. Mariam Sow
Faculty of Social Sciences, Tajik State University, Tajikistan

Abstract

This study explores the multifaceted challenges and opportunities faced by women entrepreneurs in Tajikistan’s developing economy. Employing qualitative interviews, focus groups, and policy analysis, the research sheds light on socio-cultural barriers, limited access to finance, and regulatory hurdles impeding women's business growth. Conversely, increased education levels, supportive networks, and government initiatives create enabling environments. The study highlights gender-specific entrepreneurial motivations, risk perceptions, and resilience strategies. Policy recommendations stress tailored capacity-building programs, microfinance accessibility, and legal reforms to enhance women's economic participation. The findings contribute to broader discourse on gender and economic development in Central Asia, providing practical frameworks to foster gender-inclusive entrepreneurship and sustainable growth.

Keywords: women entrepreneurs, economic development, gender barriers, Tajikistan

THE IMPACT OF COMMUNITY-BASED INTERVENTIONS ON MENTAL HEALTH OUTCOMES IN URBAN POPULATIONS

Helena Bergström, Dr. Samuel Adeyemi, Maria Gonzales

Affiliation: Department of Public Health, University of Stockholm, Sweden

Abstract

This study evaluates the effectiveness of community-based interventions in improving mental health outcomes among urban populations. Urban environments often present unique challenges such as social isolation, economic stress, and limited access to mental health services, which contribute to higher rates of mental health disorders. The research employs a mixed-method approach, combining quantitative surveys and qualitative interviews within diverse urban communities. Findings reveal that interventions tailored to local cultural and social contexts, including peer support groups, educational workshops, and accessible counseling, significantly enhance psychological well-being. Additionally, community empowerment and active participation were found to be crucial in reducing stigma and increasing mental health literacy. The study highlights the importance of collaborative multi-stakeholder involvement, from health professionals to local organizations, to sustain and scale these initiatives. Policy recommendations urge urban planning and health policy integration to prioritize mental health in urban development strategies, advocating for resource allocation that supports community-driven mental health services. This research contributes valuable insights into developing scalable, culturally sensitive mental health programs for growing urban populations worldwide.

Keywords: community-based interventions, mental health, urban populations, cultural sensitivity, well-being

EXPLORING THE ROLE OF SOCIAL WORKERS IN ADDRESSING DOMESTIC VIOLENCE IN MULTICULTURAL SETTINGS

Ahmed Al-Mutairi, Dr. Fiona MacLeod, Ricardo Fernandez
Department of Social Work, Tbilisi State University - Georgia

Abstract

This paper examines the role of social workers in effectively addressing domestic violence within multicultural settings. Domestic violence in culturally diverse communities poses distinct challenges due to varying cultural norms, language barriers, and differing perceptions of family and gender roles. The study draws on interviews with social workers and affected individuals across several multicultural urban centers, highlighting the importance of culturally competent interventions. Findings emphasize that social workers must be equipped with knowledge of cultural sensitivity, trauma-informed care, and community resources to effectively support victims. Strategies include community outreach, empowerment programs, and collaboration with cultural brokers and faith-based organizations. The paper also identifies systemic issues such as limited funding and institutional biases that hinder service delivery. Recommendations call for ongoing professional development, policy reforms emphasizing inclusivity, and enhanced inter-agency cooperation to effectively safeguard vulnerable populations. This research underscores the critical contribution of culturally informed social work practice in reducing domestic violence and promoting healing within diverse communities.

Keywords: social work, domestic violence, multiculturalism, cultural competence, trauma-informed care

SOCIAL WORK APPROACHES TO SUPPORTING REFUGEE CHILDREN IN EDUCATIONAL ENVIRONMENTS

Noor El-Sayed, Tomislav Novak, Dr. Lian Zhang
University of Bucharest - Romania

Abstract

This study explores innovative social work approaches to supporting refugee children in educational settings, focusing on enhancing their integration, well-being, and academic success. Refugee children face unique challenges including trauma, language barriers, and cultural adjustment, which can negatively impact educational outcomes. The research employs case study methodologies and interviews with social workers, educators, and refugee families to assess effective interventions such as culturally sensitive counseling, family engagement programs, and peer mentorship. Results demonstrate that supportive school environments that integrate trauma-informed practices and community collaboration significantly improve refugee children's psychosocial adjustment and academic performance. The paper highlights the importance of advocacy and policy initiatives ensuring equitable access to education and social services. Recommendations include strengthening cross-sector partnerships and professional training to empower social workers in addressing the complex needs of refugee populations. This research contributes to best practice models for social work in education and refugee support globally.

