Journal of Anatolian Environmental and Animal Sciences

(*Anadolu Çevre ve Hayvancılık Bilimleri Dergisi*)

E-ISSN 2548-0006

JAES

AÇEH

31.12.2024

Anadolu Çevre ve Hayvancılık Bilimleri Dergisi

Journal of Anatolian Environmental and Animal Sciences

Cilt/Volume **9** • **Sayı/**Number **4** • **2024**

Journal of Anatolian Environmental and Animal Sciences
Cilt /*Volume:* **9**, Sayı / *Number*: **4**, Yıl / *Year*: **2024**
(*Anadolu Çevre ve Hayvancılık Bilimleri Dergisi*)
Üç ayda bir yayımlanır / Published every three monthly.
E-ISSN: 2548-0006

JAES
AÇEH

Sahibi
Prof. Dr. Bülent VEREP(%50) & Prof. Dr. Fikri BALTA (%50)

Sorumlu Yazı İşleri Müdürü
Baş Editör / *Editor-in Chief*
Prof. Dr. Bülent VEREP
Recep Tayyip Üniversitesi, Su Ürünleri Fakültesi Temel Bilimler Bölümü, Deniz Biyolojisi Anabilim Dalı, 53100 Rize, Türkiye

Baş Editör Yardımcıları / *Co-Editor in Chief*
Prof. Dr. Fikri BALTA
Prof. Dr. Turan YÜKSEK
Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi, Su Ürünleri Fakültesi, Su Ürünleri Yetiştiriciliği Bölümü, Hastalıklar Anabilim Dalı, Türkiye
Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi, Güzel Sanatlar Tasarım ve Mimarlık Fakültesi, Bitki Materyali ve Yetiştiriciliği Anabilim Dalı, Türkiye

Editör Yardımcıları / *Co-Editors*

Prof. Dr. Nüket SİVRİ, İstanbul Universitesi-Cerrahpaşa, Mühendislik Fakültesi
Prof. Dr. Arzu Funda BAĞCIGİL, İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa, Veterinerlik Fakültesi
Prof. Dr. Alper ÇİFTCİ, Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Veteriner Fakültesi
Prof. Dr. Süleyman AKHAN, Akdeniz Üniversitesi, Su Ürünleri Fakültesi
Pro. Dr. Tamer AKKAN, Giresun University, Fen-Edebiyat Fakültesi
Prof. Dr. Engin Derya GEZER, Karadeniz Teknik Üni., Orman Fakültesi

Editörler Kurulu / *Editorial Boards*

Prof. Dr. Ahmet ALP, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Ziraat Fakültesi
Prof. Dr. Athanasios KUNGOLOS, School of Engineering, Aristotle Univ. of Thessaloniki, Greece
Prof. Dr. Cemalettin ŞAHİN, Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi, Su Ürünleri Fakültesi
Prof. Dr. Davut TURAN, Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi, Su Ürünleri Fakültesi
Prof. Dr. Gökhan ABAY, Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi, Güzel San. Tas. ve Mim. Fakültesi
Prof. Dr. Gülay ÇİFTCİ, Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Veteriner Fakültesi
Prof. Dr. Ilia TSACHEV, Trakia University Faculty of Veterinary Medicine
Prof. Dr. İhsan AKYURT, Giresun Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi (Emekli Öğretim Üyesi)
Prof. Dr. İlkay Erdoğan ORHAN, Gazi Üniversitesi, Eczacılık Fakültesi
Prof. Dr. Jinho JUNG, Korea University Env. Sci. and Eco. Eng.
Prof. Dr. Şevki KAYIŞ, Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi, Su Ürünleri Fakültesi
Prof. Dr. Levent BAT, Sinop Üniversitesi, Su Ürünleri Fakültesi
Prof. Dr. Mehmet Salih ÇELİKKALE, KTÜ Deniz Bilimleri Fakültesi (Emekli Öğretim Üyesi)
Prof. Dr. Muhammed TÜRKOĞLU Çanakkale 18 Mart Üniversitesi, Deniz Bil. ve Tek. Fakültesi
Prof. Dr. Muhammet BORAN, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Deniz Bilimleri Fakültesi
Prof. Dr. Mustafa TÜRKMEN, Giresun Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi
Prof. Dr. Nurhayat ÖZDEMİR, Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi, Fen-Edebiyat Fakültesi
Prof. Dr. Nadir Başçınar, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Deniz Bilimleri Fakültesi
Prof. Dr. Orhan Karslı, Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi
Prof. Dr. Önder YILDIRIM, Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi, Su Ürünleri Fakültesi
Prof. Dr. Ricardo PEREZ ENRİQUEZ, Genetica Acuicola Programa de Acuicultura Centro de Investigaciones Biologicas del Noroeste Mexico.
Prof. Dr. Semih ENGİN İzmir Kâtip Çelebi Üniversitesi, Su Ürünleri Fakültesi
Prof. Dr. Şengül A. KARAOĞLU, Recep TAyyip Erdoğan Üniversitesi, Fen-Edebiyat Fakültesi
Prof. Dr. Şenol AKIN, Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Ziraat Fakültesi
Prof. Dr. Vagif ATAMOV, Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi
Prof. Dr. Cengiz MUTLU, Giresun Üniversitesi Fen Edebiyat Fakültesi, Biyoloji Bölümü
Prof. Dr. Emre ÇAĞLAK, Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi, Su Ürünleri Fakültesi
Prof. Dr. Ertuğrul AĞIRBAŞ, Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi, Su Ürünleri Fakültesi
Prof. Dr. Ertan Emek ONUK, Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Veteriner Fakültesi
Prof. Dr. Ferhat KALAYCI, Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi, Su Ürünleri Fakültesi
Prof. Dr. Gökmen Zafer PEKMEZCİ, Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Veteriner Fakültesi
Prof. Dr. Huriye Arıman Karabulut, Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi, Su ürünleri Fakültesi
Prof. Dr. İlker Zeki KURTOĞLU, Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi, Su Ürünleri Fakültesi
Prof. Dr. Serkan KORAL, İzmir Kâtip Çelebi Üniversitesi, Su Ürünleri Fakültesi
Prof. Dr. Mehmet AYDIN, Ordu Üniversitesi, Deniz Bilimleri Fakültesi
Prof. Dr. Yusuf BEKTAŞ, Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi, Su Ürünleri Fakültesi
Doç. Dr. Ertuğrul TERZİ, Kastamonu Üniversitesi, Devrekani Türkiye Oda. ve Bors Birliği MYO
Doç. Dr. Tuba ERGÜL KALAYCI, Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi
Dr. Christina EMMANOUİL, Aristotle University of Thessaloniki School of Engineering

Bölüm Editörleri / *Section Editors*

Prof. Dr. Ali BİLGİN, Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi
Prof. Dr. Ahmet Mutlu GÖZLER, Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi, Su Ürünleri Fakültesi
Prof. Dr. Erol ÇAPKIN, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Deniz Bilimleri Fakültesi
Prof. Dr. Fatih İSLAMOĞLU, Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi
Prof. Dr. Nadir Başçınar, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Deniz Bilimleri Fakültesi
Prof. Dr. Ramazan SEREZLİ, İzmir Kâtip Çelebi Üniversitesi, Su Ürünleri Fakültesi
Prof. Dr. Serhat KÜÇÜKALİ, Çankaya Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi
Prof. Dr. Temel ŞAHİN, Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi, Denizcilik Fakültesi
Prof. Dr. Aysun TÜRKMEN, Giresun Üniversitesi, Teknik Bilimler MYO
Prof. Dr. Cemalettin BALTACI, Gümüşhane Üniversitesi, Gıda Bilimleri ve Mühendisliği
Prof. Dr. Çoşkun ERÜZ, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Deniz Bilimleri Fakültesi
Prof. Dr. Ekrem Şanver ÇELİK, Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Deniz Bil. ve Tek. Fakültesi
Prof. Dr. Ayşegül ÇEBi, Giresun Universitesi, Sağlık Bilimleri Fakültesi
Prof. Dr. Fatih Şaban Beriş, Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi Fen Edebiyat Fakültesi
Prof. Dr. Hacer EMİRAL Karadeniz Teknik Üniversitesi, Deniz Bilimleri Fakültesi
Prof. Dr. Kenan GEDİK, Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi, MYO
Prof. Dr. M. Mustafa AKİNER Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi
Prof. Dr. Ülgen AYTAN, Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi, Su Ürünleri Fakültesi
Prof. Dr. Ahmet Raif ERYAŞAR, Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi, MYO
Prof. Dr. Arzu AYDIN UNCUMUSAOĞLU, Giresun Üniversitesi, Çevre Mühendisliği
Prof. Dr. Engin Derya GEZER, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Orman Fakültesi
Doç. Dr. İlhan YANDI, Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi, Denizcilik Fakültesi
Doç. Dr. Rahşan Evren MAZLUM, , Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi, Su Ürünleri Fakültesi
Doç. Dr. Tülay ÇAĞATAY, Akdeniz Üniversitesi, Su Ürünleri Fakültesi
Doç. Dr. Gülbin FİRİDİN GAZİ ÜNİVERSİTESİ, Fen bilimleri enstitüsü, Çevre ABD.
Doç. Dr. Şükrü ÖNALAN, Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Su Ürünleri Fakültesi
Doç. Dr. Muhammed DUMAN, Uludağ Üniversitesi, Veteriner Fakültesi
Doç. Dr. Erhan ÇİLOĞLU, Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi, Denizcilik Fakültesi
Doç. Dr. Fatma Delihasan SONAY, Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi, Su Ürünleri Fakültesi
Doç. Dr. Gökhan KALAYCI, Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi, Su Ürünleri Fakültesi
Doç. Dr. Koray ÖZŞEKER, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Deniz Bilimleri Enstitüsü
Doç. Dr. Oğuz KURDOĞLU, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Orman Fakültesi
Doç. Dr. Ömer Lütfü ÇORBACI, Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi, Müh. ve Mimarlık Fakültesi
Doç. Dr.Nimet Selda BAŞCINAR, Su Ürünleri Merkez Araştırma Enstitüsü
Dr. Hakan KARAOĞLU, Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi, Su Ürünleri Fakültesi
Dr. Ayşe DEMİRBAŞ, Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi, Su Ürünleri Fakültesi
Dr. Münevver ORAL, Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi, Su Ürünleri Fakültesi
Dr. Öğ. Üyesi Salih KUMRU, Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi, Su Ürünleri Fakültesi
Dr. Öğ. Üyesi Şafak KALINDAMAR, Ordu Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi

Yönetim Yeri Adres / *Address*
Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi, Su Ürünleri Fakültesi,
Zihni Derin Yerleşkesi, Fener Mah., 53100, Rize / Turkey.
Tel: 90 464 223 33 895-1438 ve 1436
Fax: 90 464 223 41 18
İletişim: verepoglu@gmail.com, anatolianacademicsciense@hotmail.com

Yayın Türü: Yaygın süreli ve hakemli
Yayın Tarihi: 31.12.2024

Tüm hakları saklıdır. Bu Derginin tamamı ya da Dergide yer alan bilimsel çalışmaların bir kısmı ya da tamamı 5846 sayılı yasanın hükümlerine göre Anadolu Çevre ve Hayvancılık Bilimleri Dergisi sahibi yazılı izni olmaksızın elektronik, mekanik, fotokopi ya da herhangi bir kayıt sistemiyle çoğaltılamaz, yayımlanamaz.

İnternet Adreslerimiz / *Web Addresses*
http://dergipark.gov.tr/jaes

Journal of Anatolian Environmental and Animal Sciences
Cilt /*Volume:* **9**, Sayı / *Number*: **4**, Yıl / *Year*: **2024**
(*Anadolu Çevre ve Hayvancılık Bilimleri Dergisi*)
Üç ayda bir yayımlanır / Published every three monthly.
E-ISSN: 2548-0006

JAES
AÇEH

İÇİNDEKİLER / *TABLE OF CONTENTS*

	MakaleTürü *Article Type*	Sayfa No *Page No*
Pyrus elaeagrifolia ve Crithmum maritimum L. meyve ve yaprak-gövde özütlerinin antibakteriyel, antioksidan, antidiyabetik potansiyelleri ve kimyasal bileşimi.	Araştırma	
Antibacterial, antioxidant, antidiabetic potentials and chemical composition of *Pyrus elaeagrifolia* and *Crithmum maritimum* L. fruit and leaf-stem extracts.	Research	**493-500**
Melis SÜMENGEN ÖZDENEFE, Fikret BÜYÜKKAYA KAYIŞ & Hatice Aysun MERCİMEK TAKCI		
Import and export dynamics of fishing hooks and equipment in Türkiye: A twenty-year analysis.	Research	
Türkiye'de olta iğneleri ve ekipmanları ithalat ve ihracat dinamikleri: Son yirmi yıllık analiz.	Araştırma	**501-507**
Sevil DEMIRCI		
The anti-proliferative activity of lyophilised medicinal leech (*Hirudo Verbana*) saliva extract on breast cancer cell line (MCF-7).	Research	
Liyofilize tıbbi sülük (*Hirudo Verbana*) tükürük ekstraktının meme kanseri hücre hattı (Mcf-7) üzerindeki anti-proliferatif aktivitesi.	Araştırma	**508-513**
Özgen TURAL & Hüseyin AYHAN		
Investigation of apoptosis-mediated cytotoxic effects of royal jelly on HL-60 cells.	Research	
Arı sütünün HL-60 hücreleri üzerindeki apoptoz aracılı sitotoksik etkilerinin araştırılması.	Araştırma	**514-520**
Hasan ULUSAL1, Mehmet Akif BOZDAYI, Hatice Kübra YIGIT DUMRUL, Melek Sena TARAKÇIOĞLU & Abdullah TAŞKIN		
Examination of ecosystem services: A case study of amasya university hakimiyet campus.	Research	
Ekosistem Hizmetlerinin Amasya Üniversitesi Hâkimiyet Yerleşkesi Örneğinde İrdelenmesi.	Araştırma	**521-527**
Sultan Sevinç KURT KONAKOGLU, Kadir Tolga CELİK, Tuğba USTÜN TOPAL, Öner DEMİREL & Meryem Bihter BİNGÜL BULUT		
Rize yöresinde yetiştirilen gökkuşağı alabalıklarında *(Oncorhynchus mykiss* Walbaum, 1792*)* Parazitlerin Araştırılması.	Araştırma	
Investigation of parasites in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss* Walbaum, 1792) reared in Rize region.	Research	**528-535**
Meltem ÖZER & Gökmen Zafer PEKMEZCİ		
Rize'nin damarlı bitki çeşitliliği ve korunması.	Araştırma	
The vascular plant diversity and conservation of Rize.	Research	**536-557**
Vagif ATAMOV, Abdulkadir SÜZEN, Esra DEMİR & Hüseyin BAYKAL		
An overview of the ımpacts of climate change: ınvestigation of precipitation, temperature anomaly and effects on water resources in Turkey.	Research	
İklim değişikliğinin etkilerine genel bir bakış: Türkiye'de yağış, sıcaklık anomalisi ve su kaynakları üzerine etkilerinin incelenmesi.	Araştırma	**558-569**
Meral KORKMAZ		
Determination of the entomopoxviruses viral titer by quantitative real time PCR (qPCR)	Research	
Entomopoxvirüslerin viral titresinin kantitatif gerçek zamanlı PCR (qPCR) ile belirlenmesi.	Araştırma	**570-576**
Erkan Anil AYDIN & Cihan INAN		
Su ürünleri yetiştiriciliğinin bölgesel kalkınmada önemi: Elazığ ili örneği.	Araştırma	
The ımportance of aquaculture in regional development: The case of Elazığ province.	Research	**577-581**
Hamdi AYDIN & İlhan YANDI		
Determination of antimicrobial activity and MIC Value of tannic acid against four different fish pathogens.	Research	
Tannik asidin dört farklı balık patojenine karşı antimikrobiyal aktivitesinin ve MİK değerinin belirlenmesi.	Araştırma	**582-589**
Zeynep DENGİZ BALTA &Fikri BALTA		
Antibiofilm, antidiabetic and antioxidant potentials of *Vitis labrusca* L. skin extracts.	Research	
Vitis labrusca L. Kabuk Ekstraktlarının Antibiyofilm, Antidiyabetik ve Antioksidan Potansiyelleri.	Araştırma	**590-597**
Uğur KARDİL, Zeynep AKAR & Azer ÖZAD DÜZGÜN		
Effects of liquid vermicompost usage on system operational success in aquaponic systems.	Research	
Sıvı solucan gübresi kullanımının akuaponik sistemlerde sistem işletim başarısı üzerine etkileri.	Araştırma	**598-606.**
Abidin KÜÇÜKAĞTAŞ1 & İlker Zeki KURTOĞLU		
Kentsel Alanlarda sigara izmariti yoğunluğu ve dağılımının incelenmesi: Kampüs alanları için sigara izmariti kirlilik indeksi geliştirilmesi.	Araştırma	
Investigation of cigarette butt density and distribution in urban areas: Development of a cigarette butt pollution index for campus areas.	Research	**607-615**
Yusuf ESMER, Tuğba KAYA, Ceyhun AKARSU & Nüket SİVRİ		
Extraction and characterisation of type I collagen from the scales of redcoat *Sargocentron rubrum* (Forsskål, 1775).	Research	
Asker balığı Sargocentron rubrum (Forsskål, 1775) Pullarından Tip I Kolajen Ekstraksiyonu ve Karakterizasyonu.	Araştırma	**616-622**
Servet Ahmet DOĞDU, Cemal TURAN &Tolga DEPCİ		
Arıtma çamuru ve gıda endüstrisi atıklarından karanlık fermentasyon ile biyohidrojen üretimi: Substrat derişiminin etkisi.	Araştırma	
Biohydrogen production from sewage sludge and fruit juice ındustry wastes by dark fermentation: Effect of various substrate concentrations.	Research	**623-631**
Habibe Elif GÜLŞEN AKBAY		
Yaşlı dostu kent kapsamında bolu kent merkezinde mahalle parklarına mekânsal erişilebilirliğin değerlendirilmesine yönelik Cbs tabanlı bir yaklaşım.	Araştırma	**632-640**
A GIS-based approach for evaluating spatial accessibility to neighborhood parks in the bolu city center within the scope of age-friendly cit	Research	
Kıymet Pınar KIRKIK AYDEMİR, Gamze KAZANCI & Nihat KARAKUŞ		
The effects of propolis on the developmental stages and biochemıcal composıtion of *Musca domestica* Linnaeus, 1758 (Diptera: Muscidae).	Research	
Propolisin *Musca domestica* Linnaeus, 1758 (Diptera: Muscidae)'nın gelişim evreleri ve biyokimyasal kompozisyonu üzerine etkileri.	Araştırma	**641-647**
Melisa SAMUR & Meltem KÖKDENER		
İstanbul'da kentsel arka planda atmosferik siyah karbon konsantrasyon değişiminin değerlendirilmesi.	Araştırma	
Assessment of atmospheric black carbon concentration change in urban background in Istanbul.	Research	**648-659.**
Zehra ÇOLAK, Burcu ONAT, Melike S. COŞGUN, Burcu UZUN AYVAZ, Coşkun AYVAZ, S. Levent KUZU, Elif YAVUZ, Hilal ÇETİN, Zeynep FİDAN & Ülkü ALVER ŞAHİN		
Aylık su talebinin tahmininde veri büyüklüğünün etkisinin değerlendirilmesi; Ankara (Etimesgut) örneği.	Araştırma	
Evaluation of the effect of data size on monthly water demand estimation; Ankara (Etimesgut) case study.	Research	**660-668**
Kamil AYBUĞA & Aysel Gamze YÜCEL IŞILDAR		
Ulutaş mahallesinin (İspir/ERZURUM) botanik kompozisyonu ve mera durumunun belirlenmesi.	Araştırma	
Determination of botanical composition and pasture status of Ulutaş neighborhood (İspir/ERZURUM).	Research	**669-675**
Hüseyin BAYKAL, Muhammed İkbal ÇATAL & Adil BAKOĞLU		
Ekotasarım stratejileri ile pop-art sandalye tasarımlarının karbon ayak izinin azaltılması.	Araştırma	
Reducing carbon footprint of pop-art chair designs by ecodesign strategies.	Research	**676-686**
Çağrı ULUDÜZ, Serkan SİPAHİ & Neslihan KULÖZÜ		
Radiographic imaging and osteometric analysis os penis in red fox *(Vulpes vulpes).*	Research	
Kızıl tilki (*Vulpes vulpes*) os penisinin radyografik görüntülenmesi ve osteometrik analizi.	Araştırma	**687-690**
Yeşim ASLAN KANMAZ & Saime Betül BAYGELDİ		
Sakarya ilinde içme ve kullanma sularından izole edilen *Escherichia coli* suşlarının antibiyotik direnç durumlarının belirlenmesi.	Araştırma	
Determination of antibiotic resistance status of *Escherichia coli* strains ısolated from drinking and usage water in sakarya province.	Research	**691-696**
Naşide DONMEZ, Elmas Pınar KAHRAMAN KILBAŞ & İhsan Hakkı ÇİFTCİ		
Çayırözü mahallesine ait meraların (İspir/Erzurum) toprağı kaplama oranı, botanik kompozisyon ve mera kalitesinin belirlenmesi.	Araştırma	
Determination of canopy coverage rate, botanical composition and pasture quality of pastures of Çayırözü neighborhood (İspir/Erzurum).	Research	**697-702**
Muhammed İkbal ÇATAL1, Hüseyin BAYKAL & Adil BAKOĞLU		
The association of diesel vehicle emissions and diesel passenger car preferences with cancer and chronic respiratory airway disease deaths in Türkiye: An ecological study.	Research	
Türkiye'de dizel araç emisyonları ve dizel binek araç tercihlerinin kanser ve kronik solunum yolu hastalığı ölümleriyle ilişkisi: Ekolojik bir çalışma.	Araştırma	**703-710**
Ömür GÜNGÖR & Özge ÖZATA GÜNGÖR		

İÇİNDEKİLER / TABLE OF CONTENTS

	MakaleTürü Article Type	Sayfa No Page No
Effect of different storage conditions and ınfusion times on antioxidant and antimicrobial activites and total phenolic content of rosehip fruits.	Araştırma	
Farklı Saklama Koşulları ve İnfüzyon Sürelerinin Kuşburnu Meyvelerinin Antioksidan ve Antimikrobiyal Aktiviteleri ile Toplam Fenolik İçeriği Üzerine Etkisi.	Research	**711-720**
Münevver DARAK, Kağan KILINÇ, Zeynep AKAR, Azer ÖZAD DÜZGÜN, Tuba ACET, Mustafa Nuri URAL, Cemalettin BALTACI & Osman AKMEŞE		
Melyat deresi havzası bazı arazi karakteristikleri ve yerleşim düzeninin konumsal değişimi.	Araştırma	
Spatial analysis of land characteristics and settlement patterns in melyat stream basin.	Research	**721-727**
Turan YÜKSEK & Ali Erdem ÖZÇELİK		
Cyprinus carpio ile elde edilen surimi tozundan üretilen krakerlerin buzdolabı koşullarında raf ömrünün belirlenmesi.	Araştırma	
The determination of shelf life of crackers produced from surimi powder obtained with *Cyprinus carpio* in refrigerator conditions.	Research	**728-733**
Nermin KARATON KUZGUN		
Updated fish fauna of Karpuz and Ilıca streams in Antalya region.	Research	
Antalya bölgesi'ndeki Karpuz ve Ilıca derelerinin güncellenmiş balık faunası.	Araştırma	**734-739**
Irmak KURTUL		
Borçka baraj gölü'ndeki (Artvin) tatlısu kefali'nin (*Squalius orientalis* Heckel, 1847) bazı üreme özellikleri.	Araştırma	
Some reproductive characteristics of the chub (*Squalius orientalis* Heckel, 1847) in Borçka dam lake (Artvin).	Research	**740-746**
Yunus DEDEOĞLU, Tuncay YEŞİLÇİÇEK & Ferhat KALAYCI		
Possible negative effects of the *Calacarus Carinatus* (Prostigmata: Eriophyidae) on the first harvesting of tea in Eastern Black Sea Area (Türkiye).	Research	
Doğu Karadeniz Bölgesi (Türkiye)'nde ilk çay hasadı üzerine *Calacarus carinatus* (Prostigmata: Eriphyidae)'un olası olumsuz etkileri.	Araştırma	**747-753**
Muhammet Mustafa AKINER & Feyza YAZICI		
Hydrocortisone and vitamin B12 protect SHSY-5Y cells against glutamate excitotoxicity by altering VIP and GAL levels.	Research	
Hidrokortizon ve B12 vitamini VIP ve GAL düzeylerini değiştirerek SHSY-5Y hücrelerini glutamat eksotoksisitesine karşı korur.	Araştırma	**754-761**
Sidika GENC, Kubra KARABULUT, Esmanur NIGDE & Ali TAGHIZADEHGHALEHJOUGHI		
Determination of intra-population and inter-cultivar genetic similarity of tea genotypes in Ordu province.	Research	
Ordu ilindeki çay genotiplerinin populasyon içi ve kültüvarlar arası genetik benzerliğinin belirlenmesi.	Araştırma	**762-767**
Ali İSLAM, Muharrem YILMAZ, Selim KARAGÖL & Fatih Şaban BERİŞ		
Damsa barajı'nın (Nevşehir, Türkiye) ekolojik durumunun trofik sınıflandırma indeksleri, mekansal ve istatistiksel teknikler kullanılarak değerlendirilmesi	Araştırma	
Assessment of ecological status of damsa dam (Nevşehir, Türkiye) using trophic classification indexes, geospatial and statistical techniques.	Research	**768-775**
Erkan KALIPCI, Hüseyin CÜCE & Mehmet Ali DERELI		
Artvin Maden köyü'nün doğal - kültürel mirasının korunması, tanıtılması ve ekolojik turizme kazandırılması.	Araştırma	
Protection and promotion of the natural and cultural heritage of the Artvin Maden village and ecological tourism.	Research	**776-784**
Reyhan AKAT & Birgül ÇAKIROĞLU		
Monitoring sea level changes along the coast of Rize, Turkey throughout the year.	Araştırma	
Rize, Türkiye kıyılarında deniz seviyesi değişimlerinin yıl boyunca izlenmesi.	Research	**785-794**
Veli SÜME & Hasan Oğulcan MARANGOZ		
Environmental literacy of generations X, Y, and Z in a provincial center in Türkiye: A descriptive-comparative study	Research	
Türkiye'de bir il merkezinde X, Y ve Z kuşaklarının çevre okuryazarlığı: Bir tanımlayıcı-karşılaştırmalı çalışma.	Araştırma	**795-805**
Deniz Sümeyye YORULMAZ DEMİR, Tuğba Nur Karakış & Esra YAVUZ		
Mobilya endüstrisinde kullanılan tropik kökenli bazı ağaç türlerinin en iyi yüzey pürüzlüğü, islanabilirlik ve enerji tüketimi için CNC parametrelerinin belirlenmesi.	Araştırma	
Determination of CNC Parameters for the Best Surface Roughness, Wettability, Energy Consumption of Some Wood Species of Tropical Origin Used in the Furniture Industry.	Research	**806-815**
Evren Osman ÇAKIROĞLU, Ümit BÜYÜKSARI & Taner TAŞDEMİR		
Rize ili atık su arıtma tesislerinde mikroplastik konsantrasyonlarının belirlenmesi.	Araştırma	
Determination of microplastic concentrations in Rize province wastewater treatment plants.	Research	**816-821**
Tolga AKDEMİR		
ICONA modeli kullanılarak toprak erozyonu riskinin tahmin edilmesi: Ankara ili örneği.	Araştırma	
Estimation of soil erosion risk using ICONA model: The case of Ankara.	Research	**822-831**
Nuriye Ebru YILDIZ & Barış KAHVECİ		
Chemical modification of black carbon black for coloring.	Research	
Renklendirmek için karbon siyahının kimyasal modifikasyonu	Araştırma	**832-838**
Sibel DIKMEN KUCUK & Halil Ibrahim UGRAS		
Farklı esansiyel yağlarla hazırlanmış balık (*Luciobarbus esocinus* (Heckel, 1843)) köftelerinin mikrobiyolojik ve duyusal kalitesi.	Araştırma	
The microbiological and sensory quality of fish (*Luciobarbus esocinus* (Heckel, 1843)) meatballs prepared with different essential oils.	Research	**839-846**
Yunus POLAT, Engin ŞEKER & Nermin KARATON KUZGUN		