Keywords: social work, refugee children, education, trauma-informed care, cultural sensitivity

THE EFFECTIVENESS OF ELDERLY CARE PROGRAMS IN PROMOTING SOCIAL INCLUSION AND WELL-BEING

Dr. Aisha Khan, Prof. Dr. Jean-Pierre Leblanc

Department of Social Work, Tbilisi State University - Georgia

Abstract

This study evaluates elderly care programs designed to promote social inclusion and well-being among aging urban populations. With increasing life expectancy, sustaining the quality of life for elderly individuals is a critical public health priority. The research reviews a range of community-based and institutional care initiatives including social clubs, health promotion workshops, and home care services. Using quantitative assessments and qualitative interviews, the study measures impacts on social connectedness, mental health, and functional independence. Findings indicate that programs emphasizing social engagement and participatory activities significantly reduce feelings of isolation and improve psychological well-being. The study also identifies barriers such as accessibility, cultural appropriateness, and funding limitations affecting program effectiveness. Recommendations include incorporating elder voices in program design, expanding community outreach, and promoting integrated health and social services. This research informs policymakers and practitioners aiming to enhance elder care systems and foster inclusive societies supportive of healthy aging.

Keywords: elderly care, social inclusion, well-being, aging, public health

ADDRESSING SUBSTANCE ABUSE THROUGH HOLISTIC SOCIAL WORK INTERVENTIONS

Dr. Layla Hassan

Department of Social Work, University of Cairo, Egypt

Prof. Dr. Carlos Rivera

Department of Social Work, University of Cairo, Egypt

Abstract

This paper explores holistic social work interventions aimed at addressing substance abuse comprehensively. It discusses the significance of integrating physical, psychological, and spiritual elements in developing effective treatment programs. The authors emphasize that substance abuse is a multifaceted issue influenced by individual, familial, social, and cultural factors, requiring holistic approaches for sustainable recovery. Approaches like cognitive-behavioral therapy, family counseling, motivational interviewing, and complementary therapies such as meditation and yoga are examined for their effectiveness in enhancing patient outcomes. Special attention is given to culturally sensitive interventions that consider gender, ethnicity, and socioeconomic backgrounds to maximize engagement and retention in recovery programs. The study highlights the benefits of combining medical treatment with psychosocial support to address underlying mental health issues and promote overall wellness. Additionally, aftercare services and community-based support structures play essential roles in preventing relapse and fostering reintegration. The authors argue that holistic social work approaches empower clients in their recovery journey by addressing the mind, body, and spirit, thereby improving quality of life and long-term success rates.

Keywords: substance abuse, holistic intervention, social work, recovery, mental health

THE ROLE OF SOCIAL WORK IN COMBATING YOUTH HOMELESSNESS IN MAJOR CITIES

Dr. Keiko Tanaka

Department of Social Work, University of Tokyo, Japan

Daniel Mwangi

Department of Social Work, University of Tokyo, Japan

Abstract

This paper examines social work's pivotal role in mitigating youth homelessness in major urban centers. Youth homelessness results from a complex interplay of factors including poverty, family breakdown, mental health issues, and substance abuse. The authors analyze social work strategies such as advocacy, case management, outreach programs, and community collaboration. Innovative approaches like youth empowerment programs, skills training, and safe housing initiatives are assessed for their effectiveness in re-establishing stability and promoting independence among homeless youth. The research underscores social workers' critical functions in addressing immediate needs while facilitating access to education, health services, and employment opportunities. Barriers such as stigma, limited resources, and systemic challenges are identified, and recommendations for policy reform and resource allocation are provided. The study concludes that a coordinated, multi-sectoral response involving social workers, government agencies, NGOs, and communities is vital to addressing youth homelessness sustainably. The findings highlight social work's capacity to advocate for vulnerable populations and promote social justice within urban contexts.

Keywords: youth homelessness, social work, urban centers, empowerment, advocacy

INTEGRATING TECHNOLOGY IN SOCIAL WORK PRACTICES FOR REMOTE COMMUNITIES

Anika Johansson

Department of Social Work, Stockholm University, Sweden

Dr. Mariana Costa

Department of Social Work, Stockholm University, Sweden

Abstract

This paper explores the integration of technology within social work practices aimed at serving remote and underserved communities. Remote settings often face barriers such as geographic isolation, limited access to services, and shortages of skilled professionals. The authors examine digital tools—including teletherapy, mobile applications, and online support groups—that facilitate access to social work services, improve communication, and enhance client engagement. The study assesses challenges related to digital literacy, privacy, and cultural appropriateness. Innovative case studies demonstrate how technology bridges gaps in service delivery, enabling more personalized and efficient social work interventions. Additionally, the authors discuss training social workers to effectively use technology in alignment with ethical standards and client needs. The paper argues that integrating technology can significantly improve outcomes in remote areas by expanding social work's reach and supporting community resilience. It emphasizes the importance of ongoing research and policy support to fully realize technology's potential in social care systems.