Bu dergi ***ASOS index, Bielefeld Academic Search Engine (BASE), CAB Direct, CiteFactor, DRJI, Google Scholar, Index Copernicus, JournalTOCs, OpenAIRE, ProQuest, ROAD, Scientific Indexing Services, TR Dizin, Türkiye Atıf Dizini, WorldCAT*** *indeksleri tarafından taranmaktadır.*

This journal is indexed and abstracted in; ***ASOS index, Bielefeld Academic Search Engine (BASE), CAB Direct, CiteFactor, DRJI, Google Scholar, Index Copernicus, JournalTOCs, OpenAIRE, ProQuest, ROAD, Scientific Indexing Services, TR Dizin, Türkiye Atıf Dizini, WorldCAT.***

Journal of Anatolian Environmental and Animal Sciences
(*Anadolu Çevre ve Hayvancılık Bilimleri Dergisi*)
DOI: https://doi.org/10.35229/jaes.1511026

JAES
Year: 9, No: 4, 2024 (493-500)
AÇEH
Yıl: 9, Sayı: 4, 2024 (493-500)

ARAŞTIRMA MAKALESİ **RESEARCH PAPER**

Pyrus elaeagrifolia ve *Crithmum maritimum* L. Meyve ve Yaprak-Gövde Özütlerinin Antibakteriyel, Antioksidan, Antidiyabetik Potansiyelleri ve Kimyasal Bileşimi

Melis SÜMENGEN ÖZDENEFE[1*], Fikret BÜYÜKKAYA KAYIŞ[2] Hatice Aysun MERCİMEK TAKCI[3]
[1*] *Yakın Doğu Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Biyomedikal Mühendisliği, Lefkoşa, Kuzey Kıbrıs Türk Cumhuriyeti, Mersin 10, Türkiye*
[2] *Adıyaman Üniversitesi, Sağlık Hizmetleri Meslek Yüksekokulu, Tıbbi Hizmetler ve Teknikler Bölümü, Adıyaman, Türkiye*
[3] *Kilis 7 Aralık Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi, Moleküler Biyoloji ve Genetik Bölümü, Kilis, Türkiye*

Received: *08.07.2024* ***Accepted:*** *08.10.2024* ***Puplished:*** *31.12.2024*

Atıf yapmak için: **Sümengen Özdenefe, M., Büyükkaya Kayış, F. & Mercimek Takcı, H.A. (2024).** *Pyrus elaeagrifolia* ve *Crithmum maritimum* L. Meyve ve Yaprak-Gövde Özütlerinin Antibakteriyel, Antioksidan, Antidiyabetik Potansiyelleri ve Kimyasal Bileşimi. *Anadolu Çev. ve Hay. Dergisi*, ***9***(4), 493-500. https://doi.org/10.35229/jaes.1511026

How to cite: **Sümengen Özdenefe, M., Büyükkaya Kayış, F. & Mercimek Takcı, H.A. (2024).** Antibacterial, Antioxidant, Antidiabetic Potentials and Chemical Composition of *Pyrus elaeagrifolia* and *Crithmum maritimum* L. Fruit and Leaf-Stem Extracts. *J. Anatolian Env. and Anim. Sciences*, ***9***(4), 493-500. https://doi.org/10.35229/jaes.1511026

: https://orcid.org/0000-0003-0804-9557
: https://orcid.org/0000-0002-3890-1635
: https://orcid.org/0000-0002-3388-1153

***Sorumlu yazar:**
Melis SÜMENGEN ÖZDENEFE
Yakın Doğu Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Biyomedikal Mühendisliği, Lefkoşa, Kuzey Kıbrıs Türk Cumhuriyeti, Mersin 10 Türkiye
✉: melissumengen@gmail.com

Öz: Bu çalışmanın amacı, Kuzey Kıbrıs Türk Cumhuriyeti'nden (KKTC) toplanan *Pyrus elaeagrifolia* ve *Crithmum maritimum* L. meyve ve yaprak-gövde özütlerinin kimyasal bileşimini ve antibakteriyel, antioksidan ve antidiyabetik bileşikler gibi potansiyelini araştırmaktır. Ağustos 2022'de Kuzey Kıbrıs'ın Girne ilçesinde *Pyrus elaeagrifolia*'nın meyvesi ve *Crithmum maritimum*'ın yaprak ve gövdesi toplandı. Meyve ve yaprak-gövde örneklerini ekstrakte etmek için metanol kullanıldı. Özütlerin antibakteriyel (Kirby-Bauer disk difüzyon yöntemi), antioksidan aktivitelerini (DPPH˙ radikal temizleme kapasitesi, Metal şelatlama aktivitesi, Fosfomolibdenyum metodu) ve antidiyabetik potansiyelini (α-amilaz aktivitesi) araştırmak için çeşitli yöntemler kullanıldı. İncelenen tüm mikroorganizmalar üzerinde, *Pyrus elaeagrifolia* ve *Crithmum maritimum* L. meyve ve yaprak-gövde metanol özütlerinin antibakteriyel aktivitesi yoktu. Toplam fenolik ve flavonoid içeriği, 1,1-difenil-2-pikrilhidrazil radikal süpürme aktivitesi, ferrik indirgeyici antioksidan gücü, metal şelatlama ve fosfomolibden deneylerinin tümü metanol özütleri ile aktifti. Özütler antidiyabetik etkinlik göstermedi. Elde edilen bulgulara göre, *Pyrus elaeagrifolia* ve *Crithmum maritimum* L. meyve ve yaprak-gövde özütlerinde antioksidan bileşenlerin bulunması, serbest radikallerin zararlı etkilerine karşı koruma sağlayabiliyor. Bu potansiyel özelliği nedeniyle Kuzey Kıbrıs'ta uygulanması daha da önem kazanmaktadır.

Keywords: Biyoaktif bileşikler, *Crithmum maritimum* L., Kuzey Kıbrıs, metanol özütü, *Pyrus elaeagrifolia*.

Antibacterial, Antioxidant, Antidiabetic Potentials and Chemical Composition of *Pyrus elaeagrifolia* and *Crithmum maritimum* L. Fruit and Leaf-Stem Extracts

***Corresponding author:**
Melis SÜMENGEN ÖZDENEFE
University of Near East, Faculty of Engineering, Biomedical Engineering, Nicosia, Turkish Republic of Northern Cyprus, Mersin 10 Türkiye
✉: melissumengen@gmail.com

Abstract: The purpose of this study is to investigate the chemical composition and potentiality of *Pyrus elaeagrifolia* ve *Crithmum maritimum* L. fruit and leaf-stem extracts collected from the Turkish Republic of Northern Cyprus (TRNC), such as antibacterial, antioxidant, and antidiabetic compounds. In August 2022, a fruit and leaf-stem of *Pyrus elaeagrifolia* and *Crithmum maritimum* L. were gathered in the Kyrenia district of Northern Cyprus. Methanol was used to extracts the fruit and leaf-stem samples. Several methods were used to investigate the extract's antibacterial, antioxidant activities, and antidiabetic potential. On all microorganisms examined, the fruit and leaf-stem methanol extracts of *Pyrus elaeagrifolia* and *Crithmum maritimum* L. had no antibacterial activity. Total phenolic and flavonoid content, 1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl radical scavenging activity, ferric reducing antioxidant power, metal chelating, and phosphomolybdenum assays were all active with the methanol extract. The extract showed no antidiabetic efficacy. According to the findings, the presence of antioxidant components in *Pyrus elaeagrifolia* and *Crithmum maritimum* L. fruit and leaf-stem extracts can protect against the detrimental effects of free radicals. Its application in Northern Cyprus becomes even more crucial as a result of this potential feature.

Anahtar kelimeler: Bioactive compounds, *Crithmum maritimum* L., methanol extract, Northern Cyprus, *Pyrus elaeagrifolia*.

GİRİŞ

Meyve ve yapraklı sebzeler hem insan hem de hayvan beslenmesini tamamlamak için gereklidir. Yenilebilen sebzeler, vücudun besleyici bileşenlerinin canlı örnekleridir. Hastalığa yol açan patojenlere karşı fizyolojik olarak aktif olan biyoaktif maddelere sahip oldukları bildirilmektedir (Ahmed vd., 2013; Iqbal vd., 2012; & Sunday vd., 2021).

Pyrus elaeagrifolia taksonomik olarak Rosaceae familyasının Pomoideae alt familyasında yer almaktadır (Donmez Sahın vd., 2016; Gültekin vd., 2006; Sagbas vd., 2021; Yilmaz vd., 2015a & Ülker Yerlıtürk vd., 2008). *Pyrus elaeagrifolia*, 'Ahlat' adı ile bilinen Anadolu'da yaygın şekilde yetiştirilen yabani bir armut türüdür. Bazı yörelerde halk dilinde aklap, alfat, argun, banda, çakal armudu, çöğür, çördük, çövür, dağ armudu, dığdığı, dızdığı, gelinboğan, haliç, kerte, kohoz, panta, şekok, zingit gibi isimlerle bilinmektedir (Gültekin vd., 2006; Murathan vd., 2019, Sagbas vd., 2021; & Yilmaz vd., 2015b). Anayurdu Anadolu olarak bildirilen ahlatın (*P. elaeagrifolia*) dağılım alanı Kuzey Kıbrıs Türk Cumhuriyeti, Türkiye, Ukrayna, Arnavutluk, Bulgaristan, Kırım, Amerika Birleşik Devletleri, Kanada, Almanya, Romanya ve Yunanistan'dır (Donmez Sahın vd., 2016; Murathan vd., 2019; Sagbas vd., 2021; Yilmaz vd., 2015a; Yilmaz vd., 2015b & Ülker Yerlıtürk vd., 2008). Olgunlaşıp hasat edildikten sonra aromatik meyve yumuşak ve yenilebilir hale gelir (Sagbas vd., 2021). Tanen, şeker, polifenol, mineral, organik asit, pektin, karoten, C, E ve B vitamini gibi çeşitli bileşikler meyvelerinin içeriğinde bulunmaktadır. Organik asitler meyvelerin tadı ve besin kalitesinin önemli göstergeleridir (Kırca vd., 2023 & Murathan vd., 2019). Halk arasında astımda, böbrek hastalıklarında, dişeti hastalıklarında, göz hastalıklarında, ishalde, kalp hastalıklarında, rahim iltihabında, böcek sokmalarında ve zehirli yılan ısırıklarının detoksifikasyonunda kullanılmaktadır (Murathan vd., 2019 & Sagbas vd., 2021).

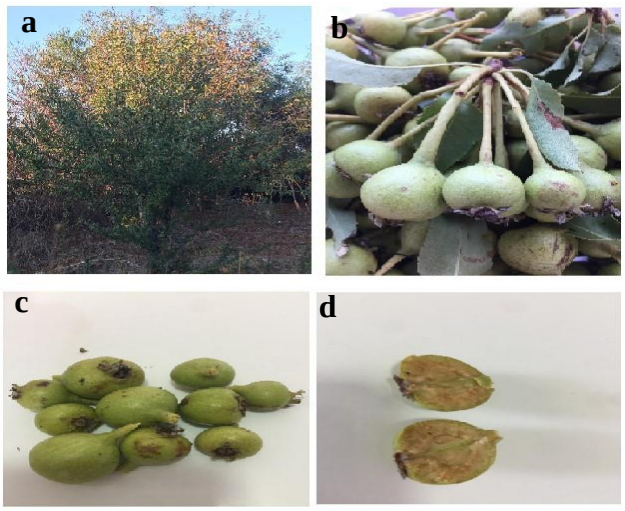
Crithmum maritimum L., Apiaceae (Umbelliferae) botanik familyasına ait aromatik bir halofit bitkisidir. Bu halofit *Crithmum* cinsinin tek temsilcisidir. Akdeniz ve Karadeniz kıyılarında yetişmesinin yanında aynı zamanda Atlantik ve Pasifik kıyılarına da dağılmıştır. Dünyanın her yerinde kıyılarda yetişir, ancak özellikle Fransa, İtalya, Portekiz, İspanya ve Türkiye ve Kuzey Kıbrıs Türk Cumhuriyeti'nin kıyı bölgelerinde bol miktarda bulunmaktadır. Bitki kıyı kayalarında ve kumsallarda yetiştiği için nispeten farklı ülkelerde 'Deniz rezenesi, Deniz teresi, Girdama, Kaya koruğu, Kritmo ve Su rezenesi' olarak bilinmektedir (Dzhoglova vd., 2024; Eren & Sarper, 2023; Generalic Mekinic vd., 2024; Kraouia vd., 2023; Martins-Noguerol vd., 2022; Pedreiro vd., 2023; Politeo vd., 2023 & Turan vd., 2020). Kuzey Kıbrıs Türk Cumhuriyeti'nde halk tarafından turşusu yapılarak, omlet şeklinde, kaynatılıp yoğurt ve sarımsak ile birlikte meze şeklinde tüketilmektedir (Kaya Yıldırım, 2010). Halk hekimliğinde insanlar idrar söktürücü ve gaz giderici özellikleri ve iskorbüt tedavisi için *C. maritimum* L.'yi kullanmışlardır. Geçmişte bitkinin toprak üstü kısımlarından elde edilen özüt, mide-bağırsak bozuklukları, idrar söktürücü, öksürük, soğuk algınlığı, cilt yaralanmaları, iltihaplanma, karaciğer ve ürogenital hastalıklar, C vitamini içeriği nedeniyle sadece tedavi amaçlı değil, aynı zamanda iskorbüt hastalığının önlenmesi için de kullanılıyordu. Ayrıca eski çağlardan beri *C. maritimum* L.'nin antihelmintik özellikleri nedeniyle kullanıldığı bilinmektedir. *C. maritimum* L. özütlerinin tedavi edici özellikleri, esas olarak fenolik asitler ve flavonoidler tarafından sunulan zengin fitokimyasal bileşimden kaynaklanmaktadır. Ayrıca *C. maritimum* L. özütünün gıda ve kozmetiklerde sentetik koruyuculara alternatif olarak kullanılabileceği düşünülmektedir. Bitki aynı zamanda şeker, organik asitler, mineraller, vitaminler, karotenoidler ve uçucu bileşikler içermektedir (Dzhoglova vd., 2024; Eren & Sarper, 2023; Generalic Mekinic vd., 2024; Kraouia vd., 2023; Pedreiro vd., 2023; Politeo vd., 2023 & Turan vd., 2020).

Kuzey Kıbrıs'ta yetişen *P.elaeagrifolia* ve *Crithmum maritimum* L. türleriyle ilgili olarak biyokimyasal aktivite yönünden daha önce herhangi bir çalışma yapılmamış olması çalışmamızın önemini artırmaktadır. Biyokimyasal içerik yönü dikkate alındığında bitkiler, iklim ve toprak koşullarının etkisindedir. Bu durum gözönünde bulundurulduğunda çalışmamızın amacı Kuzey Kıbrıs'ta yetişen *P.elaeagrifolia* ve *Crithmum maritimum* L. türüyle ilgili olarak metanolik özütlerin antibakteriyel, antioksidan, ve antidiyabetik özelliklerini incelemektir.

MATERYAL VE YÖNTEM

Bitki Materyali Toplama ve Hazırlık: *P.elaeagrifolia'*nın meyvesi (35°20′35′′N 33°17′09′′E 23 m) ve *Crithmum maritimum* (35°20′49′′N 33°17′00′′E 6 m) yaprak-gövde kısımları, Ağustos 2022'de Kuzey Kıbrıs'ın Girne bölgesinden toplanmıştır (Şekil 1, Şekil 2). Numunelerin toplam yaş ağırlığı *P.elaeagrifolia'*nın meyvesi için 1560 gram, *Crithmum maritimum* yaprak-gövde kısımları için 1880 gr olarak tartılmıştır. Daha sonra meyveler ikiye bölünüp, yaprak-gövde kısımları direkt 50°C'lik fırında altı saat kurutulmuştur. Numunelerin genel kuru ağırlığı *P.elaeagrifolia'*nın meyvesi için 920 gram, *Crithmum maritimum* yaprak-gövde kısımları için 240 gr olarak tartılmıştır. İleride yapılacak analizler için,

kurutulmuş toz haline getirilmiş numuneler +4 °C'de buzdolabında muhafaza edilmiştir.



Şekil 1. *P.elaeagrifolia*'nın ağacı (a) ve metanol özütü hazırlanırken kullanılan meyve kısmı (b, c ve d).
Figure 1. The tree of *P.elaeagrifolia* (a) and the fruit part (b, c and d) used in the preparation of methanol extract.

Şekil 1. *Crithmum maritimum*'un metanol özütü hazırlanırken kullanılan yaprak-gövde kısmı.
Figure 1. Leaf-stem part used in the preparation of methanol extract of *Crithmum maritimum*.

***Ekstraksiyon*:** Metanol (1:10 [ağırlık/hacim]), *P.elaeagrifolia'*nın meyvesi ve *Crithmum maritimum* yaprak-gövde kısımlarını oda sıcaklığında, çalkalama koşulları altında 72 saat boyunca ekstrakte etmek için kullanılmıştır. Ekstraksiyon için 10 g *P.elaeagrifolia* meyvesi tozu ve *Crithmum maritimum* yaprak-gövde kısımları tozu kullanılmıştır. Daha sonra özütleri filtrelemek için Wattman No. 4 kağıdı kullanılmıştır. Kimyasal ve biyolojik incelemeler için özütler +4°C'de saklanmıştır.

***Antibakteriyel aktivite*:** Özütlerin antibakteriyel aktivitesi Mueller Hinton Agar (MHA) üzerinde, Klinik Laboratuvar Standart Enstitüsü (CLSI) önerilerine göre Kirby-Bauer disk difüzyon yöntemine bağlı onaylanmış teknik kullanılarak değerlendirilmiştir. (CLSI, 2012 & Owusu vd., 2021). Bulanıklık, gecelik bakteri kültürleri için McFarland standart referans aralığı olan 0,5'e ayarlanmıştır. Her bir mikrobiyal süspansiyondan 10 µL'lik bir pipetle MHA'ya ilave edilmiş ve daha sonra ahşap bir pamuklu aplikatör çubuğu ile yüzeye eşit şekilde uygulanmıştır. 10 µL özütle emdirilmiş steril boş diskler birbirinden ayrı yerleştirilmiştir. İnokulasyonun ardından petriler 37°C'de 12-24 saat inkübe edilmiştir. Daha sonra diskleri çevreleyen inhibisyon bölgeleri ölçülmüştür. *Staphylococcus aureus* ATCC 25923 için metisilin (M; 5 µg/disk), *Salmonella typhimurium* ATCC 14028 ve *Escherichia coli* ATCC 25922 için Eritromisin (E; 15 µg/disk) pozitif kontrol olarak kullanımıştır. Negatif kontrol olarak metanol kullanılmıştır.

Toplam Fenolik ve Toplam Flavonoid İçerik: Toplam fenolik içeriği belirlemek için Folin-Ciocalteu kolorimetrik prosedürü uygulanmıştır. Toplam fenolik içerik, gallik asit eşdeğerleri (mg GAE)/g olarak ifade edilmiştir (Stanković, 2011). Sharma ve Vig yöntemini kullanarak toplam flavonoid içeriği hesaplanmıştır. Toplam flavonoid içeriği, mg rutin eşdeğeri (mg RE)/g olarak ifade edilmiştir (Sharma & Vig, 2013).

Antioksidan Aktivite Analizleri

DPPH˙ (1,1-difenil-2-pikrilhidrazil) radikal temizleme kapasitesi: Blois (1958), Uçan Türkmen ve Mercimek Takci, (2018), serbest radikal temizleme yönteminin, numunelerin DPPH reaktifini renksiz hale getirmek için elektron veya proton aktarma yeteneğine dayandığını belirtmiştir. 100 µL özütler, metanolde (0,1 mM) oluşturulan 3,9 mL DPPH reaktifinde (metanolde 0,025 g/L) çözündürülmüştür. Kimyasal reaksiyonun gerçekleşmesini sağlamak için bu karışım, oda sıcaklığında, karanlıkta 30 dakika bekletilmiştir. Karışımın absorbansı, inkübasyondan sonra 517 nm'de spektrofotometrik olarak ölçülmüştür (Biochrom, Libra S60, B, İngiltere). Trolox eşdeğeri (mg TE/g) cinsinden, DPPH temizleme aktivitesi metanole karşı ölçülmüştür (Blois, 1958; Uçan Türkmen & Mercimek Takci, 2018).

Demir indirgeme kapasitesi: Özütlerdeki antioksidan bileşiklerin Fe^{+3}'ü Fe^{+2}'ye indirgeme yeteneği bu analizde değerlendirilmiştir (Oyaizu, 1986). Reaksiyon karışımına $FeCl_3$ eklendiğinde ortaya çıkan Prusya mavisi rengi absorbans açısından test edilmiştir. Özütler (1 mL), 2,5 mL %1 potasyum $K_3Fe(CN)_6$ ve 2,5 mL 0,2 M sodyum fosfat tamponu (pH 6,6) ile karıştırılmıştır. Bu karışım 20 dakika boyunca 50°C'de inkübe edildi. Aktiviteyi durdurmak için %10 trikloroasetik asit (TCA) eklenmiş ve karışım 2500 rpm'de 10 dakika santrifüj edilmiştir. 2,5 mL süpernatant'a eşit hacimde damıtılmış su ve 0,5 mL $FeCl_3$ (%0,1) ilave edilmiştir. 700 nm'de karışımın absorbansı ölçülmüştür (Biochrom, Libra S60, B, İngiltere). Özütlerin

indirgeme kapasitesi Trolox eşdeğerleri (µg TE/g) cinsinden tanımlanmıştır.

Metal şelatlama aktivitesi: Dinis ve arkadaşları (1994), özütlerin Fe^{+2} şelatlama potansiyelini değerlendirmek için geliştirdikleri yöntemin temeli, özütlerin metal bağlayıcı molekülleri ile ferrozin (güçlü bir demir kenetleme maddesi) arasındaki çatışmadır. Yüksek metal iyonu bağlama kapasitesine sahip bileşikler, kırmızı ferrozin/Fe^{+2} kompleksi oluşumunu engellemektedir. 100 µL 2 mM $FeCl_2$, 3,7 mL damıtılmış su ve 1 mL özütler birleştirilmiştir. Reaksiyon oda sıcaklığında 30 dakika inkübe edildikten sonra 200 µL 5 mM ferrozin ilave edilmiştir. Karışım daha sonra 10 dakika boyunca çalkalanmıştır. Karışımın absorbansı 562 nm'de ölçülmüştür (Biochrom, Libra S60, B, İngiltere). İnhibisyon yüzdesi (%) olarak şelatlama aktivitesi aşağıdaki formül kullanılarak belirlenmiştir (Dinis vd., 1994).

$$\% \text{ şelatlama aktivitesi} = (1-(A_{örnek}/A_{kontrol})) \times 100$$

Fosfomolibdenyum metodu: Toplam antioksidan kapasiteyi belirlemek için fosfomolibden tekniği kullanılmıştır (Zengin vd., 2014). 4 mM amonyum molibdat, 28 mM sodyum fosfat ve 0,6 M sülfürik asit içeren 3 mL reaktif çözelti, 300 µL özütlere ilave edilmiştir. 95°C'de 90 dakika inkübasyonun ardından absorbans 695 nm'de ölçülmüştür (Biochrom, Libra S60, B, İngiltere). Toplam antioksidan kapasite, Trolox eşdeğerleri (µg/TE g) kullanılarak belirtilmiştir. Her analiz en az üç kez tekrar şeklinde gerçekleştirilmiştir.

α-amilaz aktivitesi: 1 mL özüt, 1 mL 20 mM sodyum fosfat tamponu (pH: 6.9) ve 1 mL %1 a/h nişasta çözeltisi içeren karışım 37°C'de 5 dakika süreyle inkübe edilmiştir. Daha sonra bu karışıma 1 mL α-amilaz çözeltisinin eklenmesiyle reaksiyon başlatılmıştır. 30 dakika inkübasyonun ardından reaksiyon, 1 mL renk reaktifi (96 mM 3,5-dinitrosalisilik asit çözeltisi, 2 M NaOH ve 5.31 M sodyum potasyum tartrat çözeltisi) ile sonlandırılmıştır. 540 nm'de 5 dakika kaynatılan bu karışımın absorbansı ölçülmüştür (Biochrom, Libra S60, B, İngiltere) (Başyiğit vd., 2020). Tüm analizler üç kez tekrarlanmıştır.

BULGULAR

Pyrus sp. ve *Crithmum* sp. özütlerinin fitokimyasal incelemeleri Tablo 1'de gösterilmiştir. Folin-Ciocalteu (FC) ayıracının kullanıldığı kolorimetrik yöntemlerle sürdürülen analizlerde en yüksek total fenolik içerik *Pyrus* sp. metanolik özütte 72.5 mg gallik asit eşdeğeri (GAE)/100 g olarak belirlenmiştir. *Crithmum* sp. metanolik yaprak-gövde özütünde ise 61.6 mg gallik asit eşdeğeri (GAE)/100 g düzeyinde rapor edilmiştir. Total flavonoid açısından değerlendirildiğinde, en yüksek içeriğe 0.014 mg rutin eşdeğeri (RE)/g ile *Crithmum* sp.'de rastlanmıştır.

Dört farklı standart spektrofotometrik (DPPH˙ radikal indirgeme kapasitesi, metal şelatlama, demir indirgeme kapasitesi (FRAP) ve fosfomolibdenyum) analizler ile özütlerin antioksidan aktivitesi test edilmiştir. Tablo 1'de gösterilen sonuçlara göre, DPPH˙ radikal giderme aktivitesi standart antioksidan olan troloks ile karşılaştırılarak mg troloks eşdeğeri (TE)/g olarak hesaplanmıştır. *Pyrus* sp. ve *Crithmum* sp. özütlerin DPPH˙'si sırasıyla %87 (0.56 mg TE/g) ve %85 (0.54 mg TE/g)'dir.

Tablo 1. *Pyrus* sp. ve *Crithmum* sp. metanol özütlerinin fitokimyasal özellikleri ve biyolojik aktviteleri .
Table 1. Phytochemical properties and biological activities of methanol extracts of *Pyrus* sp. ve *Crithmum* sp.

	***Pyrus* sp. meyve özütü**	***Crithmum* sp. yaprak-gövde özütü**
Toplam fenolik içerik (mg GAE/100 g)	72.5±0.019	61.6±0.020
Toplam flavanoid içerik (mg RE/g)	0.012±0.001	0.014±0.000
DPPH˙ (% / mg TE/g)	%87±0.004 0.56 mg TE/g	%85±0.002 0.54 mg TE/g
Demir indirgeme kapasitesi (µg TE/g)	31.09±0.183	30.66±0.191
Metal (Fe^{2+}) şelatlama aktivitesi (%)	40±0.005	1±0.002
Fosfomolibdenyum (µg TE/g)	264.3±0.016	183.9±0.006
α-amilaz aktivitesi (%)	-	-

Değerler, üç tekrarlı analizin ortalama ± standart sapması (SP)'dır. - : Saptanmadı.

Fosfomolibdenyum analizi ile belirlenen total antioksidan aktivite DPPH˙ sonuçlarına benzer şekilde en yüksek *Pyrus* sp. meyve özütünde 264.3 µg TE/g olarak tespit edilmiştir. FRAP ve metal şelatlama ile sürdürülen antioksidan aktiviteleri sonuçlarına göre *Pyrus* sp. metanolik özütü her iki analiz sonucunda da *Crithmum* sp.'ye kıyasla yüksek aktivite göstermiştir (31.09 µg TE/g ve %40).

Antimikrobiyal analizler Kirby-Bauer disk difüzyon standart yöntemine bağlı olarak sürdürülmüş ve özütlerin kullanılan standart suşlara karşı herhangi bir antibakteriyal aktivitesi gözlenememiştir. Özütlerin *in vitro* α-amilaz inhibisyonu ile sürdürülen antidiyabetik analizlerinde etkili bir aktiviteye rastlanmamıştır.

TARTIŞMA

Önceki çalışmalar, fenolik bileşiklerin *Pyrus* türlerinin yenilebilir çiçek ve meyvelerinde ana aktif maddeler olduğunu ortaya çıkarmıştır. Ayrıca, *Pyrus* cinsine ait meyve ve çiçeklerin arbutin, klorojenik asit gibi belirli miktarda fenolikler ve flavonoidler içerdiği de bildirilmiştir (He vd., 2015). Bütün meyve ve *Pyrus* spp.'nin farklı kısımları sadece meyve olarak değil aynı zamanda öksürük kesici, antioksidan, idrar söktürücü, antimikrobiyal ve antiinflamatuar etkileri gibi çeşitli tıbbi amaçlarla da tüketilmektedir. *Pyrus* spp. meyveleri dünya

çapında alkolizm tedavisi amacıyla da tüketilmektedir (Boby vd., 2021).

Test edilen tüm özütler için, en yüksek fenolik içerik değeri *Pyrus* sp. meyve özütünde gözlenmiştir. Yilmaz ve ark. (2015b) *P. eleagnifolia* meyve özütlerinde total fenolik içeriği 4.71-119.14 mg GAE/100 g olarak tespit etmişlerdir. Bu değerler çalışmamızda elde edilen total fenolik içerik ile benzerlik göstermektedir. Aynı *Pyrus* sp. türünün kullanıldığı diğer bir çalışmada ise meyve özütünden elde edilen total fenolik (174.2 mg GAE/100 g) içerik sonuçlarımızdan yüksek bulunmuştur (Murathan vd., 2019). Gümüşhane'den toplanan *P. eleagnifolia* meyve özütü ile yapılan çalışmada Fidan ve ark. (2022) fenolik madde içeriğini 48.57-68.32 mg GAE/100 mL aralığında bildirmişlerdir. Bu sonuçlar verilerimizi desteklemektedir. Sonuçlarımız literatürde en çok çalışılan *Pyrus* türleri ile elde edilen veriler ile de tartışılmıştır. Sırbistan'dan topalanan üç farklı yabani taksonla (*P. communis* subsp. pyraster, *P. spinosa* ve *P. jordanovii* nothosubsp. velenovskyi) yaptıkları çalışmada Ušjak ve ark. (2021) en yüksek total fenolik içeriği 436.2-533.4 mg GAE/g olarak tespit etmişlerdir. Çalışmamıza benzer şekilde Kırca ve ark. (2023) kurutulmuş *P. communis* meyve özütlerinde yüksek fenolik içerik (376.41 mg GAE/100 g) belirlemişlerdir. Santos ve ark. (2014) çalışmamızla benzer kurutulmuş *P. communis* metanolik meyve özütlerinde 246.3 ve 324.2 mg GAE/100 g aralığında yüksek fenolik içerik rapor etmişlerdir. Zahid ve ark. (2019), *P. communis'in* kurutulmuş bitki özütünden elde ettikleri toplam fenolik miktarını 1.45-1.52 mg GAE/g olarak belirtmişlerdir. Yunanistanda toplanan yabani *Pyrus* türlerinde Alexandri ve ark. (2023) tarafından sürdürülen çalışmada ise, 6.25 mg GAE/g'den 46.32 mg GAE/g'e yaş ağırlığa kadar total fenolik içerikte farkılık gözlenmiştir. *P. eleagnifolia* meyvesinin özütünde kurutulmuş ve yaş halde sürdürülen çalışmalarda koşullara bağlı olarak (kurutma koşulu, buharlaşma ve/veya termal ayrışma vb.) farklı total fenolik desenler izlenmektedir.

Değişken fizikokimyasal özelliklere sahip farklı toprak türlerinde yetişen yenilebilir *C. maritimum*'dan elde edilen özütlerde, Martins-Noguerol ve ark. (2022) çalışmamıza benzer şekilde yüksek fenolik içerik tespit etmişlerdir (423-603 mg kuarsetin/100 g). Bartnik ve ark. (2017) *C. maritimum* özütleri için 1.28-4.05 mg GAE/g kuru ağırlık seviyelerinde total polifenolik içerik öne sürmüşlerdir (Bartnik vd., 2017). Meot-Duros ve Christian Magne´ (2009) *C. maritimum* yaprak özütündeki total fenolik seviyesinin ilkbahar ve yaz arasında 23 mg GAE/g kuru ağırlık'tan 33 mg'a yükseldiğini bildirmişlerdir. *C. maritimum* bitkisinin farklı kısımlarından elde edilen özütlerdeki total fenolik içerik bitkinin fenolojik aşaması, çiçeklenme döneminde hasat ve ekstraksiyon tekniğinin fenolik içerik ve bileşim üzerine etkisi olduğu litertaür çalışmaları ve sonuçlarımızdan da açıkça gözlenmektedir. Bununla birlikte, toplam polifenollerin daha verimli ekstraksiyonu için koşulların optimize edilmesi önemlidir.

Total fenolik içeriği yüksek *P. eleagnifolia* meyve özütünün, *C. maritimum* yaprak-gövde özütü ile DPPH˙ değerleri benzerlik göstermekle beraber genel olarak antioksidan kapasitesinin ortalama değerleri, *C. maritimum* yaprak-gövde özütü ile karşılaştırıldığında oldukça yüksektir. Bitkilerdeki yüksek fenolik içeriğe bağlı olarak güçlü antioksidan aktivitenin gözlenmesine ilişkin aynı eğilim Meot-Duros ve Christian Magne´ (2009) ve Jallali ve ark. (2012) tarafından da rapor edilmiştir. Murathan ve ark. (2019) *P. eleagnifolia* meyve özütünde DPPH˙ radikal giderme aktivitesini %13.89-89.23 aralığında belirlemişlerdir. Metanol özütü ile elde ettikleri aktivite %13.89 olup, verilerimizdeki aktiviteden (%87) oldukça düşüktür. Benzer şekilde Şengül ve ark. (2018) *P. elaeagnifila* meyvelerinden DPPH˙ radikali süpürme aktivitesini, mevcut çalışmada tespit ettiğimiz değerden çok daha düşük (% 3.56) rapor etmişlerdir. Kayhan ve ark. (2024) *P. eleagnifolia* meyve özütü ile belirledikleri DPPH˙ radikal giderme aktivitesi %53.62 belirlemişlerdir. Bu aktivite sonuçlarımızdan düşüktür. *P. eleagnifolia* meyve öztünün serbest radikal giderme aktivitesi literatürde en çok çalışılan *Pyrus* türleri ile elde edilen veriler ile de tartışılmıştır.

Hernandez-Fuentes ve ark. (2023) Meksika'dan topladıkları *P. communis* meyve özütünde çalışmamıza benzer şekilde yüksek (3.62 mg GAE/g kuru ağırlık) fenolik içeriğe ilişkin yüksek DPPH˙ aktivitesi (8.12 µM TE/g kuru ağırlık) ortaya koymuşlardır. Ekin ve ark. (2016) Gumushane, Torul, Zigana'dan topladıkları farklı *P. communis*'ların DPPH˙ radikal giderme (%12.62-24.89) ve metal şelatlama (%4.28-18.17) aktiviteleri mevcut çalışmanın bulgularıyla karşılaştırıldığında düşük seviyeler bulmuşlardır. Benzer şekilde, Saoudi ve ark. (2020) *P. communis* meyve metanolik özütünde DPPH˙ radikal giderme aktivitesi %75.23 olarak belirlenmiş olup, çalışmamızdan düşük değer elde edilmiştir. Souid ve ark. (2021) ve Durmaz ve ark. (2022) tarafından elde edilen sonuçlar ile mevcut çalışmamız karşılaştırıldığında, *C. maritimum* yaprak özütleri için gözlemlenen antioksidan aktivitenin, fenolik bileşiklerin bileşimini ve miktarını etkileyen çözücü türü ve ekstraksiyon koşullarıyla ilişkili olduğu açıktır. Cebi ve ark. (2022) Karadeniz kıyılarından topladıkları *C. maritimum'*un metanolik yaprak özütleri ile çalışmamıza benzer olarak %80'nin üzerinde DPPH˙ radikal giderme aktivitesi rapor etmişlerdir.

Mevcut çalışmamızdaki *C. maritimum*'un yaprak-gövde özütünün antioksidan aktivitesi göz önüne alındığında, Kıbrıs'ın beslenme profilinde de yer bulması bu bitkinin oksidatifle ilişkili hastalıkları önlemek için

besin takviyesi olarak potansiyeli olduğunu göstermektedir. Metanolik özütün (Meot-Duros & Magné, 2009) ve infüzyonun (Siracusa vd., 2011) antioksidan aktivitesi üzerine yapılan önceki çalışmalar, sonuçlarımızı doğrulamaktadır. Siracusa ve ark. (2011) özütün DPPH radikalini %80 üzerinde giderdiğini göstermiştir.

C. maritimum ve *P. eleagnifolia* özütlerinin biyolojik aktiviteleri ile ilgili yapılan çalışmalarda, antioksidan aktivitelerinin yanı sıra antibakteriyel ve antidiyabetik etkileri de araştırılmıştır. Ancak çalışmamızda her iki özütün yüksek antioksidan aktivitesine karşın kullanılan standart suşlara karşı antibakteriyel etkisi ve α-amilaz aktivitesi belirlenememiştir. Akyurt ve Erikli (2016) ve Güven ve ark. (2006) farklı çözücüler ile hazırladıkları özütlerde kullanılan standart bakterilerin bir kısmına karşı antibakteriyel aktivite gözlememiş olmaları, mevcut sonuçlarımızı desteklemektedir. Farklı bakteri türleri üzerinde yapılan antibakteriyel çalışmada ise, *P. eleagnifolia* özütünde *E.coli* ve *P.aerouginosa* standart suşlarına karşı herhangi bir aktivite gözlenmemiş olması (Korcan vd., 2021), verilerimizi teyit etmektedir. Ayrıca, literatürde *P. elaeagrifolia* antidiyabetik aktivitesine ilişkin herhangi yapılmış bir çalışma yer almamaktadır. Çalışmamızın sonuçlarını destekleyecek şekilde Lemoine ve ark. (2024) *C. maritimum* özütünde α-amilaz aktivitesi saptamamışlardır.

SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmada Kıbrıs'tan elde edilen *P. elaeagrifolia* ve *C. maritimum* L. özütlerinin yüksek fenolik içerikleri ve güçlü antioksidan aktiviteleri sergilenmiştir. Biyoaktif bileşiklerin yüksek içeriği, bunların sağlığı teşvik edici aktiviteleri nedeniyle özütlerin fonksiyonel gıda üretiminde olası uygulamalarla birlikte potansiyel yeni bir biyoaktif polifenol kaynağı olarak kullanılabileceğine öngörmektedir.

KAYNAKLAR

Ahmed, S.A., Hanif, S., & Iftkhar, T. (2013). Phytochemical profiling with antioxidant and antimicrobial screening of *Amaranthus viridis* L. leaf and seed extracts. *Open Journal of Medical Microbiology*, ***3***, 164-171. DOI: 10.4236/ojmm.2013.33025

Akyurt, İ. & Erikli, Z. (2016). Giresun sahillerinde doğal olarak yetişen deniz teresi'nin (*Crithmum maritimum*) antibakteriyal aktivitesinin araştırılması. *Journal of Anatolian Environmental & Animal Sciences*, ***1***(1), 34-37. DOI: 10.35229/jaes.272225

Alexandri, S., Tsaktsira, M., Hatzilazarou, S., Kostas, S., Nianiou-Obeidat, I., Economou, A., Scaltsoyiannes, A. & Tsoulpha, P. (2023). Selection for sustainable preservation through In vitro propagation of mature *Pyrus spinosa* genotypes rich in total phenolics and antioxidants. *Sustainability* ***15***(4511), 1-16. DOI: 10.3390/su15054511

Bartnik, M., Wierzchowska-Renke, K., Głowniak, P. & Głowniak, K. (2017). Phenolic acids in *Crithmum maritimum* L. (Apiaceae) after Tytanit fertilization. *Acta Societatis Botanicorum Poloniae*, ***86***(3):3560, 1-11. DOI: 10.5586/asbp.3560

Başyiğit, B., Sağlam, H., Köroğlu, K. & Karaaslan, M. (2020). Compositional analysis, biological activity, and food protecting ability of ethanolic extract of *Quercus infectoria* gall. *Journal of Food Processing and Preservation*, ***44***(9), 1–12. DOI: 10.1111/jfpp.14692

Blois, M.S. (1958). Antioxidant determinations by the use of stable free radical. *Nature*, 1199–1200. DOI: DOI: 10.1038/1811199a0

Boby, N., Abbas, M.A., Lee, E.B., Im, Z.E., Hsu, W.H. & Park, S.C. (2021). Protective effect of *Pyrus ussuriensis* maxim. extract against ethanol-induced gastritis in rats. *Antioxidants*, ***10***(439), 1-17. DOI: 10.3390/antiox10030439

CLSI. (2012). *Performance standards for antimicrobial disk susceptibility tests*; approved standard, (11th ed.). CLSI document M02-A11, Clinical and Laboratory Standards Institute, 950 West Valley Road, Suite 2500, Wayne, Pennsylvania 19087, USA, 58p.

Cebi, A., Ustaoglu, F. & Rustamzada İ. (2022). The free radical scavenging activity of *Crithmum maritimum* L. from the blacksea cost. *ODU Medical Journal*, ***9***(2), 67-72.

Dinis, T.C., Madeira, V.M. & Almeida, L.M. (1994). Action of phenolic derivatives (acetaminophen, salicylate, and 5-aminosalicylate) as inhibitors of membrane lipid peroxidation and assay peroxyl radical scavengers. *Archives of Biochemistry and Biophysics*, ***315***(1), 161–169. DOI: 10.1006/abbi.1994.1485

Donmez Sahın, M. & Bulduk, I. (2016). Optimization of ultrasound-assisted extraction of arbutin from leaves of *Pyrus elaeagnifolia* Pallas ssp. *elaeagnifolia* (Rosaceae) by response surface methodology. *International Journal of Engineering Research and Applications*, ***6***(1), 79-89.

Durmaz, L., Kiziltas, H., Guven, L., Karagecili, H., Alwasel, S. & Gulcin, İ. (2022). Antioxidant, antidiabetic, anticholinergic, and antiglaucoma effects of magnofluorine. *Molecules*, ***27***(18), 5902. DOI: 10.3390/molecules27185902

Dzhoglova, V., Ivanov, K., Benbassat, N., Georgieva-Dimova, Y., Ardasheva, R., Karcheva-Bahchevanska, D. & Ivanova, S. (2024). *Crithmum maritimum* L. Study on the histochemical localization of essential oil. *Plants*, ***13***, 1-14. DOI: 10.3390/plants13040550

Ekin, H.N., Gokbulut, A., Ugurlu Aydin, Z., Donmez, A.A. & Erdogan Orhan, I. (2016). Insight into anticholinesterase and antioxidant potential of thirty-four Rosaceae samples and phenolic characterization of the active extracts by HPLC. *Industrial Crops and Products*, ***91***, 104-113. DOI: 10.1016/j.indcrop.2016.06.029

Eren, E. & Sarper, F. (2023). Rock samphire (*Crithmum maritimum* L.) as a functional food: Awareness, consumption habits and culinary use. *Turkish Journal of Agriculture - Food Science and Technology*, ***11***(12), 2250-2257. DOI: 10.24925/turjaf.v11i12.2250-2257.6059

Fidan, M.S., Oz, M., Ucuncu, O. Baltaci, C. & Karatas, S.M. (2022). Composition of antimicrobial and antioxidant activities and chemical components of essential oil from flowers and leaves of *Pyrus elaeagnifolia Pallas* in Turkey. *Fresenius Environmental Bulletin*, ***31***(4), 4106-4117.

Generalic Mekinic, I., Politeo, O., Ljubenkov, I., Mastelic, L., Popovic, M., Versic Bratincevic, M., Simat, V., Radman, S., Skroza, D., Nincevic Runjic, T., Runjic, M., Dumicic, G. & Urlic, B. (2024). The alphabet of sea fennel: Comprehensive phytochemical characterisation of Croatian populations of *Crithmum maritimum* L. *Food Chemistry, X 22*, 1-12. DOI: 10.1016/j.fochx.2024.101386

Gültekin, H.C., Gezer, A. & Yücedağ, C. (2006). Bazı ahlat (*Pyrus* L.) türlerinin tohum özellikleri ve çimlendirme olanakları üzerine araştırmalar. *Süleyman Demirel Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, ***2***, 80-88.

Güven, K., Yücel, E., & Cetintaş, F. (2006). Antimicrobial activities of fruits of *Crataegus* and *Pyrus* species. *Pharmaceutical Biology*, ***44***(2), 79–83. DOI: 10.1080/13880200600591253

He, J., Yin, T., Chen, Y., Cai, L., Tai, Z., Li, Z., Liu, C., Wang, Y. & Ding, Z. (2015). Phenolic compounds and antioxidant activities of edible flowers of *Pyrus pashia*. *Journal of Functional Foods*, ***17***, 371-379. DOI: 10.1016/j.jff.2015.05.045

Hernández-Fuentes, A.D., Montaño-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), 1-6. https://doi.org/10.1016/j.jafr.2023.100885

Jallali, I., Megdiche, W., M'Hamdi, B., Oueslati, S., Smaoui, A., Abdelly, C. & Ksouri, R. (2012). Changes in phenolic composition and antioxidant activities of the edible halophyte *Crithmum maritimum* L. with physiological stage and extraction method. *Acta Physiol Plant*, ***34***, 1451–1459. DOI: 10.1007/s11738-012-0943-9

Iqbal, M.J., Hanif, S., Mahmood, Z., Anwar, F. & Jamil, A. (2012). Antioxidant and antimicrobial activities of Chowlai (*Amaranthus viridis* L.) leaf and seed extracts. *Journal of Medicinal Plants Research*, ***6***(27), 4450-4455. DOI: 10.5897/JMPR12.822

Kaya Yıldırım, F. (2010). *Kuzey Kıbrıs'ın faydalı bitkilerinin kullanım alanlarının araştırılması*. Yakın Doğu Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü. Lefkoşa-Kuzey Kıbrıs Türk Cumhuriyeti, 206s.

Kayhan, R., Bulduk, I., Korcan, S.E., Abed, A.B. & Ünal, A. (2024). Flavonoids, Phenolics and Antioxidant Evaluation of Different Parts of Three Wild *Pyrus* Species from Turkey. *Proceedings of the National Academy of Sciences, India - Section B: Biological Sciences*, DOI: 10.1007/s40011-024-01642-z

Kırca, L., Kırca, S. & Aygün, A. (2023). Organic acid, phenolica compound and antioxidant contents of fresh and dried fruits of pear (*Pyrus communis* L.) cultivars. *Erwerbs-Obstbau*, ***65***, 677-691. DOI: 10.1007/s10341-015-0246-6

Korcan, S.E., Kayhan, R., Ünal, A. & Jahan, I. (2021). İç Batı Anadolu Üç Ahlat Türünün Antimikrobiyal Etkilerinin Belirlenmesi. *Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi*, ***21***, 250-256. DOI: 10.35414/akufemubid.761813

Kraouia, M., Nartea, A., Maoloni, A., Osimani, A., Garofalo, C., Fanesi, B., Ismaiel, L., Aquilanti, L. & Pacett, D. (2023). Sea fennel (*Crithmum maritimum* L.) as an emerging crop for the manufacturing of innovative foods and nutraceuticals. *Molecules*, ***28***, 1-23. DOI: 10.3390/molecules28124741

Lemoine, C., Rodrigues, M.J., Dauvergne, X., Cérantola, S., Custodio, L. & Magné, C. (2024). A characterization of biological activities and bioactive phenolics from the non-volatile fraction of the edible and medicinal halophyte sea fennel (*Crithmum maritimum* L.). *Foods*, ***13***(1294), 1-14. DOI: 10.3390/foods13091294

Martins-Noguerol, R., Pérez-Ramos, I.M., Matías, L., Moreira, X., Francisco, M., García-González, A., Troncoso-Ponce, A.M., Thomasset, B., Martínez-Force, E., Moreno-Pérez, A.J. & Cambrollé, J. (2022). *Crithmum maritimum* seeds, a potential source for high-quality oil and phenolic compounds in soils with no agronomical relevance. *Journal of Food Composition and Analysis*, ***108***, 1-6. DOI: 10.1016/j.jfca.2022.104413

Meot-Duros, L. & Magné, C. (2009). Antioxidant activity and phenol content of *Crithmum maritimum* L. leaves. *Plant Physiology and Biochemistry*, ***47***, 37–41. DOI: 10.1016/j. plaphy.2008.09.006

Murathan, Z.T., Erbil, N., Düzgüner, V. & Arslan, M. (2019). Şakok armudunun (Pyrus elaeagnifila Pallas) antioksidan, antimikrobiyal ve mutajenik özelliklerinin incelenmesi. *Erzincan Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, ***12***(1), 447-456. DOI: 10.18185/erzifbed.489779

Oyaizu, M. (1986). Studies on products of browning reaction - Antioxidative activities of products of browning reaction prepared from glucosamine. *The Japanese Journal of Nutrition and Dietetics*, ***44***(6), 307–315. DOI: 10.5264/eiyogakuzashi.44.307

Owusu, E., Ahorlu, M.M., Afutu, E., Akumwena, A. & Asare, G.A. (2021). Antimicrobial activity of selected medicinal plants from a Sub-Saharan African Country against bacterial pathogens from post-operative wound infections. *Medical Sciences*, ***9***(2):23, 1-16. DOI: 10.3390/medsci9020023

Pedreiro, S., Figueirinha, A., Cavaleiro, C., Cardoso, O., Donato, M.M., Salgueiro, L. & Ramos, F. (2023). Exploiting the *Crithmum maritimum* L. aqueous extracts and essential oil as potential preservatives in food, feed, pharmaceutical and cosmetic industries. *Antioxidants*, 12, 1-17. DOI: 0.3390/antiox12020252

Politeo, O., Popovic, M., Versic Bratincevic, M., Kovacevic, K., Urlic, B. & Generalic Mekinici, I. (2023). Chemical profiling of sea fennel (*Crithmum maritimum* L., Apiaceae) essential oils and their isolation residual waste-waters. *Plants*, ***12***, 1-12. DOI: 10.3390/plants12010214

Sagbas, H.I., Ilhan, G., Ercisli, S., Anjum, M.A. & Holubec, V. (2021). Characterization of oleaster-leafed pear (*Pyrus elaeagrifolia* Pall. subsp. *elaeagrifolia*) fruits in Turkey. *Agronomy*, ***11***, 1-11. DOI: 10.3390/agronomy11030430

Santos, S.C.R.V.L., Guiné, R.P.F. & Barros, A. (2014). Effect of drying temperatures on the phenolic composition and antioxidant activity of pears of Rocha variety (*Pyrus communis* L.). *Food Measure*, ***8***, 105–112. DOI: 10.1007/s11694-014-9170-y

Saoudi, S., Khennouf, S. & Mayouf, N. (2020). Phenolic compounds of Pyrus communis fruit methanol extract and evaluation of antioxidant activity. *Journal of Drug Delivery and Therapeutics*, ***10***(6), 106-109. DOI: 10.22270/jddt.v10i6.4574

Sharma, S. & Vig, A.P. (2013). Evaluation of *in vitro* antioxidant properties of methanol and aqueous extracts of *Parkinsonia aculeata* l. leaves. *The Scientific World Journal*, ***1***, 2–7. DOI: 10.1155/2013/604865

Siracusa, L., Kulisic-Bilusic, T., Politeo, O., Krause, I., Dejanovic, B. & Ruberto, G., 2011. Phenolic composition and antioxidant activity of aqueous infusions from Capparis spinosa L. and Crithmum maritimum L. before and after submission to a two-step in vitro digestion model. *J. Agric. Food Chem.*, ***59***, 12453–12459. DOI: 10.1021/jf203096q

Souid, A., Della Croce, C.M, Frassinetti, S., Gabriele, M., Pozzo, L., Ciardi, M., Abdelly, C., Hamed, K.B., Magné, C. & Longo, V. (2021). Nutraceutical potential of leaf hydro-ethanolic extract of the edible halophyte *Crithmum maritimum* L. *Molecules*, ***26***(17), 1-15. DOI: 10.3390/molecules26175380

Stanković, M.S (2011). Total phenolic content, flavonoid concentration and antioxidant activity of *Marrubium peregrinum* l. extracts. *Kragujevac Journal of Science*, ***33***, 63-72.

Sunday, E.A., Gift, W.P., & Boobondah, W.J. (2021). Phytochemistry and antioxidant activity of *Amaranthus viridis* L (Green leaf). *World Journal of Advanced Research and Reviews*, ***12***(02), 306–314. DOI: 10.30574/wjarr.2021.12.2.0468

Şengül, M., Topdaş, E.F., Doğan, H. & Serencam, H. 2018. Artvin ilinde geleneksel olarak üretilen bazı marmelat çeşitlerinin çeşitli fiziksel ve kimyasal özellikleri ile antioksidan aktiviteleri ve fenolik profillerinin araştırılması. *Akademik Gıda*, ***16***(1), 51-59. DOI: 10.24323/akademik-gida.415888

Turan, F., Sangun, M.K. & Ergenler, A. (2020). Chemical composition of the essential oil of sea fennel seed (*Crithmum maritimum* L.) from Turkey. *Journal of the Black Sea/Mediterranean Environment*, ***26***(1), 17-25.

Ucan Turkmen, F. & Mercimek Takci, H.A. (2018). Ultraviolet-C and ultraviolet-B lights effect on black carrot (*Daucus carota* ssp. *sativus*) juice. *Journal of Food Measurement and Characterization*, ***12***, 1038–1046. DOI: 10.1007/s11694-018-9719-2

Ušjak, L.J., Milutinović, V.M., Đorđić Crnogorac, M.J., Stanojković, T.P., Niketić, M.S., Kukić-Marković, J.M. & Petrović, S.D. (2021). Barks of three wild *Pyrus* taxa: Phenolic constituents, antioxidant activity, and in vitro and in silico investigations of α-amylase and α-glucosidase inhibition. *Chemistry & Biodiversity*, ***18***, 1-10. DOI: 10.1002/cbdv.202100446

Ülker Yerlıtürk, F., Arslan, O., Sınan, S., Gencer, N. & Özensoy G., Ö. (2008). Characterization of Polyphenoloxidase from wild pear (*Pyrus elaegrifolia*). *Journal of Food Biochemistry*, ***32***, 368–383.

Yilmaz, K.U., Uzun, A., Cam, M. & Ercisli, S. (2015a). Some morphological and fruit characteristics of naturally grown *Pyrus elaeagrifolia* Pall. of Kayseri Province (Central Anatolia, Turkey).*Genetic Resources and Crop Evolution*, ***62***, 711-720. DOI: 10.1007/s10722-014-0190-6

Yilmaz, K.U., Ercisli, S., Cam, M., Uzun, A., Yilmaztekin, M., Kafkas, E. & Pinar, H. (2015b). Fruit weight, total phenolics, acidity and sugar content of edible wild pear (*Pyrus elaeagnifolia* Pall.) fruits. *Erwerbs-Obstbau*, ***57***, 179–184. DOI: 10.1007/s10341-015-0246-6

Zahid, K., Ahmed, M. & Khan, F. (2019). Comparative evaluation of total phenolics, total flavonoids content and antiradical activity in six selected species of family Rosaceae using spectroscopic method. *American Journal of Biomedical Science & Research*, ***3***(4), 352-35. DOI: 10.34297/AJBSR.2019.03.000693

Zengin, G., Sarikurkcu, C., Aktumsek, A. & Ceylan, R. (2014). *Sideritis galatica* Bornm.: A source of multifunctional agents for the management of oxidative damage, Alzheimer's and diabetes mellitus. *Journal of Functional Foods*, ***11***, 538–547. DOI: 10.1016/j.jff.2014.08.011

Journal of Anatolian Environmental and Animal Sciences
(*Anadolu Çevre ve Hayvancılık Bilimleri Dergisi*)
DOI: https://doi.org/10.35229/jaes.1482999

JAES
Year: 9, No: 4, 2024 (501-507)
AÇEH
Yıl: 9, Sayı: 4, 2024 (501-507)

ARAŞTIRMA MAKALESİ **RESEARCH PAPER**

Import and Export Dynamics of Fishing Hooks and Equipment in Türkiye: A Twenty-Year Analysis

Sevil DEMIRCI*
Department of Marine Technologies, Faculty of Marine Sciences and Technology, Iskenderun Technical University, 31200, İskenderun/Hatay, Türkiye

Received: *13.05.2024* ***Accepted:*** *09.10.2024* ***Published:*** *31.12.2024*

How to cite: **Demirci, S. (2024).** Import and export dynamics of fishing hooks and equipment in Türkiye: A twenty-year analysis. *J. Anatolian Env. and Anim. Sciences*, ***9***(4), 501-507. https://doi.org/10.35229/jaes.1482999

Atıf yapmak için: **Demirci, S. (2024).** Türkiye'de olta iğneleri ve ekipmanları ithalat ve ihracat dinamikleri: Son yirmi yıllık analiz. *Anadolu Çev. ve Hay. Dergisi*, ***9***(4), 501-507. https://doi.org/10.35229/jaes.1482999

*: https://orcid.org/0000-0003-4229-6236

***Corresponding author's:**
Sevil DEMIRCI
Department of Marine Technologies, Faculty of Marine Sciences and Technology, Iskenderun Technical University, 31200, İskenderun/Hatay, Türkiye
✉: sevil.demirci@iste.edu.tr

Abstract: This study evaluates the dynamics of fishing hooks trade in Türkiye by analyzing detailed import and export data collected over the last 20 years (2004-2023), focusing on how global events and technological innovations influence these trends. Data were obtained from the Turkish Statistical Institute (TurkStat), encompassing volume and value metrics for various types of fishing equipment, including hooks, rods, and reels. A comprehensive time-series analysis was employed to assess trends, utilizing methodologies such as moving averages and ARIMA modeling to interpret the shifts in trade patterns. During the 2004-2008 period, imports of fishing hooks and equipment increased significantly from USD 316,265 to USD 1,209,804, indicating a growing dependency on foreign products, particularly from China. This surge highlights external pressures on local manufacturing and underscores the strategic need for trade policy adjustments to support domestic production. The COVID-19 pandemic in 2019 temporarily reduced import volumes due to disruptions in global supply chains and decreased consumer demand, but a resurgence was observed in 2023 as markets stabilized. The findings of this study highlight the necessity for Türkiye to enhance its competitive position in the global market by adopting new technologies and reducing dependency on imports, thus ensuring economic resilience and sustainability in its fishing hooks sector.