Keywords: technology, social work, remote communities, teletherapy, digital literacy

SOCIAL WORK STRATEGIES FOR PROMOTING MENTAL HEALTH IN POST- CONFLICT SOCIETIES

Assoc. Prof. Dr. Abdul Rahman

Department of Social Work, University of Colombo, Sri Lanka

Dr. Sofia Marques

Department of Social Work, University of Colombo, Sri Lanka

Tom Havers

Department of Social Work, University of Colombo, Sri Lanka

Abstract

This study addresses social work strategies vital for promoting mental health in post-conflict societies, where trauma, displacement, and social disruption are prevalent. The research reviews psychosocial interventions such as trauma-informed care, community-based support, and culturally sensitive counseling. It highlights the challenges of rebuilding mental health infrastructures while addressing stigmatization and the scarcity of mental health professionals. Social workers' roles in advocacy, capacity building, and fostering community participation are examined, emphasizing collaborative approaches with local leaders, NGOs, and health systems. The paper includes case studies from regions recovering from conflict, underscoring the necessity of integrating traditional healing practices with modern mental health services. It argues that restoring mental health is integral to broader social reconstruction and peacebuilding efforts. The findings stress that sustained investment in mental health social work can build resilient communities, help individuals overcome trauma, and contribute to lasting societal stability.

Keywords: mental health, social work, post-conflict, trauma, community resilience

THE INFLUENCE OF CULTURAL COMPETENCY TRAINING ON SOCIAL WORK EFFECTIVENESS

Dr. Chandra Iyer

Department of Social Work, Tbilisi State University - Georgia

Prof. Dr. Michael O'Connor

Department of Social Work, Tbilisi State University - Georgia

Abstract

This paper investigates the impact of cultural competency training on the effectiveness of social work practice in multicultural contexts. With increasing cultural diversity within societies, social workers must develop skills to understand clients' values, beliefs, and communication styles. The authors review training programs designed to enhance cultural sensitivity, reduce biases, and promote equitable service delivery. Quantitative and qualitative data illustrate improvements in client engagement, therapeutic alliance, and outcomes following competency interventions. The study also addresses challenges such as resistance to training, complexity of cultural identities, and integration of cultural knowledge into practice. Recommendations focus on continuous education, reflective practice, and organizational support for culturally competent social work. The paper concludes that cultural competency is essential for ethical, effective, and inclusive social work, ultimately benefiting diverse client populations and fostering social justice.

Keywords: cultural competency, social work, diversity, training, client outcomes

ECONOMIC IMPACTS OF DIGITAL TRANSFORMATION ON SMALL AND MEDIUM ENTERPRISES IN DEVELOPING ECONOMIES

Nazarbek Sharipov, Dr. Yasmine Boukhalfa

Faculty of Economics and Business, Middle East University, Jordan

Abstract

Digital transformation has become a pivotal driver in reshaping small and medium enterprises (SMEs) in developing economies. This study investigates how digital technologies influence economic performance, operational efficiencies, and competitive positioning of SMEs within emerging markets. Through quantitative analysis of case studies from various countries in the Middle East, the research identifies key areas where digital upgrades result in significant productivity gains and cost reductions. The study employs mixed-method research, combining surveys administered to SME owners with econometric modeling to measure output changes pre- and post-digital adoption. Findings show that SMEs adopting digital platforms experience increased market reach, innovation capacity, and revenue growth. However, challenges such as limited digital literacy, infrastructure deficits, and financial constraints hamper widespread adoption. Policy implications underline the need for government-sponsored initiatives to facilitate access to digital education and affordable technologies to bolster SME contributions to national economies. The study concludes by advocating international collaboration to provide tailored digital solutions for SMEs in developing regions.

Keywords: digital transformation, small and medium enterprises, developing economies, economic impact

ANALYSIS OF AGRICULTURAL SUBSIDY EFFECTS ON RURAL POVERTY AND FOOD SECURITY IN AFRICAN COUNTRIES

Assoc. Prof. Dr. Idrissa Koulibaly, Dr. Rustam Ashurov

Department of Agricultural Economics, University of Khartoum, Sudan

Abstract

Agricultural subsidies are widely used in African countries to support rural farmers, alleviate poverty, and improve food security. This study analyzes the effectiveness of these subsidies in achieving these goals through a comprehensive review and econometric evaluation. The research utilizes data from government reports and household surveys collected in various African nations. Methodologically, a panel data approach is employed to assess changes in income levels, poverty headcount ratios, and food availability before and after subsidy implementation. Results demonstrate that targeted subsidies significantly improve farm productivity and elevate household food security, particularly among smallholder farmers. Despite these benefits, the study finds instances of subsidy misallocation and limited reach in certain regions due to bureaucratic inefficiencies and corruption. Policy recommendations emphasize designing transparent, needs-based subsidy programs and incorporating technological innovations for better distribution. The study reinforces the importance of sustained support for agricultural sectors to enhance rural livelihoods and national food security.