Keywords: Fishing hooks, trade trends, Türkiye fisheries.

Türkiye'de Olta İğneleri ve Ekipmanları İthalat ve İhracat Dinamikleri: Son Yirmi Yıllık Analiz

***Sorumlu yazar:**
Sevil DEMİRCİ
Deniz Bilimleri ve Teknolojileri Fakültesi, Deniz Teknolojileri Bölümü, İskenderun Teknik Üniversitesi, 31200, İskenderun/Hatay, Türkiye
✉: sevil.demirci@iste.edu.tr

Öz: Bu çalışma, son 20 yılda (2004-2023) toplanan ayrıntılı ithalat ve ihracat verilerini analiz ederek, küresel olayların ve teknolojik yeniliklerin bu eğilimleri nasıl etkilediğine odaklanarak, Türkiye'deki balıkçılık malzemeleri ticaretinin dinamiklerini değerlendirmektedir. Kancalar, kamışlar ve makaralar da dahil olmak üzere çeşitli balıkçılık ekipmanı türleri için hacim ve değer ölçümlerini kapsayan veriler Türkiye İstatistik Kurumu'ndan (TÜİK) elde edildi. Ticaret kalıplarındaki değişimleri yorumlamak için hareketli ortalamalar ve ARIMA modellemesi gibi metodolojiler kullanılarak eğilimleri değerlendirmek amacıyla kapsamlı bir zaman serisi analizi kullanıldı. 2004-2008 döneminde olta kancası ithalatı önemli ölçüde artarak 316.265 ABD Dolarından 1.209.804 ABD Dolarına yükseldi; bu durum, başta Çin olmak üzere yurt dışına bağımlılığın arttığını gösteriyor. Bu artış, yerel imalat üzerindeki dış baskıları vurguluyor ve yerli üretimi desteklemek için ticaret politikası ayarlamalarına yönelik stratejik ihtiyacın altını çiziyor. 2019 yılındaki COVID-19 salgını, küresel tedarik zincirlerindeki aksamalar ve azalan tüketici talebi nedeniyle ithalat hacimlerini geçici olarak azalttı, ancak 2023'te piyasaların istikrara kavuşmasıyla yeniden bir canlanma gözlendi. Bu çalışmanın bulguları, Türkiye'nin yeni teknolojileri benimseyerek ve ithalata bağımlılığı azaltarak küresel pazardaki rekabetçi konumunu güçlendirmesi ve böylece balıkçılık ekipmanları sektöründe ekonomik dayanıklılık ve sürdürülebilirliği sağlamasının gerekliliğini vurgulamaktadır.

Anahtar kelimeler: Oltalar, Ticaret Trendleri, Türkiye Balıkçılık.

INTRODUCTION

Recreational fishing, particularly in developed countries, involves more individuals and often has a higher economic value compared to commercial fishing (Tunca et al., 2016; Soykan & Cerim, 2018). Recreational fishing can create a broad economic impact beyond fish catching, and management approaches in this sector need to differ from commercial fishing. Also, significant global disparities have in access to recreational fishing (Hilborn & Hilborn, 2019). Recent studies asserts that recreational fishing constitutes a significant recreational dimension globally, and sustainable fishing behaviors should be promoted within this sector's management (Arlinghaus et al., 2019). This involves integrating recreational fishers into the decision-making processes and enhancing data collection and monitoring practices. Recreational fishers are becoming the predominant users in inland and coastal waters, reaching impacts comparable to commercial fishing. Recreational fishing is not only for leisure but also serves as a significant source of nutrition. So, need for resource managers and policymakers to better comprehend the contributions of recreational fishing to overall food security and nutrition. Therefore, understanding the impact of fish caught by recreational fishers on food safety and individual nutrition is crucial (Cooke et al., 2018).

The global fishing hooks and equipment market, and other tackle, has been valued at significant outputs with expectations for continued growth. As of 2023, the market size was estimated at approximately USD 13,672 million and is projected to grow at a compound annual growth rate (CAGR) of 4.3%, reaching around USD 17,601 million by 2029 (Market Data Forecast, 2023). This growth is driven by increasing participation in recreational fishing and advancements in fishing gear technology. China is one of the leading producers of fishing equipment, including fishing hooks. For instance, Poyang Chang Ming Fishing Hook Co., Ltd., a prominent manufacturer in Jiangxi, reported an annual production of over 1.22 billion fishing hooks, indicating the extensive scale of operations within the country (Poyang Chang Ming Fishing Hook Co., Ltd.). This volume suggests that China plays a significant role in satisfying global demand for fishing hooks.

The interest in recreational fishing in Türkiye is growing day by day, with significant socio-economic impacts and sustainability issues emerging as important areas of research (Taşkın et al., 2017; Demirci & Arslantaş, 2018; Demirci et al., 2018a; Tunca et al., 2018; Ateşşahin, 2019; Şimşek et al., 2019). Recent studies in Turkiye showed that the economic values and expenditures of amateur fishermen, highlighting the positive regional economic effects of recreational fishing (Ulaş et al., 2019). This detailed examination of the social and economic dimensions of amateur fishing activities also noted significant variations in fishing efforts across different districts. Another study in Ordu province calculated the economic value of recreational fishing activities using Contingent Valuation and Travel Cost Methodologies, reporting a substantial economic impact for the region (Aydın et al., 2013). Such studies help us understand the role of recreational fishing in regional development and shed light on the socio-demographic aspects of fishing activities. Economic and harvest impacts of Marine Recreational Fishing (MRF), revealing that current recreational fishing policies in Türkiye are insufficient for sustainability and preventing fishing conflicts. So, need for more effective policy and enforcement mechanisms to manage fishing activities sustainably (Ünal et al., 2010). It emphasizes the importance of establishing monitoring, control, and surveillance programs to ensure the sustainability of fish resources and fisheries, including MRF. Environmental impacts of local recreational fishing activities and the pressures they place on ecosystems, suggesting that management strategies need to be enhanced (Demirci et al., 2018b; Demirci & Arslantaş, 2018). These recent studies in Türkiye provide a comprehensive evaluation of recreational fishing activities in Türkiye, offering crucial insights for policymakers in the field. Also, the literature serves as valuable resources for understanding the social, economic, and environmental dimensions of recreational fishing in Türkiye.

In this study, the import and export data of fishing hooks and equipment in Türkiye were analyzed over the past 20 years to assessing the economic and environmental dimensions of these trade flows. The aim of this study is to evaluate the dynamics of international trade within Türkiye's fishing industry and its impacts on sustainable fishing practices. After that, second goal is to offer policy and strategy optimization recommendations for Türkiye in this sector. Therefore, the study focused on changes in import and export trends, local production capacities, and Türkiye's competitive position in global markets. This scientific assessment intends to serve as a vital reference for both academic circles and industry policymakers.

MATERIAL AND METHOD

Data Collection: This study utilized comprehensive foreign trade data spanning two decades obtained from the Turkish Statistical Institute (TurkStat). The collected data encompassed both volume and value metrics for imports and exports of various types of fishing equipment. Variables included country of origin, type of equipment, seasonal variations, and trade volumes. All necessary permissions for data access were secured.

Data Analysis; *Data Cleaning:* The initial phase involved rectifying inconsistencies such as duplicate entries and missing values. Criteria for data corrections were established to maintain integrity throughout the dataset.

Data Preparation: The dataset underwent transformations and normalization to render it suitable for analysis, which included converting currencies to a standard unit and standardizing measurements across the dataset.

Trend Analysis: Time-series analyses were conducted using annual data points to assess import and export patterns. These analyses utilized moving averages and time-series decomposition to dissect both annual and cumulative trends comprehensively.

Graphical Representation: The results from the trend analyses were visualized through various graphical representations to facilitate easier interpretation of complex data patterns and trends. Graphs used included line graphs, bar charts, and pie charts. Interactive elements or dashboards were also integrated to allow users to explore the multidimensional nature of the data.

Predictive Modeling: Linear regression modeling was applied for predicting future trends. The selection of this model was justified by testing assumptions such as linearity, homoscedasticity, and the normal distribution of residuals. Alternative models, such as AutoRegressive Integrated Moving Average (ARIMA) models, were also evaluated based on the characteristics of the dataset. The best ARIMA model for the data based on both the lowest AIC (Akaike Information Criterion) and BIC (Bayesian Information Criterion) values is with the parameters p=0, d=2d=2, and q=1q=1.q=1. This model indicates that a second-order differencing and a first order moving average process are appropriate for this time series.

$$AIC=2k-2\ln(L)$$

$$BIC=k\ln(n)-2\ln(L)$$

where k represents the number of parameters in the model, and L represents the maximum likelihood of the model. Lower AIC and BIC values indicate a better fit to the data.

The graphical and modeling outcomes were interpreted to draw conclusions about the trade dynamics of fishing hooks and equipment in Türkiye. The study correlated the observed trends with economic theories and proposed policy implications based on the findings. Limitations of the study were acknowledged, and recommendations for further research were proposed.

RESULTS

In this study, we analyzed the import and export dynamics of fishing hooks and equipment in Türkiye, categorized into five main types: hooks, rods, reels, ready-to-use setups, and other fishing-related items. The findings are visually represented in two distinct figures within the paper. Import data for fishing hooks and equipment over the study period are comprehensively displayed in Figure 1. This figure categorizes the imported fishing hooks and equipment into hooks, rods, reels, ready-to-use setups, and other related items. The data are presented in a series of graphs, each representing a category with their respective volumes and values over the past two decades. This graphical representation helps in understanding the import trends and identifying peak import periods or significant changes in import behavior over time. Export data are similarly detailed in Figure 2, which is structured to parallel the import data presentation in Figure 1 for direct comparison. It shows the export trends for the same categories of fishing equipment. Each graph within the figure depicts the annual export volumes and values, providing insights into the growth or decline trends in the export of fishing hooks and equipment from Türkiye.

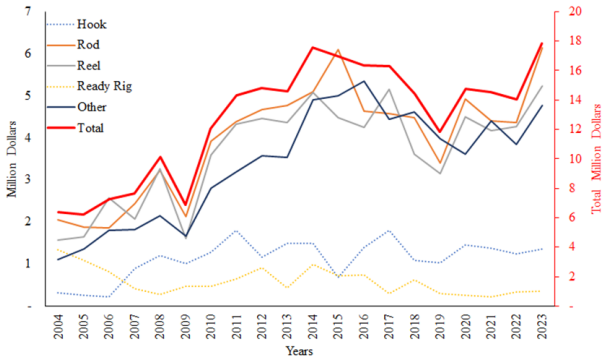


Figure 1. Annual Import Trends of fishing hooks and equipment Categories in Türkiye (2004-2023) by USD.

In Figure 1, the data are segmented into five categories: hooks, rods, reels, ready rigs, and other fishing-related equipment, each represented by a unique line graph with hooks in blue, rods in orange, reels in silver, ready rigs in yellow, and others in navy blue; additionally, the total combined export value for all categories is depicted by a red dashed line, highlighting overall trends and fluctuations in Türkiye's fishing hooks and equipment exports over the observed period, with the Y-axis on the left corresponding to the individual category values, while the right Y-axis shows the total export values, facilitating a comprehensive view of both specific and aggregate trends.

In Figure 2, the data, segmented into five categories-hooks, rods, reels, ready rigs, and other fishing-related equipment are each represented by unique line graphs (hooks in blue, rods in orange, reels in silver, ready rigs in yellow, and others in navy blue); a red dashed line depicts the total combined export value for all categories, highlighting overall trends and fluctuations over the

period, with the left Y-axis indicating the values for individual categories and the right Y-axis showing the total export values, providing a comprehensive view of both specific and aggregate trends.

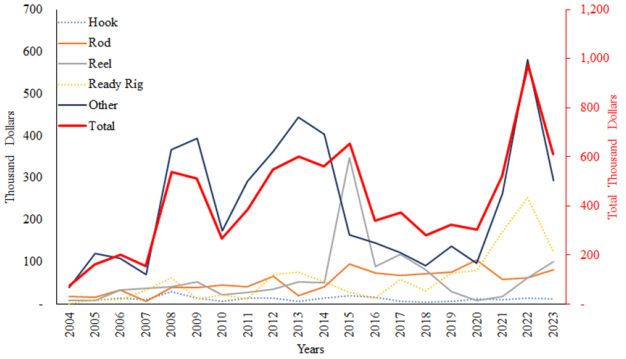


Figure 2. Annual Export Trends of Fishing Hooks and Equipment Categories in Türkiye (2004-2023) by USD

Time series plots reveal a consistent increase in import and export figures across most categories. For example, in the Hook category, imports increased from USD 316,265 in 2004 to USD 1,209,804 in 2008. Similar growth trends are observed in the Rods and Reels categories. Particularly, the 'Other' category exhibits significant fluctuations that closely follow the overall trends observed in the total import and export data. This suggests that this category may encompass a variety of products not strictly falling under traditional fishing hooks and equipment categories such as hooks, rods, or reels. The imports in the 'Other' category rose from USD 1,096,184 in 2004 to USD 2,151,453 in 2008.

The similar trend patterns between the 'Other', 'Ready Rig', and total values indicate that there may be frequent changes in the types of products imported and exported under these categories. The 'Other' category likely functions as a catch-all for new types of products entering the market, which may not yet have been fully categorized or standardized in trade records. The notable variability of this category could reflect the dynamic nature of the market, highlighting rapid introductions of new products and innovations.

Additionally, the data shows a steady increase in the diversity and volume of traded fishing hooks and equipment over the years. The continual upward trend in both imports and exports underscores the robust demand and supply dynamics in the Turkish fishing hooks and equipment sector. However, the significant volume in the 'Other' category suggests that many products do not neatly fit into the existing classification system, which might indicate the need for a more refined categorization system that can better accommodate the evolving landscape of fishing equipment.

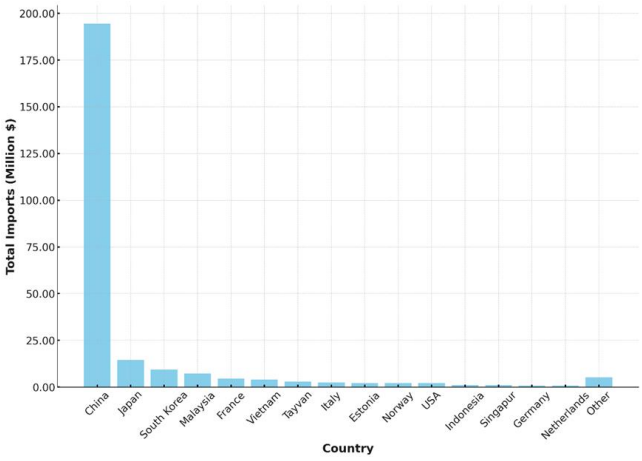


Figure 3. Total Imports of fishing hooks and equipment by Country into Türkiye in two decade year by millions of USD (2003-2023).

It is stated that the best ARIMA model for the dataset, based on both AIC (Akaike Information Criterion) and BIC (Bayesian Information Criterion) values, is obtained with the parameters p=0p=0, d=2d=2, and q=1q=1. This model indicates that second-order differencing and a first-order moving average process are appropriate for this time series. As a result, using this model, forecasts for Türkiye's fishing hooks and equipment imports and exports over the next 10 years have been made. The predictions suggest that the import trends will continue in the future. These findings provide important insights into how the trajectory of import dynamics and changes in economic policies may unfold in the coming years. Figure 3 showcases Türkiye's fishing rod imports over the past 20 years, highlighting China's predominant position in this market. While China leads significantly due to its vast production capabilities and cost efficiencies, this dominance may not be entirely beneficial for Türkiye. The heavy reliance on Chinese imports, which significantly surpasses imports from other countries, could potentially undermine local manufacturers and affect the competitive balance within Türkiye's domestic market.

Over the 15-year period depicted, imports from China totaled approximately $194.52 million, starkly overshadowing imports from any other country. This data underscores Türkiye's dependence on Chinese fishing rods and suggests a need for strategic considerations regarding trade policies and the support of local industries to enhance economic resilience and sustainability.

Figure 4 displays the historical data and future projections of fishing rod imports from China to Türkiye, expressed in millions of dollars. Historical data, shown in blue, covers the period from 2003 to 2023, while future predictions, shown in green, extend from 2024 to 2033. Imports started at approximately $4.24 million in 2004 and have shown a general upward trend over the years, reaching around $13.79 million in 2023. Using a polynomial regression model, it is forecasted that imports

will continue to increase gradually, potentially reaching around $20 million by 2033. These projections suggest that imports from China will continue to grow in the coming years, potentially increasing Türkiye's dependence on Chinese-made fishing rods. This information should be considered in future trade and industrial policy formulations to address the increasing reliance and its implications.

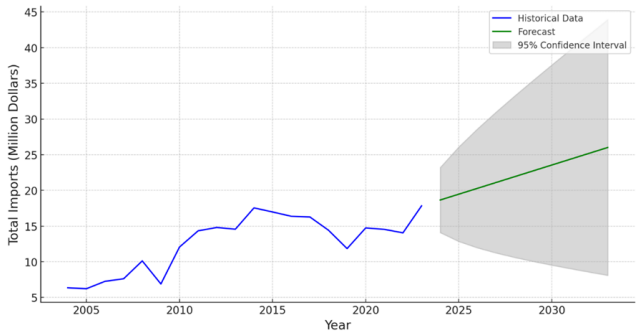


Figure 4. Historical and Forecasted Trends of Fishing hooks and equipment Imports in Türkiye from China (2003-2033).

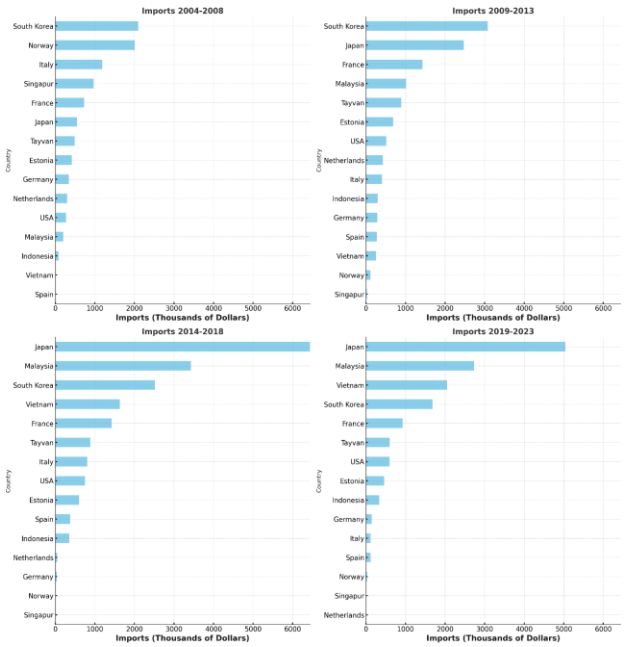


Figure 5. Türkiye's Total Fishing hooks and equipment Imports by Countries in the last 20 years in 5-year periods (2004-2023).

Analyzing the import data across various countries from 2004 to 2023, several trends and shifts emerge. South Korea starts with the highest imports, around 6,000 thousand dollars in 2004-2008, but experiences a gradual decline to about 5,000 thousand dollars by 2019-2023, possibly reflecting changes in domestic production capabilities or shifts in trade policies. Japan, initially at lower import values of around 2,000 thousand dollars in 2004-2008, witnesses a significant rise, reaching approximately 5,500 thousand dollars by 2019-2023, indicating a growing dependence on imports, perhaps due to an increase in consumer demand or a strategic shift in industrial inputs.

Vietnam's imports show robust growth, from about 1,500 thousand dollars in 2004-2008 to around 3,500 thousand dollars in 2019-2023, highlighting its rising role in global trade networks. Malaysia's imports oscillate but trend upwards from 2,000 thousand dollars to nearly 4,000 thousand dollars, reflective of its economic diversification. Indonesia shows modest growth in imports from about 2,500 thousand dollars to 3,000 thousand dollars, possibly influenced by its economic policies and commodity market dependencies. Taiwan exhibits fluctuations in import values, with about 3,000 thousand dollars in 2004-2008, decreasing and then slightly increasing to 3,500 thousand dollars by 2019-2023, a pattern linked to its key industries like electronics. The USA and Singapore show relatively stable import figures, maintaining their positions with slight variations, indicative of their stable economic conditions and consistent trade policies. France and Italy, however, show a decline in import activity, particularly Italy, which drops off the list by 2019-2023, possibly due to economic stagnation or competitive pressures in European markets. Other European countries like Germany, the Netherlands, and Spain exhibit variable import figures, with Germany and the Netherlands showing a general decline, while Spain's imports decrease significantly, reflecting broader economic trends in the Eurozone.

DISCUSSION

The study has comprehensively evaluated the trade dynamics of fishing hooks and equipment in Türkiye over the last two decades, highlighting the significant shift towards the import of new and technologically advanced fishing gear while traditional items like hooks maintained a steady import rate. Yıldırım et al. (2022) supports the finding that technological advancements and market dynamics play a crucial role in shaping the competitiveness of Türkiye's fishing and aquaculture sectors (Yıldırım et al., 2022). Specifically, the observed growth trends among different equipment categories are crucial for understanding Türkiye's competitive position in global markets.

The findings indicate a significant increase in imports of categories such as hooks and rods from 2004 to 2008. This increase can be considered a factor that enhances Türkiye's dependency on these products. Particularly, the concentration of imports from China in these categories increases competitive pressure on local manufacturers, potentially having adverse effects on the sustainability of local production. This situation highlights the economic consequences and strategic policy needs of Türkiye's dependency on the fishing hooks and equipment

market. In this context, strategic policies need to be developed to balance the import and export of recreational fishing hooks' equipment and support local production. Additionally, supporting local manufacturers can help create a more competitive and sustainable structure in Türkiye's fishing hooks and equipment sector. These strategies are important for both economic growth and environmental sustainability.

Moreover, time series analyses of import and export data serve as a guide in identifying long-term trends and potential risks in Türkiye's fishing hooks and equipment sector. These analyses emphasize the need to quickly adapt to new market dynamics. Finally, such analytical studies provide an essential reference point for policymakers in strategic decision-making processes. While the COVID-19 pandemic has affected the fishing industry as a whole in general, it has led to additional complexities in the fishing hooks and equipment trade in particular (Can et al., 2020; Demirci et al., 2020). According to Rajamohan & Kanchana (2021), the fisheries sector worldwide, including Türkiye, experienced disruptions due to government and private sector adjustments to the pandemic, affecting both the supply chain and consumer demand patterns (Rajamohan & Kanchana, 2021). In our analysis, we observed a downturn in import activities during the peak periods of the pandemic, likely due to these disruptions. However, the resurgence in imports by 2023 suggests a recovery aligning with global economic stabilizations post-pandemic.

Furthermore, the diversification in fishing hooks and equipment imports highlights an evolving market responding to global trends and consumer preferences. The increase in the import of innovative fishing gear not traditionally categorized, such as electronic fish finders and specialized baits, points to a market expansion beyond conventional items. This aligns with findings by Guzel et al. (2013), who noted an increased trade between Türkiye and Japan in fish-related commodities, emphasizing the importance of adapting to international standards and consumer preferences in different markets (Guzel et al., 2013).

CONCLUSION

This comprehensive analysis over the past two decades has illuminated the evolving landscape of Türkiye's fishing hook and equipment trade. It is evident that global events and technological innovations have significantly shaped the trade patterns. The increasing dependence on imports, especially from China, underscores a critical vulnerability in Türkiye's economic landscape with respect to the fishing industry. Such dependencies not only challenge the sustainability of local production but also stress the need for strategic trade policies that foster domestic manufacturing resilience. the evolving variety and volume of traded equipment signal a dynamic market ready for innovative products. Türkiye must therefore align its trade and industrial policies to harness these emerging opportunities, ensuring a balanced and sustainable growth in its fishing hooks and equipment sector. Going forward, a continued focus on detailed data collection and analysis will be essential to navigate these complex trade dynamics effectively, ensuring that Türkiye remains agile in a competitive global landscape.

COMPLIANCE WITH ETHICAL STANDARDS

Authors' Contributions

Sevil Demirci: Conceptualization, Data validation, Methodology, Statistical analysis, Discussion of the results, Writing, Reviewing and editing original draft.

Conflict of Interest

The author declares that they have no known competing financial interests or personal relationships that could have appeared to influence the work reported in this article.

Ethical Approval

The author declares that formal consent is not required for this type of study.

Funding

The author received no funding for this article.

Data availability

The author confirms that data supporting the findings of this study are available within the article.

REFERENCES

Arlinghaus, R., Abbott, J.K., Fenichel, E.P., Carpenter, S.R., Hunt, L.M., Alós, J., Klefoth, T., Cooke, S.J., Hilborn, R., Jensen, O.P., Wilberg, M.J., Post, J.R. & Manfredo, M. J. (2019). Governing the recreational dimension of global fisheries. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, ***116***(12), 5209-5213. DOI: 10.1073/pnas.1902796116

Ateşşahin, T. (2019). Bleeding status, handling time and initial mortality of recreational fisheries in chub (*Squalius cephalus*)(Linnaeus 1758). *Fresenius Environmental Bulletin, **28***(4A), 3401-3407.

Aydın, M., Tunca, S., Karadurmuş, U. & Durgun, D. (2013). Valuation of recreational fishing benefits: A snapshot from Ordu, Turkey. *Ege Journal of Fisheries and Aquatic Sciences, **30***(4), 147-154. DOI: 10.12714/egejfas.2013.30.4.01

Can, M.F., Şimşek, E., Demirci, A., Demirci, S. & Akar, Ö. (2020). The evaluation of the early impacts of the COVID-19 pandemic on the export of fishery commodities of Turkey. *Marine and Life Sciences, **2***(1), 18-27.

Cooke, S.J., Twardek, W.M., Lennox, R.J., Zolderdo, A.J., Bower, S.D., Gutowsky, L.F.G., Danylchuk, A.J., Arlinghaus, R. & Beard, D. (2018). The nexus of fun and nutrition: Recreational fishing is also about food. *Fish and fisheries, **19***(2), 201-224. DOI: 10.1111/faf.12246

Demirci, A., Şimşek, E., Can, M.F., Akar, Ö. & Demirci, S. (2020). Has the pandemic (COVID-19) affected the fishery sector in regional scale? A case study on the fishery sector in Hatay province from Turkey. *Marine and Life Sciences, **2***(1), 13-17.

Demirci, A., Şimşek, E., Demirci, S., Akar, Ö. & Bayraktar, O. (2018b). Recreational Fishing Competitions in Turkey. I*nternational Ecology 2018 Symposium Abstract Book* (Vol. 505).

Demirci, S. & Arslantaş, E. (2018). Economic potential and environmental effects of recreational fishing activity in coast of Iskenderun Bay. *Fresenius Environmental Bulletin, **27***(12A), 9352-9356.

Demirci, S., Demirci, A., Arıca, Ş.Ç. & Özyılmaz, A. (2018a). Economical potential of recreational fishing. *International Erdemli Symposium 2018* (pp. 882-885).

Guzel, M.M., Kameda, K. & Yamamoto, N. (2013). Comparison of Fisheries Sectors of Japan and Turkey in Production and Trade Opportunities. *The International Business & Economics Research Journal (Online), **12***(2), 139-150. DOI: 10.19030/iber.v12i2.7626

Hilborn, R. & Hilborn, U. (2019). *Ocean Recovery: A sustainable future for global fisheries?*. Oxford University Press.

Market Data Forecast. (2023). Global fishing equipment market analysis and forecast to 2029. Retrieved from https://www.marketdataforecast.com/

Poyang Chang Ming Fishing Hook Co. Ltd. (n.d.). Annual production report. Retrieved from https://changminghook.en.made-in-china.com/

Rajamohan, S. & Kanchana, S. (2021). Impact of COVID-19 on fisheries sector. *Shanlax International Journal of Management, **9***(1), 25-33. DOI: 10.34293/management.v9i1.3853

Soykan, O. & Cerim, H. (2018). General Aspects of Recreational Angling and Some Estimations on Catch Amounts in Turkey. *Düzce University Journal of Science & Technology, **6***(4), 1441-1452. DOI: 10.29130/dubited.393756

Şimşek, E., Akar, Ö. & Şereflişan, H. (2019). The estimation of economic capacity and ecological effects of recreational fishing activities in the Iskenderun Bay. *1st International Conference on Environment, Technology and Management (ICETEM) Proceedings Book*, 970-973.

Taşkın, E., Yağci, K. & Görkem, O. (2017). Recreational Fishing as a Tourism Event and the Potential of Turkey. *Developments in Social Sciences*, 709.

Tunca, S., Aydın, M., Karapıçak, M. & Lindroos, M. (2018). Recreational fishing along the middle and Eastern Black Sea Turkish coasts: biological, social and economic aspects. *Acta Adriatica, **59***(2), 191-206. DOI: 10.32582/aa.59.2.4

Tunca, S., Ünal, V., Miran, B., Güçlüsoy, H. & Gordoa, A. (2016). Biosocioeconomic analysis of marine recreational fisheries: a comparative case study from the Eastern Mediterranean, Turkey. *Fisheries Research, **174***, 270-279. DOI: 10.1016/j.fishres.2015.10.025

Ulaş, A., Tunca, S. & Aydin, İ. (2019). Recreational Fishing on the Coastal Hot Spots of İzmir Inner Bay (Aegean Sea, Turkey): Socio-economics and Management Implications. *Acta Adriatica, **60***(2), 157-180. DOI: 10.32582/aa.60.2.5

Ünal, V., Acarlı, D. & Gordoa, A. (2010). Characteristics of Marine Recreational Fishing in Çanakkale Strait (Turkey). *Mediterranean Marine Science, **11***(2), 315-330 DOI: 10.12681/mms.79

Yıldırım, Ç., Türkten, H. & Ceyhan, V. (2022). Evaluation of competitiveness power of fishing and aquaculture industry in Turkey. *Ege Journal of Fisheries and Aquatic Sciences, **39***(3), 243-252. DOI: 10.12714/egejfas.39.3.10

Journal of Anatolian Environmental and Animal Sciences
(*Anadolu Çevre ve Hayvancılık Bilimleri Dergisi*)
DOI: https://doi.org/10.35229/jaes.1541179

JAES
Year: 9, No: 4, 2024 (508-513)
AÇEH
Yıl: 9, Sayı: 4, 2024 (508-513)

ARAŞTIRMA MAKALESİ **RESEARCH PAPER**

The Anti-Proliferative Activity of Lyophilised Medicinal Leech (*Hirudo Verbana*) Saliva Extract on Breast Cancer Cell Line (MCF-7) [*]

Özgen TURAL[1] **Hüseyin AYHAN**[2]*
[1]*District Directorate of Agriculture and Forestry, Çankaya, Ankara 06170, Turkey*
[2]*Vocational School of Health Services, Ankara Yıldırım Beyazıt University, Çubuk, Ankara 06760, Turkey.*

Received: *30.08.2024* ***Accepted:*** *08.10.2024* ***Published:*** *31.12.2024*
How to cite: **Tural, Ö. & Ayhan, H. (2024).** The Anti-Proliferative Activity of Lyophilised Medicinal Leech (*Hirudo Verbana*) Saliva Extract on Breast Cancer Cell Line (MCF-7). *J. Anatolian Env. and Anim. Sciences*, ***9***(4), 508-513. https://doi.org/10.35229/jaes.1541179
Atıf yapmak için: **Tural, Ö. & Ayhan, H. (2024).** Liyofilize Tıbbi Sülük (*Hirudo Verbana*) Tükürük Ekstraktının Meme Kanseri Hücre Hattı (Mcf-7) Üzerindeki Anti-Proliferatif Aktivitesi. *Anadolu Çev. ve Hay. Dergisi*, ***9***(4), 508-513. https://doi.org/10.35229/jaes.1541179

*: https://orcid.org/0009-0003-3146-9629
: https://orcid.org/0000-0001-9519-5979

***Corresponding author's:**
Hüseyin AYHAN
Vocational School of Health Services, Ankara Yıldırım Beyazıt University, Çubuk, Ankara 06760, Turkey.
✉: hayhan@aybu.edu.tr

Abstract: Cancer is the leading cause of death and morbidity globally and is the second leading cause of death after cardiovascular disease. Breast cancer is the most common cancer in women with a mortality rate of 18 percent. Chemotherapeutics used to treat cancer in modern medicine can have side effects. Medical leech saliva contains substances with anti-proteolytic, platelet aggregation inhibiting, anticoagulant and anti-metastatic activities as natural compounds with fewer side effects. In this study, it was aimed to investigate the anti-proliferative activity of different concentrations of lyophilised medicinal leech secretion extract on MCF-7 (breast cancer) cancer cell lines. For this purpose, cell viability test (XTT) was performed to determine the cytotoxicity after application of various concentrations of medical leech secretion to the cell lines for 24 and 48 hours and the percentage viability of cancer cells was determined at each leech secretion concentration. The IC_{50} value of leech secretion on MCF-7 cell line was calculated as 490.61 µg/ml at 24 hours and 407.04 µg/ml at 48 hours depending on time and dilution rate. It was observed that the anti-proliferation effect of leech secretion applied at different doses on cell viability in MCF-7 cancer cell line increased as the dose and the duration of exposure increased.

Keywords: Cell proliferation, *Hirudo verbana*, medicinal leech, mcf-7 (breast cancer), xtt.

Liyofilize Tıbbi Sülük (*Hirudo Verbana*) Tükürük Ekstraktının Meme Kanseri Hücre Hattı (Mcf-7) Üzerindeki Anti-Proliferatif Aktivitesi

***Sorumlu yazar:**
Hüseyin AYHAN
Sağlık Hizmetleri Meslek Yüksekokulu, Ankara Yıldırım Beyazıt Üniversitesi, Çubuk, Ankara 06760, Türkiye.
✉: hayhan@aybu.edu.tr

Öz: Kanser, küresel çapta ölüm ve hastalıkların önde gelen nedenidir ve kardiyovasküler hastalıklardan sonra ikinci önde gelen ölüm nedenidir. Meme kanseri kadınlarda en sık görülen kanser olup ölüm oranı yüzde 18'dir. Modern tıpta kanser tedavisinde kullanıla kemoterapötiklere bağlı olumsuz yan etkiler ortaya çıkabilmektedir. Tıbbi sülük tükürüğü daha az yan etkiye sahip doğal bileşikler olarak anti-proteolitik, trombosit agregasyon inhibitörleri, antikoagülan enzimler ve anti-metastatik ajanlar içermektedir. Bu çalışmada, liyofilize tıbbi sülük salgısı ekstraktının farklı konsantrasyonlarının MCF-7 (meme kanseri) kanser hücre hatları üzerindeki anti-proliferatif etkisinin araştırılması amaçlanmıştır. Bu amaçla, tıbbi sülük salgısının çeşitli konsantrasyonlarının hücre hatlarına 24 ve 48 saat süreyle uygulanmasının ardından sitotoksisiteyi belirlemek için hücre canlılık testi (XTT) yapılmış ve her bir sülük salgısı konsantrasyonunda kanser hücrelerinin yüzde canlılığı belirlenmiştir. Sülük salgısının MCF-7 hücre hattı üzerindeki IC_{50} değeri, zamana ve seyreltme oranına bağlı olarak 24 saatte 490,61 µg/ml ve 48 saatte 407,04 µg/ml olarak hesaplanmıştır. Farklı dozlarda uygulanan sülük salgısının MCF-7 kanser hücre hattında hücre canlılığı üzerindeki anti-proliferatif etkisinin doz ve maruz bırakma süresi uzadıkça arttığı gözlenmiştir.

Anahtar kelimeler: *Hirudo verbana*, hücre proliferasyonu, mcf-7 (meme kanseri), tıbbi sülük, xtt.

[*] *This study was produced from the master thesis of Özgen TURAL*

INTRODUCTION

Cancer represents the most significant cause of mortality and morbidity on a global scale, ranking as the second leading cause of death after cardiovascular diseases (Bell et al., 2023). In 2020, there were over 2.3 million new cases and 685,000 deaths from breast cancer, representing the most commonly diagnosed cancer worldwide. Breast cancer is the most prevalent form of cancer in women, with a mortality rate of 18%. By 2040, the number of newly diagnosed breast cancer cases is projected to increase by over 40%, reaching nearly 3 million cases annually. Similarly, the number of deaths from breast cancer is projected to increase by over 50% from 685,000 in 2020 to 1 million in 2040 (Arnold et al., 2022). Modern medicine employs a range of therapeutic modalities, including radiotherapy, chemotherapy, anti-cancer drugs, and surgical intervention in the management of cancer. It is acknowledged that certain side effects may manifest during or following the administration of this treatment (Bray et al., 2013). The advancement of technology has facilitated the acceleration of cancer research, leading to the introduction of novel methodologies alongside the cancer treatments that have emerged in recent years. A number of studies have demonstrated that medicinal plant extracts and peptides containing poisons have the potential to be effective anti-cancer agents against a range of cancers when used as a form of therapy (Surh, 2003; Deng et al., 2019).

The use of medicinal leeches has a long history in traditional medicine. Recently, there has been a resurgence of interest in this method due to the discovery of various peptides and protein components with medicinal benefits (Abdualkader et al., 2013; Ayhan & Mollahaliloğlu, 2018). The saliva secreted by medicinal leeches contains bioactive compounds that positively affect physiological and cellular activities. These compounds in the saliva of the leech include anticoagulants, vasodilators, bacteriostatics, anti-inflammatories and analgesics (Ayhan et al., 2021). They have positive benefits such as regulating blood pressure, repairing damaged cells of tissues and organs, and strengthening the immune system (Shakouri & Wollina, 2021). The salivary gland secretions of the leech contain antimetastatic activity as well as a protein called antistasin, which inhibits cancer colonisation (Ammar et al., 2015; Shakouri et al., 2022).

This study aimed to investigate the cytotoxicity of lyophilised medicinal leech *(Hirudo verbana*) secretion on breast cancer cell lines (MCF-7).

MATERIAL AND METHOD

Chemicals and Cell Lines: The MCF-7 cell lines were obtained from the Ankara Yıldırım Beyazıt University Central Research Laboratory Application and Research Center, and the study was conducted in this laboratory. The culture of MCF-7 cell lines was conducted by adding 50 ml of FBS (fetal bovine serum) and 5 ml of penicillin-streptomycin to 500 ml of DMEM (Dulbecco's Modified Eagle Medium) in a laminar safety cabinet. The cells were then seeded in fresh medium in 25 cm^2 flasks and grown in a 37°C incubator with a humid atmosphere containing 5% CO_2 until they reached sufficient density.

Preparation of Medical Leech Secretion: The medical leech specimens of the *Hirudo verbana* species were obtained from a farm that has been approved by the Ministry of Agriculture and Forestry. The leeches were maintained in glass jars filled with chlorine-free tap water, with the water changed every two to three days. The species of leech was identified using a Euromex NZ.1903-S trinocular stereo microscope, in accordance with the methods described by Sawyer (1986), Davies (1991), Neubert & Nesemann (1999) and Saglam (2004). The leeches obtained from the production farm were subjected to a four-month starvation period, during which they were not provided with any sustenance. A solution approximating the composition of human blood fluid, comprising 0.07 M sodium chloride and 0.0005 M arginine, was prepared for the purpose of removing the secretions of starved leeches (Abdualkader, 2011). The leeches were provided with an arginine solution and placed in plastic test tubes, which were then placed in a container filled with ice. The solution was allowed to be vomited up by the leeches. The colourless salivary fluids vomited by the leeches were filtered through a 0.8 µm filter, collected in a pool, and subjected to centrifugation at 3500 rpm and a temperature of +4°C for a period of 10 minutes. The secretions were then frozen at a temperature of -80°C for a period of 24 hours and subsequently placed in a lyophiliser for a period of 48 hours, during which time they were transformed into a solid powder.

Protein Analysis in Medical Leech Secretion Extract: The lyophilised leech secretion to be utilised in the forthcoming application was dissolved in DMEM, and the total protein content of the secretion extract was determined using a Bradford Protein Assay Kit (ABP Biosciences, USA), by the Bradford method (Bradford, 1976). Following the determination of the total protein concentration, the various dose amounts (1200 µg/ml, 600 µg/ml, 300 µg/ml, and 150 µg/ml) to be employed in the study were adjusted by serial dilution.

Cytotoxic Evaluation: The 2,3-bis-(2-methoxy-4-nitro-5-sulfophenyl)-2H-tetrazolium-5-carboxanilide (XTT) test was conducted according to the instructions provided by the manufacturer to assess the cytotoxic impact on the MCF-7 cell line. Following the treatment of the cells with medical leech secretion, the reaction solution

was prepared by combining the XTT and activation solutions with the instructions provided by the kit manufacturer. The cell line was cultured in an incubator at 95% humidity, 5% CO_2, and 37°C. On the day preceding the administration of the treatment, the cell line was uniformly seeded in 96-well plates and subsequently incubated in a CO_2 incubator. A volume of 50 µl of the reaction solution was added to each well and the plates were subsequently incubated in a CO_2 incubator for a period of 2.5 hours. Following a 2.5-hour incubation period, the plates were removed from the incubator and the absorption was measured at 450 nm and 650 nm. Subsequently, the values obtained at 650 nm, corresponding to non-specific absorption, were subtracted from the values obtained at 450 nm. The cells in the positive control group without any secretion were treated with natural rubber extract. The cells in the negative control group, which did not receive any secretion, were considered to be 100% viable. The viability rates of the cells in the other groups were calculated based on the negative control group. The calculation was performed using the formula (experimental group average/control group average) x 100. The XTT test was conducted in triplicate for three incubation rates (1:1, 1:2, 1:4, 1:8, and 1:16 dilution) and two-time points (24 and 48 hours). Additionally, IC50 values were determined by fitting a curve with varying slopes, comparing the response data normalised by the logarithm of the leech saliva concentration.

Statistical Analysis: The IC_{50} data obtained by the XTT test and measured at 24-48 hours were subjected to statistical analysis using the Excel power regression program. The mean, standard deviation, and percent viability were calculated using the IBM SPSS 21 package program (IBM SPSS Inc., Chicago, IL).

RESULTS

Cytotoxic effect of Medical Leech Secretion Extract on cancer cells: Cell viability (%) = Experimental Group at Average Value / Control Group at Average Value x 100.

The cytotoxicity of the control group was accepted as 100% viable during the calculation. According to the power regression of XTT results of different doses of medicinal leech extracts applied to the MCF-7 cell line in the Excel program, IC_{50} value at 24 hours was calculated as 490.61 µg/mL (Figure 1) and 407.04 µg/mL at 48 hours (Figure 2).

The cytotoxic effects of leech secretion on MCF-7 cells are presented in Figure 3. As can be seen from the figure, there is a significant reduction in the viability of breast cancer cells in a dose-dependent manner. According to the 24th hour measurement, the percent viability rates were statistically evaluated and the percentages of viability in dose groups were found as 75 µg/ml 98.62%, 150 µg/ml 75.21%, 300 µg/ml 61.33%, 600 µg/ml 38.66% and 1200 µg/ml 31.64%. At the 48-hour mark, the percent viability rates were as follows: 75 µg/ml, 82.18%; 150 µg/ml, 73.87%; 300 µg/ml, 57.98%; 600 µg/ml, 41.73%; and 1200 µg/ml, 31.79% (Table 1).

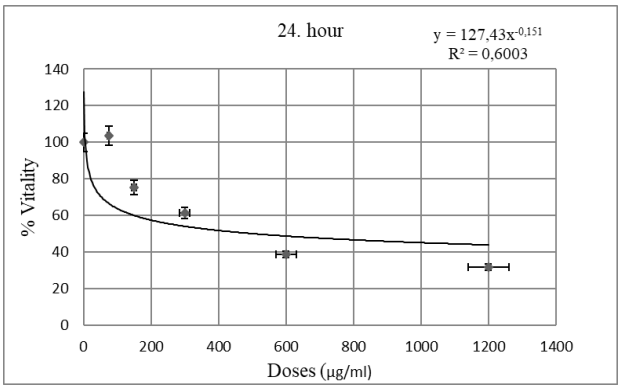


Figure 1. IC_{50} plot relative to lyophilized leech extract at 24 hours.

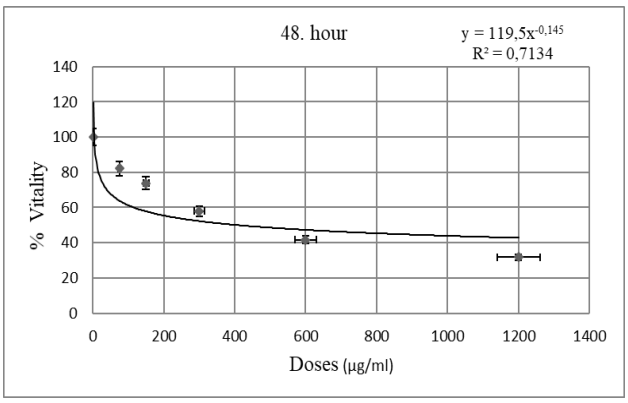


Figure 2. IC_{50} plot relative to lyophilized leech extract at 48 hours.

Table 1. Cell viability (%) was measured at 24 and 48 hours according to the absorbances obtained as a result of the XTT test.

	Negative Control	1200 µg/ml	600 µg/ml	300 µg/ml	150 µg/ml	75 µg/ml	Positive Control
24 hour	%100	%31,64	%38,66	%61,33	%75,21	%98,62	0,62
48 hour	%100	%31,79	%41,73	%57,98	%73,87	%82,18	0.78

It was observed that an increase in the concentration of leech secretion extract at 24 and 48 hours resulted in a linear decrease in viability rates (Figure 3). These values demonstrate the significant cytotoxic effect of leech secretion extract on MCF-7 cells.

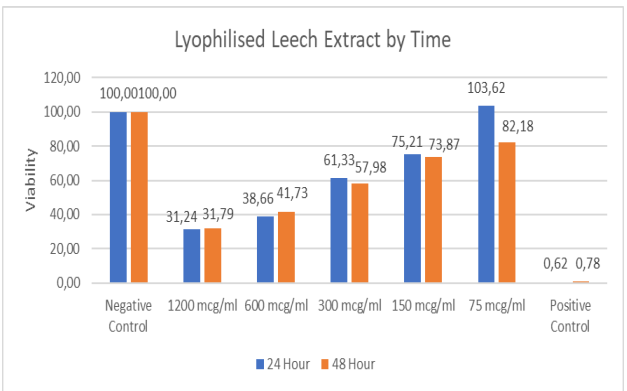


Figure 3. Effects of different concentrations of leech secretion extract on MCF-7 cell viability.

DISCUSSION

The etiology of cancer is attributed to a deficiency in DNA repair or mutations during DNA replication. The principal risk factors are environmental factors, lifestyle habits, and the genetic background of individuals (Shaheen et al., 2011; Nenclares & Harrington, 2020). Breast cancer is the most prevalent form of cancer among women globally, accounting for the majority of cancer-related mortalities (Akram et al., 2017). The National Cancer Institute (NCI) categorizes cancer treatments into five main groups: chemotherapy, radiotherapy, surgery, immunotherapy, and stem cell transplantation (Hanahan & Weinberg, 2011). Nevertheless, despite the extensive scientific studies conducted in this field, patients are typically exposed to adverse effects associated with these treatment modalities. It is, therefore, necessary to identify agents with effective pharmacological activities, low cost, and minimal disease resistance, as well as natural compounds with fewer side effects, for use in cancer treatment (Muhammad et al., 2022; Aysin et al., 2024).

Medical leech therapy is a well-established traditional and complementary treatment method in Turkey and across the globe. Historically, leech saliva has been employed in traditional Chinese medicine as a treatment for various cancers, including esophageal, stomach, bowel, uterine, and breast cancer (Guo, 2006). Currently, a multitude of scientific studies are being conducted with leeches themselves or their secretions, and drugs are being derived from them for use in the treatment of certain diseases (Gödekmerdan et al., 2011). In Russia, the use of Piyavit, an antithrombotic derived from leeches, was authorised in 1993 (Minkin, 1990; Baskova et al., 1995). Furthermore, pharmaceuticals such as Hirudin (Transgeen-France), Eglin (CIBA/Geigy-Switzerland), Gelin (EuroBioPharm-Netherlands), Ghilanten (Merrel Dow Research Inst.- USA), and Orgelase (Biopharm-UK) are also manufactured by companies (Salzet, 2001). The secretions of the leech salivary glands have been demonstrated to possess antimetastatic activity. The saliva of the leech contains a protein, antistasin, which has been demonstrated to inhibit cancer colonisation. The secretions have been found to contain anti-proteolytic, platelet aggregation inhibitors, and anticoagulant enzymes (Baskova et al., 2008; Alaama et al., 2024). Moreover, anti-tumour activity has been identified in other components, including hyaluronidase (Ammar et al., 2015). In the present study, we, therefore, sought to investigate the effect of secretion from the medicinal leech *Hirudo verbana* on cell viability when applied to the MCF-7 cancer cell line. To date, research has been conducted into the antiproliferative or anticancer activities of leech secretion in a range of cancer types. To illustrate, a study assessing the efficacy of *H. medicinalis* medicinal leech secretion employed the breast cancer cell line (MCF-7) as a cancer cell line and the HUVEC cell line as a control group. The direct application of leech secretion was observed to exhibit 50% antitumor activity on MCF-7 cancer cells. However, the antitumor activity rate was found to increase to 97% when the leech secretion was administered in a liposomal form. Furthermore, the application demonstrated a 10% antiproliferative effect on healthy cell lines (HUVEC) (Shakouri, 2022). In this study, we diverged from Shakouri's approach by investigating the secretion of the leech of the *H. verbana* species, which is widely distributed in natural habitats in our country and worldwide. This is the first study to examine this phenomenon.

Similarly, an in vitro investigation of the effects of the extract of *H. verbana* medicinal leech secretion on the mammary fibroblast cell line was conducted, the results of which were revealed. The findings of this study indicate that the extract of leech secretion when administered at varying doses, exerts notable influences on cell viability, cell migration, and gene expressions that may be implicated in these effects within the breast fibroblast cell line (Ünal et al., 2023). Furthermore, investigations were conducted to ascertain the effects of the same *H. verbana* medicinal leech secretion on human umbilical cord vein endothelial cell (HUVEC-CRL-1730), breast fibroblast (HTB-125), and mesenchymal stem cell (PCS-500-012) lines. These studies focused on elucidating the underlying mechanisms of action, particularly about cell viability, wound healing, apoptosis, and gene expressions. The leech secretion was administered at defined doses to the cells produced by cell culture using the MTT assay to assess cell viability and proliferation. The impact of leech secretion on wound healing was assessed using an in vitro wound model. Gene expression of VEGF, EGF, and FGF was determined in cells treated with varying doses of leech secretion through RT-PCR. The potential impact of leech secretion on apoptosis was examined through flow cytometry. Regarding cell proliferation, the cell viability of the breast fibroblast cell line treated with varying doses of leech secretion was observed to be markedly elevated in comparison to the control group ($p < 0.001$). In the flow cytometry analysis, the cell viability rates approached 100% in the HUVEC and mammary fibroblast cell lines, whereas necrosis was observed in the mesenchymal stem cell line (Tırık, 2022). It can therefore be hypothesised that leech secretion has anti-cancer potential against cancer cells due to the bioactive compounds it contains.

The results of our study corroborate previous findings, as evidenced by the confirmation of lower IC_{50} values for cancer cells. It is postulated that this cytotoxic

and apoptotic effect may be due to bioactive compounds such as hirudin, hyaluronidase, and antistasin present in leech secretion. In light of these findings, it can be concluded that leech secretion may contribute to cancer treatment with its cytotoxic activity as a natural agent. However, further studies in detail with various cell lines and experimental setup are needed to explore the mechanism of action.

CONCLUSION

The findings of our study have significant implications for the development of drugs that can effectively address the various facets of cancer treatment. Despite the growing interest in leech and its bioactive compounds, there is a need for further scientific evidence to ascertain their potential anticancer properties. Future research should prioritise in vitro and in vivo studies to elucidate the pharmacological mechanism of leech and its bioactive compounds.

In this context, significant data were obtained on the leech secretion extract, which we hypothesise may represent a novel potential agent. A comparison of the antiproliferation effect of leech secretion on cells in our study with that of previous studies in the literature suggests that the findings may vary depending on the type of leech selected, the protein concentration of the secretion obtained from the leech, and the cell line selected by the researchers. The results presented in this study represent a novel contribution to the existing literature on the mechanism of action of medicinal leech secretion and provide a foundation for further research. Nevertheless, further investigation and support in vivo are required to elucidate the pathways and molecular mechanisms of action of medicinal leech secretion. The present study demonstrates that medicinal leech secretion extract may serve as a promising biotherapeutic agent, offering the potential to enhance medical treatments through its use as an adjuvant.

ACKNOWLEDGEMENTS

This study is the master's thesis of Özgen TURAL conducted under the supervision of Hüseyin AYHAN.

The authors would like to thank Kübranur ÜNAL and Mustafa GÜNGÖRMÜŞ for their help in laboratory studies and support of the study. We also thank Fatma ÇORUK for checking the English of the article. We thank AYBÜ MERLAB for their support in all techniques. All authors declare that they have no actual or potential competing financial interests.

REFERENCES

Abdualkader, A.M., Merzouk, A., Ghawi, A.M. & Alaama, M. (2011). Some biological activities of Malaysian leech saliva extract. *IIUM Engineering Journal*, ***12***(4). DOI: 10.31436/iiumej.v12i4.156

Abdualkader, A.M., Ghawi, A.M., Alaama, M., Awang, M. & Merzouk, A. (2013). Leech therapeutic applications. *Indian journal of pharmaceutical sciences*, ***75***(2), 127.

Akram, M., Iqbal, M., Daniyal, M. & Khan, A.U. (2017). Awareness and current knowledge of breast cancer. *Biological research*, ***50***, 1-23. DOI: 10.1186/s40659-017-0140-9.