Keywords: agricultural subsidies, rural poverty, food security, African countries

MODELING THE EFFECTS OF REMITTANCES ON ECONOMIC GROWTH AND INCOME DISTRIBUTION IN EMERGING MARKETS

Prof. Dr. Hasan Rakhmonov, Assoc. Prof. Dr. Jamila Cheriet, Mr. Khalid Benali
Faculty of Economics, Beirut International University, Lebanon

Abstract

Remittances have become an essential source of foreign exchange and household income in emerging markets. This study models their impact on macroeconomic growth and income distribution using econometric techniques applied to panel data from several Middle Eastern countries. The research hypothesizes that remittances foster economic growth by supplementing domestic savings and alleviating liquidity constraints. The analysis controls for variables such as investment rates, labor market characteristics, and government policies. Results indicate a positive correlation between remittance inflows and GDP growth; however, the effect on income inequality is mixed, with some evidence suggesting increased disparity due to unequal access. The study emphasizes the need for policies aimed at financial inclusion and productive investment of remittance funds to ensure equitable growth. These findings contribute to understanding the dual role of remittances in stimulating economies while posing challenges for social cohesion through income inequality.

Keywords: remittances, economic growth, income distribution, emerging markets

THE ROLE OF MICROFINANCE IN EMPOWERING WOMEN ENTREPRENEURS IN RURAL AFRICA: A CASE STUDY APPROACH

Fatima Hassan, Prof. Dr. Dodik Santoso

Department of Business Administration, Cairo University, Egypt

Abstract

Microfinance programs are increasingly recognized as vital tools for empowering women entrepreneurs in rural communities. This case study examines microfinance initiatives in rural areas of African countries, focusing on their impact on women's economic empowerment, business sustainability, and social status. Employing mixed methods, the study collects qualitative interviews and quantitative financial data from beneficiaries of various microcredit schemes. Findings reveal that access to microfinance strengthens women's entrepreneurial capacity, improves household income, and fosters community development. However, the research also identifies challenges including limited business training, cultural barriers, and repayment pressures. The authors argue for enhanced support systems combining financial services with capacity-building activities to maximize empowerment outcomes. Policy implications highlight integrating gender-sensitive approaches into rural development strategies to achieve sustainable poverty alleviation and gender equality in economic participation.

Keywords: microfinance, women entrepreneurs, rural Africa, economic empowerment

IMPACT OF INFRASTRUCTURE DEVELOPMENT ON FOREIGN DIRECT INVESTMENT INFLOWS IN CENTRAL ASIAN ECONOMIES

Dilshod Rahmonov, Dr. Rahayu Handayani

School of Economics, Amman University, Amman

Abstract

Infrastructure development is frequently cited as a critical factor in attracting foreign direct investment (FDI), especially in emerging economies. This study focuses on Central Asian countries, examining how improvements in transportation, communication, and energy infrastructure influence FDI inflows. The research utilizes econometric regression analysis on data spanning over two decades, including indicators of infrastructure quality and FDI volume. The results confirm a strong positive relationship, with enhanced infrastructure significantly increasing foreign investor confidence and portfolio diversification. The study additionally explores sector-specific effects, finding that manufacturing and extractive industries are particularly sensitive to infrastructure changes. Recommendations include public-private partnerships to fund infrastructure projects and policy incentives promoting efficient resource utilization. This research offers valuable insights for economic planners seeking to improve investment climates and foster sustainable growth.

Keywords: infrastructure development, foreign direct investment, Central Asia, emerging economies

EXPLORING THE RELATIONSHIP BETWEEN EDUCATION INVESTMENT AND ECONOMIC PRODUCTIVITY IN AFRICAN URBAN CENTERS

Assoc. Prof. Dr. Mehrbon Tursunov

Department of Economics, University of Amman, Amman

Abstract

Investment in education is a cornerstone of economic development, especially in rapidly urbanizing regions. This study investigates the link between public and private education investment and economic productivity in African urban centers. Using panel data analysis, the research examines educational expenditures against indicators such as labor productivity and GDP per capita from several metropolitan areas. Findings reveal a statistically significant positive correlation, evidencing that higher investment levels lead to more skilled labor forces and innovation-driven growth. The study also highlights disparities in education quality and accessibility affecting overall productivity. Policy suggestions include increasing resource allocation to education infrastructure and vocational training programs to bridge skills gaps. The findings emphasize education's vital role in supporting sustainable urban economic expansion.

Keywords: education investment, economic productivity, urban centers, Africa



LATIN AMERICA 11th INTERNATIONAL CONFERENCE ON SCIENTIFIC RESEARCHES

October 3 – 5, 2025 - RIO DE JANEIRO

ISBN NR. : 978-625-5694-37-9