Alaama, M., Kucuk, O., Bilir, B., Merzouk, A., Ghawi, A.M., Yerer, M.B., Ahmado, M.A., Abdualkader, A.M. & Helaluddin, A.B.M. (2024). Development of Leech extract as a therapeutic agent: A chronological review. *Pharmacological Research-Modern Chinese Medicine*, ***10***, 100355. DOI: 10.1016/j.prmcm.2023.100355

Ammar, A.E., Hassona, M.H., Meckling, G.R., Chan, L.G., Chin, M.Y., Abdualkader, A., Alaama, M., Merzouk, A., Helaluddin, A., Ghawi, A., Kucuk, O. & Guns, E. S. (2015). Assessment of the antitumor activity of leech (huridinaria manillensis) saliva extract in prostate cancer. *Cancer Research*, ***75***(15_Supplement), 5130-5130. DOI: 10.1158/1538-7445.AM2015-5130

Arnold, M., Morgan, E., Rumgay, H., Mafra, A., Singh, D., Laversanne, M., ... & Soerjomataram, I. (2022). Current and future burden of breast cancer: Global statistics for 2020 and 2040. *The Breast*, ***66***, 15-23. DOI: 10.1016/j.breast.2022.08.010

Ayhan, H., & Mollahaliloğlu, S. 2018. Tıbbi sülük tedavisi: Hirudoterapi. *Ankara Medical Journal*,***18***, 141-148. DOI: 10.17098/amj.409057

Ayhan, H., Özyurt Koçakoğlu, N. & Candan, S. (2021). Functional morphology of the suckers and teeth of the medicinal leech *Hirudo verbana* Carena, 1820 (Annelida; Clitellata; Hirudinida): A scanning electron microscope study. *Microscopy Research and Technique*, ***84***(12), 2930-2935. DOI: 10.1002/jemt.23851

Aysin, F., Simsek Ozek, N., Acet, N. & Koc, K. (2024). The Anti-proliferative effects of Ficus carica latex on cancer and normal cells. *Journal of Anatolian Environmental & Animal Sciences*, ***9***(2), 145-151. DOI: 10.35229/jaes.1412816

Baskova, I.P., Aguejouf, O.M., Azougagh-Oualane, F., Zavalova, L.L., Basanova, A.V., & Doutremepuich, C. (1995). Arterial antithrombotic effect of piyav1t, the novel pharmacological preparation from the medicinal leech, and of its components, prostanoids and enzyme destabilase. *Thrombosis Research*, ***77***(6), 483-492. DOI: 10.1016/0049-3848(95)00024-0.

Baskova, I.P., Kostrjukova, E.S., Vlasova, M.A., Kharitonova, O.V., Levitskiy, S.A., Zavalova, L.L., Moshkovskii, S.A. & Lazarev, V.N. (2008). Proteins and Peptides of the Salivary Gland Secretion of Medicinal Leeches *Hirudo verbana*, *H. medicinalis*, and *H. orientalis*.

Biochemistry (Moscow), ***73***, 315-20. DOI: 10.1134/S0006297908030127

Bell, C.F., Lei, X., Haas, A., Baylis, R.A., Gao, H., Luo, L., ... & Leeper, N.J. (2023). Risk of cancer after diagnosis of cardiovascular disease. *Cardio Oncology*, ***5***(4), 431-440. DOI: 10.1016/j.jaccao.2023.01.010.

Bradford, M. M. (1976). A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. *Analytical biochemistry*, ***72***(1-2), 248-254. https://doi.org/10.1016/0003-2697(76)90527-3.

Bray, F., Ren, J.S., Masuyer, E. & Ferlay, J. (2013). Estimates of global cancer prevalence for 27 sites in the adult population. *Int. J. Cancer*, *132*(5), 1133-1145. DOI: 10.1002/ijc.27711

Davies, R.W. (1991). Annelida: Leeches. *Ecology and Classification of North American Freshwater Invertebrates*, 437.

Deng, S., Shanmugam, M.K., Kumar, A.P., Yap, C.T., Sethi, G. & Bishayee, A. (2019). Targeting autophagy using natural compounds for cancer prevention and therapy. *Cancer*, ***125***(8), 1228-1246. https://doi.org/10.1002/cncr.31978

Gödekmerdan, A., Arusan, S., Bayar, B., & Sağlam, N. (2011). Tıbbi sülükler ve hirudoterapi. *Turkiye Parazitol Derg*, ***35***(4), 234-239. DOI: 10.5152/tpd.2011.60

Guo, Y., Tian, X. & Xiao, Z. (2006). Study on inhibition effects of freeze-thawing leech extract on HepG2 cells. *Chinese Journal of Information on Traditional Chinese Medicine*, .

Hanahan, D. & Weinberg, R.A. (2011). Hallmarks of cancer: the next generation. *Cell*, ***144***(5), 646-674. DOI: 10.1016/j.cell.2011.02.013

Muhammad, N., Usmani, D., Tarique, M., Naz, H., Ashraf, M., Raliya, R., Tabrez, S., Zughaibi, T.A., Alsaieedi, Hakeem, I.J. & Suhail, M. (2022). The role of natural products and their multitargeted approach to treat solid cancer. *Cells*, ***11***(14), 2209. DOI: 10.3390/cells11142209

Minkin, B.I. (1990). Leechs in modern medicine. *Carolina Tips*, ***52***, 1-6.

Nenclares, P. & Harrington, K.J. (2020). The biology of cancer. Medicine, ***48***(2), 67-72. DOI: 10.1016/j.mpmed.2019.11.001

Neubert, E. & Nesemann, H. (1999). Annelida, Clitellata: Branchiobdellida, Acanthobdellea, Hirudinea. Süβwasserfauna von Mitteleuropa 6/2. *Spektrum Akademischer Verlag*.p.176.

Sağlam, N. (2004). Tatlı Su ve Deniz Sülükleri Tanı Anahtarı. *Fırat Üniversitesi Basım Evi*.

Salzet, M. (2001). Anticoagulants and inhibitors of platelet aggregation derived from leeches. *FEBS Letters*, ***492***(3), 187-192. DOI: 10.1016/S0014-5793(01)02212-8.

Sawyer, R.T. (1986). Leech Biology and Behaviour. *Clarendon Press*, Oxford.

Shaheen, M., Allen, C., Nickoloff, J.A. & Hromas, R. (2011). Synthetic lethality: exploiting the addiction of cancer to DNA repair. Blood, *The Journal of the American Society of Hematology*, ***117***(23), 6074-6082. DOI: 10.1182/blood-2011-01-313734

Shakouri, A. & Wollina, U. (2021). Time to change theory; medical leech from a molecular medicine perspective leech salivary proteins playing a potential role in medicine. *Advanced Pharmaceutical Bulletin*, ***11***(2), 261. DOI: 10.34172/apb.2021.038

Shakouri, A., Kahroba, H., Hamishekar, H. & Abdolalizadeh, J. (2022). Nanoencapsulation of *Hirudo medicinalis* proteins in liposomes as a nanocarrier for inhibiting angiogenesis through targeting VEGFA in the Breast cancer cell line (MCF-7). *BioImpacts: BI*, ***12***(2), 115. DOI: 10.34172/bi.2021.39

Surh, Y. J. (2003). Cancer chemoprevention with dietary phytochemicals. *Nature Reviews Cancer*, ***3***(10), 768-780. https://doi.org/10.1038/nrc1189.

Ünal, K., Tırık, N., Erol, M., İbrahimkhanlı, L., Elçi, M. & Ayhan, H. (2023). The Investigation of Effects of Medicinal Leech Saliva Extract on the Breast Fibroblast Cell Line In Vitro: An Experimental Study. *Journal of Traditional Medical Complementary Therapies*, ***6***(2). DOI: 10.5336/jtracom.2022-92875

Journal of Anatolian Environmental and Animal Sciences
(*Anadolu Çevre ve Hayvancılık Bilimleri Dergisi*)
DOI: https://doi.org/10.35229/jaes.1550189

JAES
Year: 9, No: 4, 2024 (514-520)
AÇEH
Yıl: 9, Sayı: 4, 2024 (514-520)

ARAŞTIRMA MAKALESİ **RESEARCH PAPER**

Investigation of Apoptosis-mediated Cytotoxic Effects of Royal Jelly on HL-60 Cells

Hasan ULUSAL[1]* Mehmet Akif BOZDAYI[2] Hatice Kübra YIGIT DUMRUL[3]
Melek Sena TARAKÇIOĞLU[4] Abdullah TAŞKIN[5]

[1]*Department of Medical Biochemistry, Faculty of Medicine, Gaziantep Islam Science and Technology University, Gaziantep, Türkiye*
[2]*Department of Medical Biochemistry, Mehmet Akif Inan Education and Research Hospital, Sanliurfa, Türkiye*
[3]*Department of Physiology, Faculty of Medicine, Gaziantep University, Gaziantep, Türkiye*
[4]*Department of Medical Biochemistry, Faculty of Medicine, Gaziantep University, Gaziantep, Türkiye*
[5]*Department of Nutrition and Dietetics, Faculty of Health Sciences, Harran University, Sanliurfa, Türkiye*

Received: *16.09.2024* ***Accepted:*** ***21****.10.2024* ***Published:*** *31.12.2024*

How to cite: **Ulusal, H., Bozdayi M.A., Yigit Dumrul, H.K., Tarakçioğlu, M.S. & Taşkin, A. (2024).** Investigation of Apoptosis-mediated Cytotoxic Effects of Royal Jelly on HL-60 Cells. *J. Anatolian Env. and Anim. Sciences*, ***9***(4), 514-520. https://doi.org/10.35229/jaes.1550189
Atıf yapmak için: **Ulusal, H., Bozdayi M.A., Yigit Dumrul, H.K., Tarakçioğlu, M.S. & Taşkin, A. (2024).** Arı Sütünün HL-60 Hücreleri Üzerindeki Apoptoz Aracılı Sitotoksik Etkilerinin Araştırılması. *Anadolu Çev. ve Hay. Dergisi*, ***9***(4), 514-520. https://doi.org/10.35229/jaes.1550189

*: https://orcid.org/0000-0003-3890-2088
: https://orcid.org/0000-0003-0459-0629
: https://orcid.org/0000-0002-6780-229X
: https://orcid.org/0000-0001-5649-3965
: https://orcid.org/0000-0001-8642-1567

***Corresponding author's:**
Hasan ULUSAL
Department of Medical Biochemistry, Faculty of Medicine, Gaziantep Islam Science and Technology University, Gaziantep, Türkiye
✉: hasan_ulusal@hotmail.com

Abstract: In recent years, the use of nontoxic natural products that can be effective on cancer cells as new agents has attracted the attention of scientists in order to reduce the negative side effects of existing cancer drugs and their toxicity to normal cells. Some in vivo and in vitro studies have shown that royal jelly (RJ) inhibits cell proliferation and induces apoptosis. In this research, we aimed to investigate the effects of RJ on proliferative and apoptotic processes in the human acute promyelocytic leukemia cell line (HL-60). The HL60 cell line was treated with different concentrations of RJ for 24, 48, and 72 hours. The half maximum inhibitory concentration (IC_{50}) of RJ was determined using 3-(4.5 dimethylthiazol-2-yl)-2.5-diphenyltetrazolium bromide test (MTT) and the proliferation activity of HL-60 cells was evaluated. Flow cytometry analysis was performed to measure apoptosis in HL-60 cells. IC_{50} values for RJ were calculated as 13.98, 6.45, and 2.06 mg/mL for 24, 48, and 72 hours, respectively. Flow cytometry results also showed that RJ had apoptotic effects at the concentrations found. The results showed that RJ treatment significantly induced apoptosis and reduced the proliferation of HL-60 cells. This study shows that RJ can be a complementary treatment against HL-60 acute myeloid leukemia cells due to its anticancer and antiproliferative effects.

Keywords: Anti-cancer, apoptosis, hl-60, mtt, royal jelly.

Arı Sütünün HL-60 Hücreleri Üzerindeki Apoptoz Aracılı Sitotoksik Etkilerinin Araştırılması

***Sorumlu yazar:**
Hasan ULUSAL
Gaziantep İslam Bilim ve Teknoloji Üniversitesi, Tıp Fakültesi, Tıbbi Biyokimya Anabilim Dalı, Gaziantep, Türkiye
✉: hasan_ulusal@hotmail.com

Öz: Son yıllarda mevcut kanser ilaçlarının olumsuz yan etkilerini ve normal hücrelere olan toksisiteyi zararlarını azaltmak için kanser hücrelerinde etkili olabilecek nontoksik doğal ürünlerin yeni ajan olarak kullanılması bilim insanlarının dikkatini çekmektedir. Bazı in vitro ve in vivo çalışmalar, arı sütünün hücre proliferasyonunu inhibe ettiğini, apoptozu indüklediğini göstermiştir. Bu çalışmada, arı sütünün insan akut miyeloid lösemi hücre hattında proliferatif ve apoptotik süreçlerdeki etkilerini araştırmayı amaçladık. HL60 hücre hattı, 24, 48 ve 72 saat boyunca farklı konsantrasyonlarda arı sütü ile muamele edildi. 3-(4,5 dimetiltiazol-2-il)-2,5-difeniltetrazolyum bromür testi (MTT) kullanarak arı sütünün yarı maksimum inhibitör konsantrasyonu (IC_{50}) belirlendi ve HL-60 hücrelerinin proliferasyon aktivitesi değerlendirildi. HL-60 hücrelerindeki apoptozu ölçmek için flow sitometresi analizi gerçekleştirildi. Yapılan hesaplamalarda arı sütü için IC_{50} değerleri 24, 48 ve 72 saat için sırasıyla 13,98, 6,45 ve 2,06 mg/mL bulundu. Flow sitometri sonuçlarıde arı sütünün bulunan konsantrasyonlarda apoptotik etkilere sahip olduğunu gösterdi. Sonuçlar, arı sütü tedavisinin HL-60 hücrelerinin proliferasyonunu önemli ölçüde azalttığını ve apoptozunu indüklediğini gösterdi. Bu çalışma, arı sütünün antikanser ve antiproliferatif etkilerinden dolayı HL-60 akut miyeloid lösemi hücrelerine karşı tedavide tamamlayıcı olarak kullanılabileceğini göstermektedir.

Anahtar kelimeler: Arı sütü, hl-60, anti-kanser, apoptoz, mtt.

INTRODUCTION

Cancer has been defined as one of the most important health problems in the world for nearly a century. A cancerous tumor refers to a colony of cells that proliferate more frequently and uncontrollably than normal tissue and have invasive and metastatic properties. The World Health Organization estimated that total cancer-related deaths in 2018 were 9.6 million, and new cases were approximately 18.1 million (Upreti et al., 2022). According to the World Health Organization's 2050 report, 27 million cancer cases and 17.1 million deaths are expected annually (Kumar & Jaitak, 2019). The most obvious characteristics of cancer cells are their resistance to cell death signals and their immortality. Programmed cell death consists of three main categories: necrosis programmed cell death, autophagic cell death and apoptosis. These three death pathways together can determine the future of cancer cells, but due to their separate importance, studies on cancer treatment focus on the triggering pathways of apoptosis (Upreti et al., 2022; Xiang et al., 2019). In adults, prostate cancer, ovarian, cervix, breast, lung, liver, colorectal, stomach, and leukemia are the most common neoplasms; leukemia has the highest incidence among children and adolescents (Michlewska et al., 2019). Leukemia is a type of cancer that results from the uncontrolled growth of immature blood cells derived from abnormal hematopoietic stem cells in the bone marrow and accounts for about 3% of all new cancer cases. Currently available cancer treatments include chemotherapy, surgery, radiotherapy, immunotherapy, chemical-based drugs, etc. (Upreti et al., 2022; Xiang et al., 2019). Chemotherapy is considered to be the main treatment strategy method for leukemia patients, but these treatments show high toxicity and relatively low efficacy in patients and can also put patients under excessive physical and mental stress (Hsiao et al., 2021; Ji et al., 2014). In addition, it has been observed that even with the best available treatment method used in acute myeloid leukemia, the 5-year survival rate of patients is low, and the response to existing chemotherapeutics has been found to be reduced (Salama et al., 2022; Suleiman et al., 2020). Therefore, the search for alternative treatments in this field is of primary importance. Although many studies have been conducted in recent years for alternative treatments, the use of agents obtained from natural sources has attracted interest in cancer treatment due to their low toxicity to healthy cells and tissues, their effectiveness against cancer cells and their low cost (Suleiman et al., 2020; Upreti et al., 2022; Xiang et al., 2019). In general, natural products are advantageous because they are easy to obtain and relatively safe.

In recent years, the great increase in interest in the food industry and natural products has revealed the importance of royal jelly (RJ) and its unique pharmacological and therapeutic properties (Miyata & Sakai, 2018). RJ is a white and viscous substance excreted from the mandibular and hypopharyngeal glands of the worker honeybee Apis mellifera. It is known as a “super food” that only the queen bee consumes throughout her life. RJ is also a special nutrient source for 2-3 days for honeybee larvae. This super food is considered to be the main reason for the longer lifespan and fertility of the queen bee compared to other bees (Pasupuleti et al., 2017). RJ is considered a functional food because it has a number of pharmacological activities (hypotensive, vasodilatory, anti-hypercholesterolemic, antimicrobial, antitumoral, anti-inflammatory, and antioxidant). The various pharmacological properties of RJ are due to its unique and rich composition consisting of polyphenols, flavonoids, minerals, lipids, vitamins, carbohydrates, proteins, as well as various biologically active substances (Bagameri et al., 2023; Kunugi & Mohammed Ali, 2019; Viuda-Martos et al., 2008). In vivo and in vitro studies have shown that RJ inhibits cell proliferation and induces apoptosis (Albalawi et al., 2022; Bagameri et al., 2023; Jovanović et al., 2022; Kul Köprülü et al., 2022; Salama et al., 2022).

Our aim in this study was to examine the apoptotic and cytotoxic effects of RJ, which has a rich content, on HL-60 cells, an acute promyelocytic cell line. For this purpose, we applied RJ to HL-60 cancer cells and examined its cytotoxic effects with MTT test and calculated IC_{50} value. In addition, Annexin V test was applied with flow cytometry method to examine the apoptotic effects of RJ on HL-60 cells. With these analyses, we aimed to reveal the effect of RJ on proliferative and apoptotic processes.

MATERIAL AND METHOD

Reagent and Chemicals: Dimethyl sulfoxide (DMSO) (Molecular biology grade) was purchased from Sigma Aldrich. RPMI-1640 medium (with L-glutamine), phosphate buffer saline (PBS) (Without Calcium, magnesium), Penicillin-Streptomycin 100X solution, and fetal bovine serum (FBS) (US Origin) were purchased from HyClone. 3-(4,5 dimetiltiazol-2-il)-2,5-difeniltetrazolyum bromür (MTT) (Ultrapure) was purchased from VWR. FITC Annexin V Apoptosis Detection Kit with PI was purchased from Biolegend.

Cell line and cell culture: Human acute myeloid leukemia (HL-60) cell line was obtained from ATTC (Manassas, VA, USA). HL-60 cells were thawed in a water bath set at 37°C and PBS was added and centrifuged at 1200xg for 5 min to remove DMSO. Then, the cells were washed. HL-60 cells were cultured in RPMI 1640 medium containing 10% fetal bovine serum, %1 penicillin/streptomycin at 95% humidity, 37°C, and 5% CO_2 in an incubator. When the cells covered approximately 80% of the flask, the cells were taken out with a pipette and centrifuged at 1200xg for 6 min to remove the medium. The

pellet was diluted with 6 mL of medium and viable cell counts were performed using trypan blue on a Neubauer slide under an inverted microscope. The counted cells were used for proliferation analysis and apoptosis measurement.

Cell proliferation analysis: This assay is a colorimetric assay that measures the reduction of MTT reagent by mitochondrial succinate dehydrogenase. The anti-proliferative activity of RJ at different concentrations (100 mg/mL, 10 mg/mL, 1 mg/mL, 0.1 mg/mL, 0.01 mg/mL, 0.001 mg/mL) on HL-60 cells was evaluated using the MTT method. HL-60 cells were seeded in 24-well plates at approximately $1x10^5$ cells/well. RJ prepared at different concentrations was added to the cells in 3 replicates and incubations were applied for 24, 48, 72 hours. At the end of each incubation, 100 µL of MTT solution (5 mg/mL) was added to each well and incubated for 4 hours at 37 °C, and then the medium was removed and 1000 µL of dimethylsulfoxide (DMSO) was added to dissolve the formazan crystals on an orbital shaker. The absorbance was measured at 570 nm in a plate microplate reader (H1 Synergy, Biotek, USA). All analyses were performed in triplicate for each RJ dose. Cell viability was calculated as the ratio of the absorbance of treated cells divided by the absorbance of untreated control cells (the same amount of solvent was applied to the cells), and IC_{50} values for each incubation time were calculated with the help of a program (https://www.aatbio.com/tools/ic50-calculator).

A*poptosis measurement by flow cytometry:* Royal jelly-induced apoptosis in the HL-60 cell line was measured by flow cytometry using Annexin V-FITC. HL-60 cell suspension was seeded into 24-well cell plates as 1 ml at $1x10^5$ cells/well. Based on the MTT results, the apoptotic effects of the concentrations of RJ corresponding to the IC_{50} value in the 24, 48 and 72 h assays were evaluated in the flow cytometry device. The plates containing the HL-60 cell suspension were taken from the incubator and the cells were aspirated from the wells. Then, the cells were transferred to a centrifuge tube and centrifuged at 1200xg for 5 minutes. After centrifugation, the supernatant was discarded, 3 mL of cold PBS was added to the pellet and centrifuged again. This process was repeated 2 times. After centrifugation, the pellet was homogenized in 200 µL of PBS. 100 µL of this homogenate was taken and transferred to a flow tube. 5 µL of Annexin and 5 µL of propidium iodide (PI) included in the kit were added to each flow tube containing cells and vortexed for 1-2 seconds. This suspension was incubated for 15 minutes in the dark at room temperature and then 350 µL of binding buffer was added. The flow tube was gently shaken to obtain a homogeneous mixture and cell samples were analyzed on a flow cytometer (BD FacsLyric, USA).

Statistical Analysis: SPSS 25.0 program was used for statistical analysis of the data. Shapiro-Wilk test was used to evaluate whether the means of the variables showed normal distribution. One-Way ANOVA test was used to compare the means of variables that showed normal distribution between more than two groups. Bonferroni post-hoc test was used to compare the groups with each other, and Dunnet post-hoc test was used to compare the control group with other groups. T-Test was used for parametric evaluation of 2 independent groups for flow cytometry data. $p<0.05$ was considered statistically significant.

RESULTS

According to MTT analyses, IC_{50} values of RJ concentrations at 24, 48 and 72 hours were calculated as 13.98, 6.45 and 2.06 mg/mL, respectively, indicating that RJ inhibited the proliferation of HL-60 cells in a dose and time dependent manner.

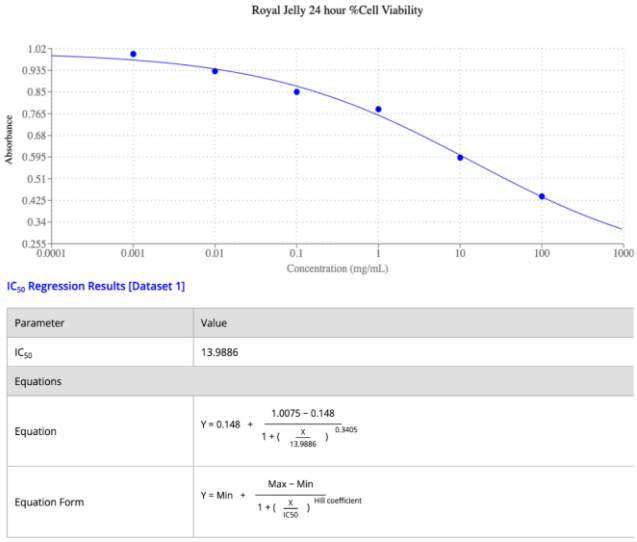


Figure 1. Calculation of IC_{50} value for RJ after 24 hours of application.

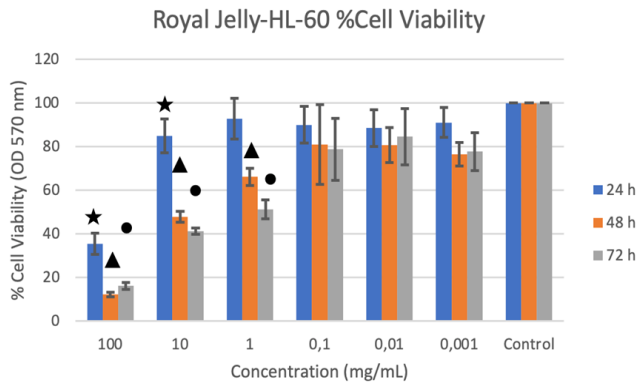


Figure 2. Effects of different concentrations of RJ on HL-60 cell line. Experimental data are represented as mean ±SEM (replicate treatments:4). $p<0.05$ was considered statistically significant. ★; significant differences between control and other groups for 24 h, ▲; significant differences between control and other groups for 48 h and ●; significant differences between control and other groups for 72 h.

Dose-dependent viability graph of RJ application for different incubations is given in Figure 2. In the comparison of RJ at different doses with the control group, it was found that there was a significant difference after 10

mg/mL for 24 hours, and there were significant differences after 1 mg/mL in 48 and 72 hour applications.

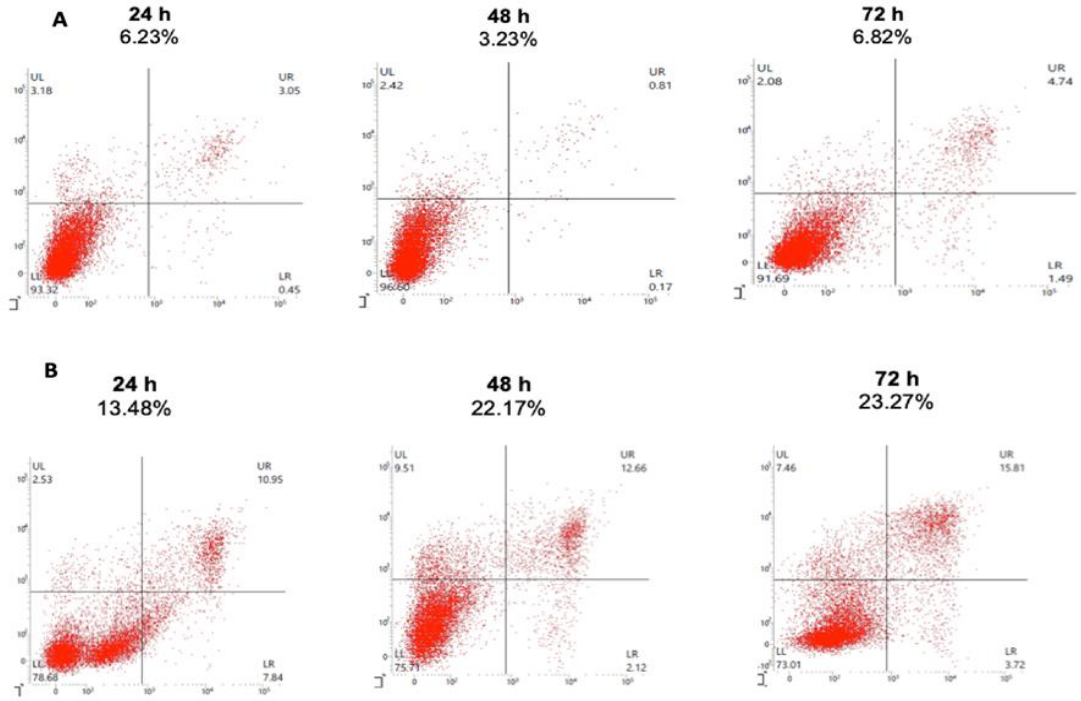


Figure 3. Apoptotic cell percentages in HL-60 cells determined by flow cytometry at 24, 48, 72 hours, (A) Apoptotic cell rate in cells containing medium without RJ (B) Apoptotic cell rate in cells applied with RJ.

At the end of 24, 48 and 72 hours of incubation; According to the Annexin V-FITC test results, the percentage of apoptotic cells in HL-60 cells with RJ was found to be 13.48%, 22.17% and 23.27%, respectively. In the control group without RJ, the apoptotic cell rate was 6.23%, 3.23% and 6.82%, respectively (Figure 3). When flow cytometry results were examined in 24, 48 and 72 hour incubations, a statistically significant difference was found between the royal jelly and control group ($p<0,05$) (Figure 4).The results showed that RJ treatment supported HL-60 cell apoptosis and encouraged HL-60 cells to the apoptotic pathway.

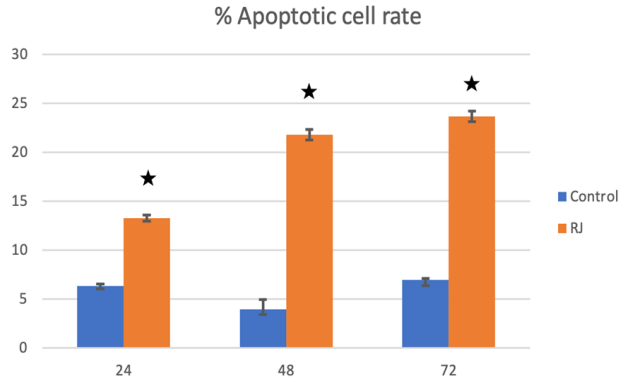


Figure 4. Flow cytometry results for different time. Experimental data are represented as mean ±SEM (replicate treatments:2). $p<0.05$ was considered statistically significant. ★; significant differences between control and RJ.

DISCUSSION AND CONCLUSION

Cancer, which has more than 30 different types, has recently been recognized as the leading cause of death worldwide (Albalawi et al., 2021). Today immunotherapy, targeted therapy, radiotherapy, and chemotherapy are the most common anticancer therapies used to treat patients with intermediate and advanced malignancies by prolonging survival and improving the quality of life to some extent. However, these treatments have been found to have many limitations and disadvantages. While the toxicities of the agents used in treatment significantly affect the quality of life of patients, some patients may discontinue treatment because they cannot tolerate these toxicities (Zhang et al., 2021). Therefore, the search for new natural methods with high efficacy and low toxicity in cancer treatment has gained more importance in recent years (Hegde et al., 2023; Moskwa et al., 2023; Sánchez-Martín et al., 2023). Natural products have long been one of the most valuable sources of medicines due to their high availability, broad efficacy, and low toxicity (Albalawi et al., 2021; Gullett et al., 2010; Sznarkowska et al., 2017). Products with these properties include bee products such as bee venom, pollen, RJ, bee bread, propolis, and honey. Bee products have been used in traditional medicine for the treatment of various diseases and injuries for thousands of years since ancient times. Several studies have confirmed

that bee products contain many active ingredients in their chemical composition and exhibit a wide range of biological activities, such as anticancer, antimutagenic, antioxidant, anti-inflammatory, antiviral, and antibacterial (Moskwa et al., 2023). In this research, we aimed to investigate the effects of RJ on proliferative and apoptotic processes in the HL-60 cell line.

Our experimental results showed that the IC_{50} values of RJ concentrations at 24, 48, and 72 h were 13.98, 6.45, and 2.06 mg/mL, respectively, according to MTT assays. These results showed that RJ inhibited the growth of HL-60 cells and the results were dose- and time-dependent.

Cell death, and more specifically apoptosis, is the priority of many anti-cancer therapies, from traditional chemotherapy and radiotherapy to newly developed targeted therapy and immunotherapy (Berthenet et al., 2020). The role of apoptosis in cancer has attracted great attention, with resistance to apoptosis being widely accepted as an acquired feature of cancer cells, providing them with survival advantages that promote tumor evolution and growth, as well as treatment failure. As a result, the effectiveness of cancer therapies is tightly dependent not only on the cellular damage they cause, but also on the ability to activate apoptosis in cells (Morana et al., 2022).

In our study, in order to detect cells undergoing apoptosis, Annexin V-FITC test analysis was performed with a single RJ concentration determined as a result of MTT analysis. At the end of 24, 48 and 72 hours of incubation; According to the Annexin V-FITC test results, the percentages of apoptotic cells in RJ HL-60 cells were found to be 13.48%, 22.17% and 23.27%, respectively. In the control group to which RJ was not added, the apoptotic cell rate was 6.23%, 3.23% and 6.82%, respectively. The fact that the apoptosis rate in control cells not treated with RJ was found to be lower than in cells treated with RJ clearly shows that RJ leads cells to apoptosis in the HL-60 cell line.

The data we obtained from cytotoxicity and apoptosis tests show that RJ is a natural substance that can affect cancer cells. When the studies in the literature are examined; a study in MCF-7 breast cancer cells found that RJ inhibited estradiol-induced cell proliferation (Nakaya et al., 2007). In WiDr colon cancer cells, treatment with RJ was observed to inhibit WiDr cells in a dose-dependent manner (Yang et al., 2018). In addition, RJ has been reported to have anti-proliferative activity in SH-SY5Y human neuroblastoma cells and in a mouse breast cancer model (Gismondi et al., 2017; Zhang et al., 2017). In metastatic renal cancer cells, RJ has also been shown to enhance the anti-cancer effects of molecularly targeted agents, while in human hepatocellular carcinoma cells (HepG2), RJ treatment has been shown to induce apoptosis (Miyata et al., 2020; Saad Al Shehri et al., 2023).

Previous studies from Turkey have explored the therapeutic potential of RJ on various cancer and neuroblastoma cell lines. For instance, its antiproliferative effects on HT-29 colon cancer cells have been demonstrated, highlighting its potential to inhibit cell growth and induce apoptosis. These findings suggest that RJ may exert significant cytotoxic effects on tumor cells by targeting key signaling pathways involved in cell survival and proliferation. RJ affected SH-SY5Y neuroblastoma cells in another study, indicating its anti-cancer properties in neuronal cell models. These findings contribute to a growing body of evidence that RJ could have diverse biological effects across different cell types, further supporting its potential role in cancer therapy (Ayna & Darendelioglu, 2022; Ayna et al., 2021; Caliskan et al., 2021).

As a result, cancer is one of the biggest health problems of our day. In addition to developing new drugs for the treatment of cancer, the use of natural products is among the frequently used methods. The RJ we used in this study stands out due to its rich nutritional content. Our findings have shown that RJ has an anti-proliferative effect on the HL-60 cell line and increases cell death by promoting apoptosis. These results provide clues that RJ can be used as a complementary supplement in cancer treatments. The effects of RJ on cancers will be more clearly revealed by investigating the combinations of RJ with existing chemotherapeutics and the effectiveness of RJ in cancer cell models.

STATEMENTS AND DECLARATIONS

Funding : No Funding.

Competing Interests: The authors declare that there is no conflict of interest.

Ethics Statements: There is no problem in terms of research and publication ethics.

REFERENCES

Albalawi, A. E., Althobaiti, N. A., Alrdahe, S. S., Alhasani, R. H., Alaryani, F. S. & BinMowyna, M. N. (2021). Anti-Tumor Effects of Queen Bee Acid (10-Hydroxy-2-Decenoic Acid) Alone and in Combination with Cyclophosphamide and Its Cellular Mechanisms against Ehrlich Solid Tumor in Mice. *Molecules* ***26***(22), 7021. DOI: 10.3390/molecules26227021

Albalawi, A. E., Althobaiti, N. A., Alrdahe, S. S., Alhasani, R. H., Alaryani, F. S. & BinMowyna,

M. N. (2022). Antitumor Activity of Royal Jelly and Its Cellular Mechanisms against Ehrlich Solid Tumor in Mice. *BioMed Research International* ***2022***, 7233997. DOI: 10.1155/2022/7233997

Ayna, A. & Darendelioglu, E. (2022). Evaluation of the Biological Activities of Royal Jelly on Prostate and Breast Cancer Cells. *Türk Doğa ve Fen Dergisi* ***11***. DOI: 10.46810/tdfd.1149604

Ayna, A., Tunç, A., ÖZbolat, S., Bengü, A., Aykutoğlu, G., Canli, D., Polat, R., Ciftci, M. & Darendelioglu, E. (2021). Anticancer, and antioxidant activities of royal jelly on HT-29 colon cancer cells and melissopalynological analysis. *Turkish Journal of Botany*, ***45***, 809-819. DOI: 10.3906/bot-2109-8

Bagameri, L., Botezan, S., Bobis, O., Bonta, V. & Dezmirean, D. S. (2023). Molecular Insights into Royal Jelly Anti-Inflammatory Properties and Related Diseases. *Life (Basel)*, ***13***(7), 1573. DOI: 10.3390/life13071573

Berthenet, K., Castillo Ferrer, C., Fanfone, D., Popgeorgiev, N., Neves, D., Bertolino, P., Gibert, B., Hernandez-Vargas, H. & Ichim, G. (2020). Failed Apoptosis Enhances Melanoma Cancer Cell Aggressiveness. *Cell Reports* ***31***(10), 107731. DOI: 10.1016/j.celrep.2020.107731

Caliskan, E., Ayna, A., Tunç, A., ÖZbolat, S., Bengü, A., Aykutoğlu, G., Ciftci, M. & Darendelioglu, E. (2021). Antioxidant Activities of Bingöl Royal Jelly on SH-SY5Y Cells. *International Journal of Nature and Life Sciences* ***5***. DOI: 10.47947/ijnls.1008223

Gismondi, A., Trionfera, E., Canuti, L., Di Marco, G. & Canini, A. (2017). Royal jelly lipophilic fraction induces antiproliferative effects on SH-SY5Y human neuroblastoma cells. *Oncology Reports* ***38***(3), 1833-1844. DOI: 10.3892/or.2017.5851

Gullett, N. P., Ruhul Amin, A. R., Bayraktar, S., Pezzuto, J. M., Shin, D. M., Khuri, F. R., Aggarwal, B. B., Surh, Y. J. & Kucuk, O. (2010). Cancer prevention with natural compounds. *Seminars Oncology* ***37***(3), 258-281. DOI: 10.1053/j.seminoncol.2010.06.014

Hegde, M., Girisa, S., Naliyadhara, N., Kumar, A., Alqahtani, M. S., Abbas, M., Mohan, C. D., Warrier, S., Hui, K. M., Rangappa, K. S., Sethi, G. & Kunnumakkara, A. B. (2023). Natural compounds targeting nuclear receptors for effective cancer therapy. *Cancer and Metastasis Reviews* ***42***(3), 765-822. DOI: 10.1007/s10555-022-10068-w

Hsiao, Y. C., Chueh, F. S., Ma, Y. S., Lien, J. C., Hsia, T. C., Huang, W. W., Chou, Y. C., Chen, P. Y., Chung, J. G., Chen, H. Y. & Liu, K. C. (2021). Genistein enhances the effects of L-asparaginase on inducing cell apoptosis in human leukemia cancer HL-60 cells. *Environmental Toxicology* ***36***(5), 764-772. DOI: 10.1002/tox.23078

Ji, Y. B., Ji, C. F. & Yue, L. (2014). Study on human promyelocytic leukemia HL-60 cells apoptosis induced by fucosterol. *Bio-Medical Materials and Engineering* ***24***(1), 845-851. DOI: 10.3233/bme-130876

Jovanović, M. M., Šeklić, D. S., Rakobradović, J. D., Planojević, N. S., Vuković, N. L., Vukić, M. D. & Marković, S. D. (2022). Royal Jelly and trans-10-Hydroxy-2-Decenoic Acid Inhibit Migration and Invasion of Colorectal Carcinoma Cells. *Food Technology and Biotechnology* ***60***(2), 213-224. DOI: 10.17113/ftb.60.02.22.7495

Kul Köprülü, T., Erkal, B., Kara, A. & Tekin, Ş. (2022). Investigation of the effects of the royal jelly on genomic demethylation and tumor suppressor genes in human cancer cells. *Medical Oncology* ***40***(1), 59. DOI: 10.1007/s12032-022-01927-1

Kumar, A. & Jaitak, V. (2019). Natural products as multidrug resistance modulators in cancer. *European Journal of Medicinal Chemistry* ***176***, 268-291. DOI: 10.1016/j.ejmech.2019.05.027

Kunugi, H. & Mohammed Ali, A. (2019). Royal Jelly and Its Components Promote Healthy Aging and Longevity: From Animal Models to Humans. *International Journal of Molecular Sciences* ***20***(19), 4662. DOI: 10.3390/ijms20194662

Michlewska, S., Ionov, M., Maroto-Díaz, M., Szwed, A., Ihnatsyeu-Kachan, A., Abashkin, V., Dzmitruk, V., Rogalska, A., Denel, M., Gapinska, M., Shcharbin, D., Gomez Ramirez, R., de la Mata, F. J. & Bryszewska, M. (2019). Ruthenium dendrimers against acute promyelocytic leukemia: in vitro studies on HL-60 cells. *Future Medicinal Chemistry* ***11***(14), 1741-1756. DOI: 10.4155/fmc-2018-0274

Miyata, Y., Araki, K., Ohba, K., Mastuo, T., Nakamura, Y., Yuno, T., Mukai, Y., Otsubo, A., Mitsunari, K., Mochizuki, Y. & Sakai, H. (2020). Oral intake of royal jelly improves anti-cancer effects and suppresses adverse events of molecular targeted therapy by regulating TNF-α and TGF-β in renal cell carcinoma: A preliminary study based on a randomized double-blind clinical trial. *Molecular and Clinical Oncology* ***13***(4), 29. DOI: 10.3892/mco.2020.2099

Miyata, Y. & Sakai, H. (2018). Anti-Cancer and Protective Effects of Royal Jelly for Therapy-Induced Toxicities in Malignancies. *International Journal of Molecular Sciences* ***19***(10), 3270. DOI: 10.3390/ijms19103270

Morana, O., Wood, W. & Gregory, C. D. (2022). The Apoptosis Paradox in Cancer. *International Journal of Molecular Sciences* ***23***(3), 1328. DOI: 10.3390/ijms23031328

Moskwa, J., Naliwajko, S. K., Dobiecka, D. & Socha, K. (2023). Bee Products and Colorectal Cancer-Active Components and Mechanism of Action. *Nutrients* ***15***(7), 1614. DOI: 10.3390/nu15071614

Nakaya, M., Onda, H., Sasaki, K., Yukiyoshi, A., Tachibana, H. & Yamada, K. (2007). Effect of royal jelly on bisphenol A-induced proliferation of human breast cancer cells. *Bioscience, Biotechnology, and Biochemistry* ***71***(1), 253-255. DOI: 10.1271/bbb.60453

Pasupuleti, V. R., Sammugam, L., Ramesh, N. & Gan, S. H. (2017). Honey, Propolis, and Royal Jelly: A Comprehensive Review of Their Biological Actions and Health Benefits. *Oxidative Medicine and Cellular Longevity* ***2017***, 1259510. DOI: 10.1155/2017/1259510

Saad Al Shehri, Z., Alanazi, A. D. & Alnomasy, S. F. (2023). Anti-Cancer Effects of Queen Bee Acid (10-Hydroxy-2-Decenoic Acid) and Its Cellular Mechanisms against Human Hepatoma Cells. *Molecules* ***28***(4), 1972. DOI: 10.3390/molecules28041972

Salama, S., Shou, Q., Abd El-Wahed, A. A., Elias, N., Xiao, J., Swillam, A., Umair, M., Guo, Z., Daglia, M., Wang, K., Khalifa, S. A. M. & El-Seedi, H. R. (2022). Royal Jelly: Beneficial Properties and Synergistic Effects with Chemotherapeutic Drugs with Particular Emphasis in Anticancer Strategies. *Nutrients* ***14***(19), 4166. DOI: 10.3390/nu14194166

Sánchez-Martín, V., Morales, P., Iriondo-DeHond, A., Hospital, X. F., Fernández, M., Hierro, E. & Haza, A. I. (2023). Differential Apoptotic Effects of Bee Product Mixtures on Normal and Cancer Hepatic Cells. *Antioxidants (Basel)* ***12***(3), 615. DOI: 10.3390/antiox12030615

Suleiman, S., Di Fiore, R., Cassar, A., Formosa, M. M., Calleja-Agius, J. & Schembri-Wismayer, P. (2020). Anticancer effects of an extract from a local planarian species on human acute myeloid leukemia HL-60 cells in vitro. *Biomedicine & Pharmacotherapy* ***130***, 110549. DOI: 10.1016/j.biopha.2020.110549

Sznarkowska, A., Kostecka, A., Meller, K. & Bielawski, K. P. (2017). Inhibition of cancer antioxidant defense by natural compounds. *Oncotarget* ***8***(9), 15996-16016. DOI: 10.18632/oncotarget.13723

Upreti, S., Pandey, S. C., Bisht, I. & Samant, M. (2022). Evaluation of the target-specific therapeutic potential of herbal compounds for the treatment of cancer. *Molecular Diversity* ***26***(3), 1823-1835. DOI: 10.1007/s11030-021-10271-x

Viuda-Martos, M., Ruiz-Navajas, Y., Fernández-López, J. & Pérez-Alvarez, J. A. (2008). Functional properties of honey, propolis, and royal jelly. *Journal of Food Science* ***73***(9), R117-124. DOI: 10.1111/j.1750-3841.2008.00966.x

Xiang, Y., Guo, Z., Zhu, P., Chen, J. & Huang, Y. (2019). Traditional Chinese medicine as a cancer treatment: Modern perspectives of ancient but advanced science. *Cancer Medicine* ***8***(5), 1958-1975. DOI: 10.1002/cam4.2108

Yang, Y. C., Chou, W. M., Widowati, D. A., Lin, I. P. & Peng, C. C. (2018). 10-hydroxy-2-decenoic acid of royal jelly exhibits bactericide and anti-inflammatory activity in human colon cancer cells. *BMC Complementary and Alternative Medicine* ***18***(1), 202. DOI: 10.1186/s12906-018-2267-9

Zhang, S., Shao, Q., Geng, H. & Su, S. (2017). The effect of royal jelly on the growth of breast cancer in mice. *Oncology Letters* ***14***(6), 7615-7621. DOI: 10.3892/ol.2017.7078

Zhang, X., Qiu, H., Li, C., Cai, P. & Qi, F. (2021). The positive role of traditional Chinese medicine as an adjunctive therapy for cancer. *BioScience Trends* ***15***(5), 283-298. DOI: 10.5582/bst.2021.01318

Journal of Anatolian Environmental and Animal Sciences
(*Anadolu Çevre ve Hayvancılık Bilimleri Dergisi*)
DOI: https://doi.org/10.35229/jaes.1555094

JAES
Year: 9, No: 4, 2024 (521-527)
AÇEH
Yıl: 9, Sayı: 4, 2024 (521-527)

ARAŞTIRMA MAKALESİ **RESEARCH PAPER**

Examination of Ecosystem Services: A Case Study of Amasya University Hakimiyet Campus

Sultan Sevinç KURT KONAKOGLU[1]* Kadir Tolga CELİK[1] Tuğba USTÜN TOPAL[2] Öner DEMİREL[3] Meryem Bihter BİNGÜL BULUT[3]

[1]*Amasya University, Faculty of Architecture, Department of Urban Design and Landscape Architecture, Amasya-Türkiye*
[2]*Tekirdag Namık Kemal University, Faculty of Fine Arts, Design and Architecture, Department of Landscape Architecture, Tekirdag, Türkiye*
[3]*Kırıkkale University, Faculty of Fine Arts, Department of Landscape Architecture, KırıkkaleTürkiye*

Received: *24.09.2024* ***Accepted:*** *11.10.2024* ***Published:*** *31.12.2024*

How to cite: **Kurt Konakoglu, S.S., Celik, K.T., Ustün Topal, T., Demirel, Ö. & Bingül Bulut, M.B. (2024).** Examination of Ecosystem Services: A Case Study of Amasya University Hakimiyet Campus. *J. Anatolian Env. and Anim. Sciences*, ***9***(4), 521-527. https://doi.org/10.35229/jaes.1555094

Atıf yapmak için: **Kurt Konakoglu, S.S., Celik, K.T., Ustün Topal, T., Demirel, Ö. & Bingül Bulut, M.B. (2024).** Ekosistem Hizmetlerinin Amasya Üniversitesi Hâkimiyet Yerleşkesi Örneğinde İrdelenmesi. *Anadolu Çev. ve Hay. Dergisi*, ***9***(4), 521-527. https://doi.org/10.35229/jaes.1555094

*: https://orcid.org/0000-0001-5383-0954
: https://orcid.org/0000-0002-3036-4206
: https://orcid.org/0000-0002-9687-927X
: https://orcid.org/0000-0002-8102-5589
: https://orcid.org/0000-0003-4496-8198

***Corresponding author's:**
Sultan Sevinç KURT KONAKOGLU
Amasya University, Faculty of Architecture, Department of Urban Design and Landscape Architecture, Amasya-Türkiye
✉: sultansevinc.kurt@amasya.edu.tr

Abstract: Background: Population growth, increasing vehicle numbers, unplanned urbanization and rural-urban migration are reducing green spaces and exacerbating environmental problems such as air, water and noise pollution. In this context, university campuses serve as important small-scale urban models that play a crucial role in maintaining environmental and social well-being within urban ecosystems. Objectives: To evaluate the regulating ecosystem services provided by the tree canopy at Amasya University Hâkimiyet Campus (AUHC), such as air quality, energy savings, and carbon storage. Method: In this study, the land cover and ecosystem services of the AUHC were assessed using the i-Tree Canopy model. Six land cover classes defined for the study area (tree/shrub, grass/herbaceous vegetation, soil/bare ground, impervious buildings, impervious roads, other impervious surfaces) were assessed using 4000 random points and ecosystem services such as air quality were calculated. Results: The tree and shrub canopy covering 31.30% of the AUHC removes 261.53 kg of gaseous and particulate pollutants from the air annually, sequesters 36.57 tons of carbon, and stores a total of 918.42 tons of carbon. The economic value of these ecosystem services was calculated as $758 for air pollution removal and $44420 for carbon storage. The land cover distribution of the campus shows that 57.35% consists of impervious surfaces (buildings, roads) and 42.05% is green space. Conclusion: The tree canopy at the AUHC makes a significant contribution to ecosystem services such as improved air quality, carbon sequestration and storage, and these contributions and economic benefits could be further enhanced by increasing tree cover.

Keywords: open green spaces, carbon amount, i-tree canopy, amasya university hakimiyet campus, amasya.

Ekosistem Hizmetlerinin Amasya Üniversitesi Hâkimiyet Yerleşkesi Örneğinde İrdelenmesi

***Sorumlu yazar:**
Sultan Sevinç KURT KONAKOGLU
Amasya Üniversitesi, Mimarlık Fakültesi, Kentsel Tasarım ve Peyzaj Mimarlığı Bölümü, Amasya-Türkiye
✉: sultansevinc.kurt@amasya.edu.tr

Öz: Arka Plan: Nüfus artışı, artan araç sayısı, plansız kentleşme ve kırsaldan kente göç, yeşil alanları azaltmakta ve hava, su ve gürültü kirliliği gibi çevresel sorunları artırmaktadır. Bu bağlamda, üniversite kampüsleri, kentsel ekosistemlerin çevresel ve sosyal refahını sürdürmede önemli bir rol oynayan küçük ölçekli kentsel modeller olarak hizmet etmektedir. Amaç: Amasya Üniversitesi Hâkimiyet Kampüsü'ndeki (AÜHK) ağaç örtüsünün sağladığı düzenleyici ekosistem hizmetlerini (hava kalitesi, enerji tasarrufu ve karbon depolama gibi) değerlendirmektir. Yöntem: Bu çalışmada, AÜHK'ndeki arazi örtüsü ve ekosistem hizmetleri, i-Tree Canopy modeli kullanılarak değerlendirildi. Çalışma alanı için tanımlanan altı arazi örtüsü sınıfı (ağaç/çalı, çim/otsu bitki örtüsü, toprak/bitkisiz alan, geçirimsiz yapılar, geçirimsiz yollar, diğer geçirimsiz yüzeyler) 4000 rastgele nokta üzerinden değerlendirildi ve hava kalitesi gibi ekosistem hizmetleri hesaplandı. Bulgular: AÜHK'nün %31,30'unu kaplayan ağaç ve çalı örtüsü, yıllık olarak havadan 261,53 kg gaz ve partikül kirleticiyi temizlemekte, 36,57 ton karbonu tutmakta ve toplamda 918,42 ton karbon depolamaktadır. Bu ekosistem hizmetlerinin ekonomik değeri, hava kirliliğini temizleme için 758$ ve karbon depolama için 44420$ olarak hesaplanmıştır. Kampüsün arazi örtüsü dağılımı, %57,35'inin geçirimsiz yüzeyler (binalar, yollar) ve %42,05'inin yeşil alanlar olduğunu göstermektedir. Sonuç: AÜHK'ndeki ağaç örtüsünün hava kalitesini iyileştirme, karbon yakalama ve depolama gibi ekosistem hizmetleri açısından önemli katkılar sağladığını, ancak ağaç örtüsünün artırılmasıyla bu katkıların ve ekonomik faydaların daha da artabileceğini göstermektedir.

Anahtar kelimeler: Açık yeşil alanlar, karbon miktarı, i-tree canopy, amasya üniversitesi hâkimiyet yerleşkesi, amasya.

INTRODUCTION

Over time, the increasing population and number of vehicles in cities, together with unplanned urbanization and rural-urban migration, have led to a reduction in green spaces and along with a growth in various environmental concerns, including air pollution, noise pollution, and water pollution. These factors have resulted in cities becoming unique ecosystems with their own characteristics. Urban ecosystems require sustainable planning and design decisions and implementation that balance conservation and use to ensure both environmental and social well-being.

The reduction and deterioration of green spaces in urban ecosystems negatively influence human health as well as the environment (Doğan and Eroğlu, 2021; Şahin Körmeçli, 2023). In addition, the increase in asphalt and building density, as well as the increase in pollutants from vehicular traffic and other production methods, directly affects ecosystem services such as global climate regulation (carbon storage) and ecological integrity in urban ecosystems (Aktaş et al., 2022). The presence of vegetation plays a crucial role in improving urban ecosystems by acting as a carbon sink, contributing significantly to urban ecology and mitigating the urban heat island effect. Depending on the density of vegetation, it also helps to trap particulate matter from the air (Ersoy Tonyaloğlu, 2023; Oğuztürk and Murat, 2023).

Ecosystem services encompass the benefits derived from ecosystem functions that serve humans, either directly or indirectly (services related to provision, regulation, habitat or support, and cultural aspects). The aim is to increase green spaces in cities and strengthen their connection with each other and with rural green spaces (MEA, 2005; Tülek and Ersoy Mirici, 2019). Plants, especially trees, perform many functions such as providing shade, cooling the air, reducing the heat island effect, storing CO_2, removing pollutants to clean the air, enriching the soil with organic matter such as leaves, branches and fruits, aerating the soil with their roots, providing food and shelter for wildlife, preventing surface runoff of rainwater, recharging groundwater sources, reducing wind and rain erosion, filtering noise, reducing energy consumption and increasing property values (Forman, 2014; Çorbacı and Ekren, 2021). These functions, defined as ecosystem services, vary depending on the species, age and characteristics of the environment in which the plants are located (Coşkun Hepcan and Hepcan, 2017; Sarı et al., 2020). Therefore, green spaces in cities are especially important in terms of ecosystem services (Bolund and Hunhammar, 1999; Forman, 2008; Derkzen et al., 2015). A study by Dogmusoz (2023) examined the costs and benefits of a green roof at Izmir Kâtip Celebi University to assess the economic feasibility of such projects in Izmir, Türkiye. The advantages were categorized into two groups: public and individual. Additionally, the study identified other benefits that were not easily quantifiable. Physical units were employed to measure each benefit and cost. The findings showed a positive Net Present Value (NPV) for the green roof project, indicating that it is a worthwhile investment with both public and individual advantages.

In many countries, university campuses, which are considered small-scale cities, play a key role in urban landscapes due to their dense structural elements (buildings, roads, hard surfaces) and high population (Ertekin and Çorbacı, 2010; Wibowo et al., 2019; Wang et al., 2021; Ercan Oğuztürk and Pulatkan, 2023). University campuses are not only institutions that provide education and facilities for cities, but also dynamic and multifaceted spaces that contribute to the social, cultural, economic, and environmental fabric of urban landscapes (Colding and Barthel, 2017; Çorbacı, 2017; Çorbacı et al., 2020). Furthermore, university campuses, with their green spaces, diverse vegetation and educational opportunities, enhance urban ecosystems and support the provision of ecosystem services that benefit human health, ecological diversity and the overall wellbeing of urban residents (Doğan et al., 2023; Srivanit and Hokao, 2013).

In recent times, the i-Tree Canopy (iTC) model, developed by the United States Department of Agriculture Forest Service and utilizing a random point sampling approach, has been applied to assess the ecosystem services provided by green spaces, factoring in canopy cover. The iTC tool, which is web-based, evaluates all shrub and tree vegetation in the study area under a single class and estimates the regulating services and their economic valuation (Hilde and Paterson, 2014; USDA, 2021).

Coşkun Hepcan and Hepcan (2017) demonstrated that the canopy cover of Ege University Housing Campus provides regulating ecosystem services that improve air quality. Çakmak and Can (2020) analyzed the role of trees in improving air quality in Ankara Mamak and assessed the economic value of these contributions. Ersoy et al. (2021) investigated the effects of trees and tall shrubs on air quality in Aydın Efeler and emphasized the importance of maintaining green spaces. Şahin Arslan (2021) highlighted the importance of green spaces in improving air quality by investigating the ability of trees in the Çorum Bahçelievler neighborhood to remove air pollutants. Ustun Topal and Demirel (2023) assessed the ecosystem services that improve air quality in the Kuzguncuk neighborhood of Üsküdar, Istanbul, highlighting the environmental and economic importance of green spaces. Şahin Körmeçli (2023) investigated the contributions of vegetation cover in Ankara Altınpark to air quality and determined the economic

value of these contributions. Konakoğlu and Şenses (2023) studied the effects of GNSS technology on positioning accuracy in forested areas, highlighting the advantages of the Precise Point Positioning (PPP-AR) technique. Malkoç (2024) analyzed the ecosystem services provided by the Edirne Sarayiçi Tavuk Forest for air quality and assessed the economic value of these services. Elma and Ortaçeşme (2024) highlighted the impact of urbanization and increasing population density on green spaces and addressed the importance of these areas during the Covid-19 pandemic.

While these studies analyze ecosystem services such as air quality and carbon storage in specific cities or regions, your research emphasizes the role of university campuses in environmental and social well-being by considering the Amasya University Hâkimiyet Campus as a small-scale urban model. In addition, the identification of six different land cover classes provides a more detailed and systematic approach. By analyzing an educational institution such as Amasya University, your work makes a practical contribution to the academic literature by providing concrete recommendations for the improvement and conservation of green spaces.

This study addresses the concept of university campuses as small-scale city models, with Amasya University Hâkimiyet Campus selected as the study area. The aim of the study is to assess the regulating ecosystem services provided by the tree canopy at the campus, such as air quality, energy savings and carbon storage, using the web-based iTC tool.

MATERIAL AND METHOD

The Hâkimiyet Campus of Amasya University, located within Amasya Province's central district in Türkiye, was selected as the focus of this study. The campus is specifically located on Muhsin Yazıcıoğlu Street. The campus consists of the A-B-C blocks of the Faculty of Education, a conference hall, the central library building, the rectorate building and sports grounds (Figure 1). It is located 2.5 km from the center of Amasya. The campus is within walking distance of the city center, and it takes approximately 7 minutes by car to reach the city center via Muhsin Yazıcıoğlu Street.

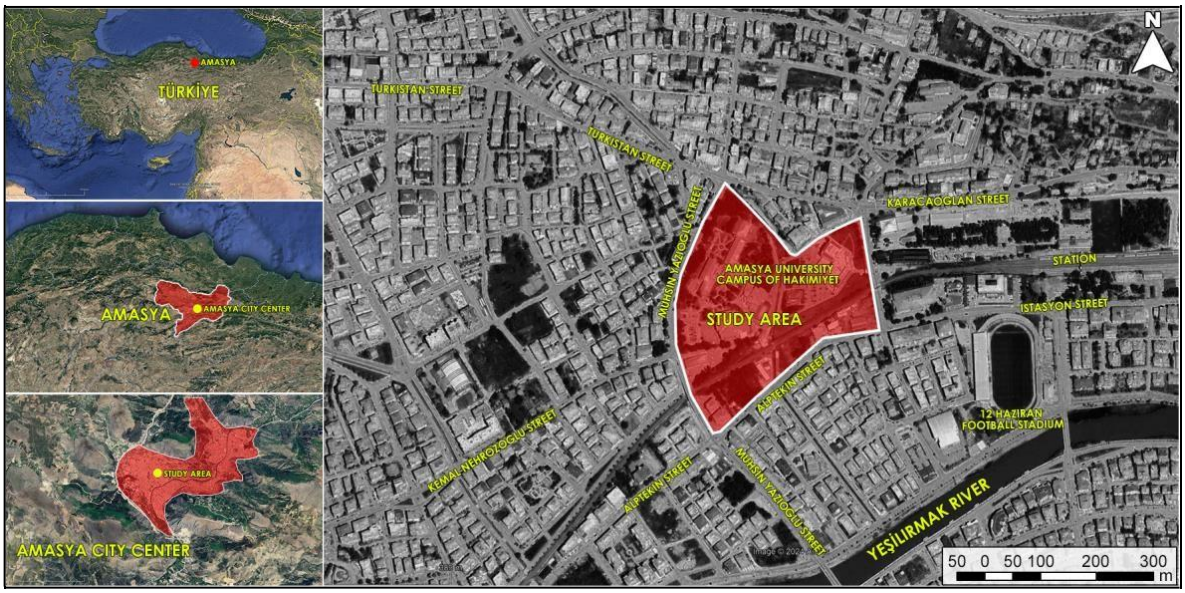


Figure 1. The study area.

This study used the i-Tree Canopy (iTC) model, developed by the United States Department of Agriculture Forest Service (USDA), which uses a random point sampling method. The iTC application is used in three main stages: defining the boundaries of the study area, identifying the types of land cover within the study area, and classifying the land cover based on random point sampling. After defining the boundaries of the study area in iTC, six land cover classes defined in the tool were evaluated in the study area.

These are:

(1) Tree/Shrub (tree and tall shrub vegetation),
(2) Grass/Herbaceous (areas covered with herbaceous vegetation),
(3) Soil/Bare Ground (soil surfaces with little or no vegetation),
(4) Impervious Buildings,
(5) Impervious Roads, and
(6) Other Impervious Surfaces.

In the study area, the tree canopy and other land cover were identified and the regulatory ecosystem services provided in terms of air quality were calculated using 4000 random points. Although the iTC tool manual recommends using a total of 500-1000 points, this study aimed to increase accuracy by ensuring that the margin of error for each land cover type was less than ±1. Finally, the results obtained from the iTC tool were reported and used for evaluation and recommendations.

RESULTS AND DISCUSSION

The Hâkimiyet Campus of Amasya University has academic buildings (Faculty of Education A-B-C Blocks), an administrative building (Rectorate Building) and sociocultural buildings (Conference Hall, Central Library Building). The campus transport infrastructure consists of roads for vehicles and pedestrians. Car parks, which are an essential element of the transport system, are located parallel to the road. There is a large car park with an impermeable concrete surface near the Rectorate and Library buildings. There are no cycle paths within the campus. The green space system of the campus consists of areas outside the campus buildings and transport networks (Kurt Konakoğlu and Celik, 2023). In a study conducted by Kurt Konakoğlu and Keskiner (2021), 30 different plant taxa were identified on the campus, including 16 deciduous trees and shrubs, 8 evergreen trees and shrubs, and 6 shrubs.

In this study, the iTC tool was used to randomly sample 4000 points based on satellite imagery of the campus. This application uses aerial imagery to assess land cover in each area and classifies it into seven categories: trees/shrubs, grass/herbaceous plants, soil/bare ground, impervious buildings, impervious roads, other impervious surfaces, and water surfaces.

The land cover types identified at the campus and the number of random points used for each land cover type, along with the total areas (m², %) and standard deviation rates for each land cover type are presented in Table 1. Of these points, 1252 are tree/shrub (29663.455 m²), 430 are grass/herbaceous (10238.545 m²), 24 are soil/bare ground (526.09 m²), 650 are impervious buildings (15054.304 m²), 1474 are impervious roads (35207.648 m²) and 170 are other impervious surfaces (3723.107 m²).

The distribution of points within the land cover classes on the campus, from highest to lowest percentage, is as follows 36.85% impervious roads, 31.30% trees/shrubs, 16.25% impervious buildings, 10.75% grass/herbaceous plants, 4.25% other impervious surfaces and 0.60% soil/bare ground (Figure 2).

Table 1. i-Tree Canopy tool land cover classes and their spatial distributions.

Land Cover Class	Land Cover Description	Number of Random Points	Percentage Covered (%)	Standard Deviation (± SD)	Area (m^2)
Tree/Shrub	Areas covered with trees and tall shrubs	1252	31.30	± 0,73	29663.455 m^2
Grass/Herbaceous Plants	Areas covered with grass and herbaceous plants	430	10.75	± 0,49	10238.545 m^2
Soil/Bare Ground	Surfaces with sparse or no vegetation cover	24	0.60	± 0,12	526.09 m^2
Impervious Buildings	All buildings and other structural elements	650	16.25	± 0,58	15054.304 m^2
Impervious Road	Roads made of asphalt, concrete, etc.	1474	36.85	± 0,76	35207.648 m^2
Other Impervious Surfaces	Areas covered with artificial ground materials	170	4.25	± 0,32	3723.107 m^2
Water Surfaces	Artificial and natural water surfaces	0	0.00	±0,00	0.00 m^2
Total		**4000**	**100.00**		**94413.150 m^2**

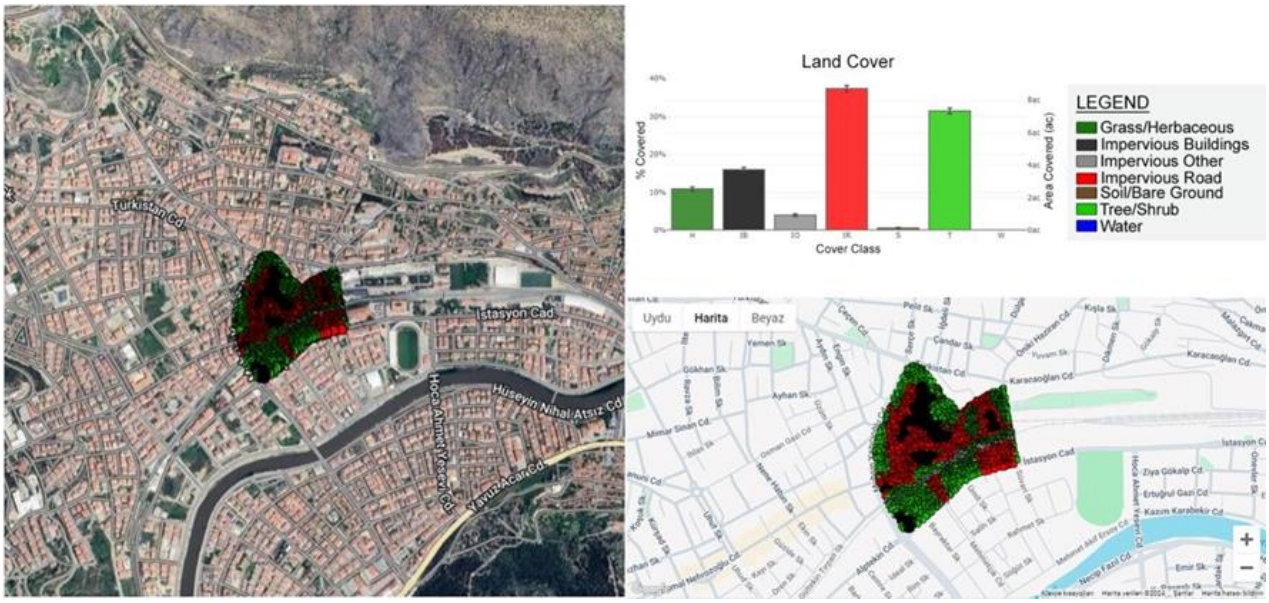


Figure 2. Distribution of sample points within land classes in the study area.

According to the assessment, more than half (57.35%) of the campus consists of buildings, roads and other impervious surfaces (53985.059 m²). Almost half (42.05%) of the campus area is covered with trees/shrubs and grass/herbaceous plants (39902 m²). Open areas with bare soil or no vegetation represent 0.60% of the total study area, with a surface area of 526.09 m².

As a result of the land cover classification conducted using the iTC tool, the pollutants removed from the atmosphere, the amounts of carbon captured and stored, and their monetary values ($) for the regulatory ecosystem services of the campus are shown in Table 2. The trees on the campus remove a total of 261.53 kg of gaseous and particulate pollutants from the air annually, while the estimated annual amount of carbon captured by the tree canopy is 36.57 tons, and the total amount of carbon stored by the tree canopy is calculated to be 918.42 tons. The economic benefit associated with the removal of gaseous and particulate pollutants by the tree/shrub canopy covering 31.30% of the study area is calculated to be $758, while the estimated economic value associated with the carbon captured and stored is $44420. The highest potential regulatory service and economic benefit of the campus tree canopy in terms of air quality is identified as the service value provided for the annual removal of ozone (O_3) and particulate matter (PM_{10}) from the air.

Table 2. Regulatory ecosystem services provided by the tree cover in the study area.

Abbr.	Pollutants Removed from the Atmosphere	Amount	± SD	Value ($)	± SD
CO	Carbon monoxide (annual)	3.16 kg	± 0.07	5	± 0
NO_2	Nitrogen dioxide (annual)	12.50 kg	± 0.29	2	± 0
O_3	Ozone (annual)	150.63 kg	± 3.53	97	± 2
SO_2	Sulfur dioxide (annual)	26.97 kg	± 0.63	0	± 0
$PM_{2.5}$	Particulate matter (annual)	7.87 kg	± 0.19	204	± 5
PM_{10}	Particulate matter (annual)	60.40 kg	± 1.42	450	± 11
CO2seq	Carbon dioxide sequestered by woody plants (annual)	36.57 ton	± 0.86	1701	± 40
CO2stor	Carbon dioxide stored by woody plants (annual)	918.42 ton	± 21.51	42719	± 1001

*The currency is in USD and has been rounded. Standard deviation for removal and benefit amounts are based on the standard deviation of sampled and classified points. SD: Standard Deviation.

Comparing the estimated values in Table 2 for the study area with the values obtained in other studies, it can be stated that the campus has average values both in terms of tree cover and potential regulating services that can be obtained. In a study conducted by Coşkun Hepcan and Hepcan (2017) on the Ege University Housing Campus, it was calculated that the trees on the campus remove a total of 289.27 kg of gaseous and particulate pollutants from the air annually. The estimated annual amount of carbon captured by the canopy is 321.57 tons, and the total amount of carbon stored by the canopy is 8107.86 tons.

The economic benefit related to the removal of gaseous and particulate pollutants by the tree/shrub canopy is calculated to be $845.96, while the estimated economic value corresponding to the carbon captured and stored is $405030.13. In the study conducted by Dilaver et al. (2017) at Ankara University Tandoğan Campus, it was calculated that the trees on the campus remove a total of 17935.30 kg of gaseous and particulate pollutants from the air annually, while the total amount of carbon stored by the tree canopy is 160813.24 tons.

In the study conducted by Ersoy Tonyaloğlu (2023) on the central campus of Aydın Adnan Menderes University, it was calculated that the trees on the campus remove a total of 77.15 kg of gaseous and particulate pollutants from the air annually, with the estimated annual amount of carbon captured by the canopy being 34.98 tons, and the total amount of carbon stored by the canopy being 878.44 tons. The economic benefit associated with the removal of gaseous and particulate pollutants by the tree/shrub canopy covering 12.73% of the study area is calculated to be $8.80, while the estimated economic value associated with the carbon sequestered and stored is $294.74.

Ege University's residential campus was established in 1960, Ankara University's Tandoğan campus in 1942, and Aydın Adnan Menderes University's central campus in 1992. Although campus use patterns and establishment dates are influential in both this study and the findings of Coşkun Hepcan and Hepcan (2017), Dilaver et al. (2017), and Ersoy Tonyaloğlu (2023), it is clear that the potential benefits of high tree cover are noteworthy. In addition to these campus-scale studies, Yin et al. (2011) and Kim and Coseo (2018) used the iTC tool at the city scale, Ersoy Tonyaloğlu et al. (2021) and Şahin Körmeçli (2023) at the district scale, and Ghorbankhani et al. (2023) and at the neighborhood scale, Ustun Topal and Demirel (2023) highlighted how vegetation contributes to reducing carbon emissions while capturing and storing carbon in urban areas.

This study shows that the tree canopy, which covers 31.30% of the total area of the Hâkimiyet Campus of Amasya University, provides high economic benefits.

CONCLUSION AND RECOMMENDATIONS

Population growth and urbanization in cities adversely affect air quality. The decrease in vegetated areas and the expansion of impervious surfaces within urban ecosystems have contributed to the urban heat island effect and increased carbon emissions. In this context, this study seeks to emphasize the ecological and economic significance of green spaces on university campuses, which serve as small-scale urban models, particularly in terms of their ecosystem services.

The research focuses on the regulating ecosystem services derived from tree cover and their associated monetary values on university campuses, where environmental impacts are increasingly important, using

the Hâkimiyet campus of Amasya University as a case study. The i-Tree Canopy (iTC), a web-based application, was employed to analyze the impact of campus vegetation on air quality improvement carbon capture/storage and economic benefits, considering six land cover types and their spatial distribution over 4000 randomly selected points. Findings showed that the tree and shrub canopy, covering 31.30% of the study area, effectively removes 261.53 kg of gaseous and particulate pollutants from the air, captures 36.57 tons of carbon, and sequesters 918.42 tons of carbon. The economic benefit of the pollutant removal is estimated at $758, while the estimated economic value corresponding to the carbon captured and stored is $44420. This contribution value represents the sum of the calculations for carbon storage, capture and removal of air pollutants. Increasing the diversity of tree and shrub species on campus would increase the ecosystem benefits. Among the pollutants removed from the air, ozone (O_3), which has a significant impact on climate change, provides the highest benefit. Therefore, campuses with dense vegetation have a significant impact in diminishing the effects of greenhouse gases in the context of climate change.

Although iTC provides estimates based on canopy cover rather than speciesbased assessments, it contributes to the assessment of deficiencies at different scales and the development of urban ecosystems. Comprehensive studies should be conducted in our country to establish databases and develop methods and modules for assessing the species-specific contributions of campuses to the ecosystem.

This study reveals that the low tree cover on the campus is a limiting factor in terms of regulatory ecosystem services. However, considering the potential for increasing tree cover, it can be concluded that the campus has a good potential for increasing regulatory ecosystem services and their associated economic benefits, both within the campus and for the city. However, improving and increasing tree cover will require significant investment. As shown in this study, it is essential to make general estimates and assessments of the benefits (ecosystem services and economic) provided by tree cover alongside other land cover types, especially for large areas.

Finally, campuses, which can be seen as small city models, must not overlook the importance of maintaining existing trees and tall shrubs and enhancing biodiversity. Prioritizing species that support biodiversity and are suited to local climatic conditions, especially native species, will help to improve and increase tree cover. Even though young trees and shrubs contribute fewer ecosystem services than mature ones, increasing the diversity and number of these younger plants will remain vital for ecosystem services and economic benefits.

REFERENCES

Aktaş, R., Öztürkci, A. & Ersoy Tonyaloğlu, E. (2022). Evaluation of multiecosystem services in urban areas: The case of Didim/Aydın. *Adnan Menderes University Faculty of Agriculture Journal of Agricultural Sciences*, ***19***(2), 275281.

Bolund, P. & Hunhammar, S. (1999). Ecosystem services in urban areas. *Ecological Economics*, ***29***, 293-301.

Çakmak, M.H. & Can, M. (2020). Assessing Regulating Ecosystem Services for Improving the Air Quality of Mamak District (Ankara). *Bilge International Journal of Science and Technology Research*, ***4***(2), 141-149. DOI: 10.30516/bilgesci.689509

Colding, J. & Barthel, S. (2017). The role of university campuses in reconnecting humans to the biosphere. *Sustainability*, ***9***(12), 2349.

Çorbacı, Ö.L., Turna, T. & Oğuztürk, G.E. (2020). Examining accessibility of public spaces in terms of landscape arrangement: A sample on Dicle University Campus. *Duzce University Journal of Forestry*, ***16***(1), 105-127.

Çorbacı, Ö.L. & Ekren, E. (2021). An Investigation on poisonous plants used in urban open green areas: The case of Rize, *Journal of Bartin Faculty of Forestry*, ***23***(3), 824-836. DOI: 10.24011/barofd.954295

Çorbacı, Ö.L. (2017). Sustainable landscape planning and design, Murat Özyavuz (Ed.), *A review of Karabuk University iron and steel campus according to planting design principles* (335-353 p). Peterlang.

Coşkun Hepcan, Ç. & Hepcan, Ş. (2017). Assessing air quality improvement as a regulating ecosystem service in the Ege University housing campus. *Journal of Agriculture Faculty of Ege University*, ***54***(1), 113-120. DOI: 10.20289/zfdergi.299257

Derkzen, M.L., Van Teeffelen, A.J.A. & Verburg, P.H. (2015). Quantifying urban ecosystem services based on highresolution data of urban green space: An assessment for Rotterdam, the Netherlands. *Journal of Applied Ecology*, ***52***, 1020-1032.

Dilaver, Z., Yuksel, U.D. & Yilmaz, F.C. (2017). Contribution of university campuses to climate change mitigation: Ankara University Tandogan campus case. *Fresenius Environmental Bull*etin, ***26***(12), 7018-7024.

Doğan T.G. & Eroğlu E. (2021). *Using GIS and the diversity indices: A combined approach to woody plant diversity in the urban landscape*. In: Vegetation Index and Dynamics. Eusebio Cano Carmona (Ed.) InTech Open Press, 26 p.

Doğan, T.G., Eroğlu, E. & Başaran, N. (2023). Assessing the relationship between plant species diversity and land heterogeneity: The case of Düzce. *Conference: IV-International Rural Areas and Ecology Congress Within The Framework of Sustainable Development (RUDESU2023)*, November, Konya, Turkey.

Dogmusoz, B.B. (2023). Benefit-cost analysis of an extensive green roof project in Izmir Kâtip Celebi University cigli campus. *Online Journal of Art and Design*, ***11***(3), 219-232.

Elma, S. & Ortaçeşme, V. (2024). Estimating the economic value of green spaces through i-tree program. *PEYZAJ - Eğitim, Bilim, Kültür ve Sanat Dergisi*, ***6***(1), 31-49. DOI: 10.53784/peyzaj.1496082

Ercan Oğuztürk, G. & Pulatkan, M. (2023). *Interaction of urban and university campuses: KTU kanuni campus example.* In Architectural Sciences and Urban/Environmental Studies -I, Ankara: İksad Publication, 22-43.

Ersoy Tonyaloğlu, E. (2023). Investigation of regulatory ecosystem services in the case of Aydın Adnan Menderes university campus. *Ecological Perspective*, ***3***(1), 19-27.

Ersoy Tonyaloğlu, E., Atak, B.K. &Yiğit, M. (2021). Assessment of air quality as a regulating ecosystem services in the case of Efeler-Aydın. *Adnan Menderes University Faculty of Agriculture Journal of Agricultural Sciences*, ***18***(1), 119-125. DOI: 10.25308/aduziraat.867541

Ertekin, M. & Çorbacı, Ö.L. (2010). Landscape planning at university campuses (The landscape project case study of Karabük University). *Kastamonu Universty Journal of Forestry Faculty*, ***10***(1), 55-67.

Forman, R.T.T. (2014). *Urban ecology science of cities*. In: Cambridge University Press, 462 p., New York, USA.

Forman, R.T.T. (2008). *Urban regions: Ecology and planning beyond the city*. In: Cambridge University Press, 408 p., New York, USA.

Ghorbankhani, Z., Zarrabi, M. M. & Ghorbankhani, M. (2023). The significance and benefits of green infrastructures using I-Tree canopy software with a sustainable approach. *Environment, Development and Sustainability*, ***26***(6), 14893-14913. DOI: 10.1007/s10668-023-03226-9

Hilde, T. & Paterson, R. (2014). Integrating ecosystem services analysis into scenario planning practice: Accounting for street tree benefits with i-Tree valuation in Central Texas. *Journal of environmental management*, ***146***, 524-534.

Kim G. & Coseo P. (2018) Urban park systems to support sustainability: the role of urban park systems in hot arid urban climates. *Forests*, ***9***(7), 439.

Konakoğlu, B. & Şenses, S. (2023). Investigation of Positioning Performance of Precise Point Positioning (PPP) Technique in Woodland Areas Using CSRS-PPP Software. *Afyon Kocatepe University Journal of Sciences and Engineering*, ***23***(3), 730-739.

Kurt Konakoglu, S.S. & Celik, K.T. (2023). Examination of Amasya University hakimiyet campus' potential to become a sustainable and green campus. *3rd International Architectural Sciences and Applications Symposium*, 14-15 September, Napoli, Italy, Proceedings Book, 492-504 p.

Kurt Konakoğlu, S.S. & Keskiner, M.T. (2021). The concept of ecological sustainability examined via 3D shadow analysis: the case of Amasya University hâkimiyet campus. *Artvin Coruh University Journal of Forestry Faculty*, ***22***(2), 266-277.

Malkoç, E. (2024). Air quality impact of natural protected areas: A case study of Sarayiçi Tavuk Forest, Edirne, Türkiye. *Turkish Journal of Forestry*, ***25***(3), 333-339. DOI: 10.18182/tjf.1442373

MEA. (2005). Ecosystems and human well- being: a framework for assessment. MEA (Millennium Ecosystem Assessment). http://www.millenniumassessment.org/en/Framework.html

Oğuztürk, G.E. & Murat, C. (2023). Analysis of RTEÜ zihni derin campus with image processing methods in terms of thermal comfort. *Duzce University Journal of Forestry*, ***19***(2), 118-128. DOI: 10.58816/duzceod.1401102

Şahin Arslan, N. (2021). Investigation of mitigating effect of the parks on air pollution in the case of Corum. *Turkish Journal of Forest Science*, *5*(2), 401-407. DOI: 10.32328/turkjforsci.917787

Şahin Körmeçli, P. (2023). Evaluation of the air pollution reducing effect by urban parks: The case of Altınpark, Ankara. *Artvin Çoruh University Faculty of Forestry Journal*, *24*(2), 23-30. DOI: 10.17474/artvinofd.1295845

Sarı, D., Kurt, U., Resne, Y. & Çorbacı, Ö.L. (2020). Ecosystem services provided by tree species used in urban parks: Rize case, *Journal of Anatolian Environmental and Animal Sciences*, ***5***(4), 541-550. DOI: 10.35229/jaes.774967

Srivanit, M. & Hokao, K. (2013). Evaluating the cooling effects of greening for improving the outdoor thermal environment at an institutional campus in the summer. *Building and Environment*, ***66***, 158-172.

Tülek, B. & Ersoy Mirici, M. (2019). Green Infrastructure and Ecosystem Services on Urban Systems, *Peyzaj*, ***1***(2), 1-11.

USDA. (2021). United States Department of Agriculture Forest Service, i-Tree Tools. i-Tree Canopy, https://www.fs.usda.gov/nrs/pubs/gtr/gtr_nrs200-2021.pdf. Erişim Tarihi: 19.08.2024.

Ustun Topal, T. & Demirel, O. (2023) Measuring air quality impacts of green areas and ecosystem services (ESs) using web-based i-tree canopy tool: A case study in İstanbul. *Turkish Journal of Forest Science*, *7*(2), 253-266. DOI: 10.32328/turkjforsci.1341656

Wang, X., Wang, Y., Qu, X., Huang, B., Li, Z., Sun, J., ... & Yang, X. (2021). Urban trees in university campus: structure, function, and ecological values. *Environmental Science and Pollution Research*, ***28***, 45183-45198.

Wibowo, A., Yussof, M.M., Hamzah, T.A.A. & Salleh, K.O. (2019). *Urban heat signature impact on university campus.* In: Iop Conference Series: Earth and Environmental Science (vol. 338, no. 1, p. 012027). Bristol, UK.

Yin, S., Shen, Z., Zhou, P., Zou, X., Che, S. & Wang, W. (2011). Quantifying air pollution attenuation within urban parks: An experimental approach in Shanghai, China. *Environmental Pollution*, ***159***(8-9):2155-2163.

Journal of Anatolian Environmental and Animal Sciences
(*Anadolu Çevre ve Hayvancılık Bilimleri Dergisi*)
DOI: https://doi.org/10.35229/jaes.1559322

JAES
Year: 9, No: 4, 2024 (528-535)
AÇEH
Yıl: 9, Sayı: 4, 2024 (528-535)

ARAŞTIRMA MAKALESİ **RESEARCH PAPER**

Rize Yöresinde Yetiştirilen Gökkuşağı Alabalıklarında (*Oncorhynchus mykiss* Walbaum, 1792) Parazitlerin Araştırılması [*]

Meltem ÖZER[1*] Gökmen Zafer PEKMEZCİ[2]

[1]*Kaleyaka Mahallesi, Kışlaönü Mevkii, No:15, 52750, Perşembe, Ordu, Türkiye*
[2]*Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Veteriner Fakültesi, Su Ürünleri Hastalıkları Anabilim Dalı, 55200, Samsun, Türkiye*

Geliş Tarihi: *01.10.2024* ***Kabul Tarihi:*** *20.10.2024* ***Basım Tarihi:*** *31.12.2024*

Atıf yapmak için: **Özer, M. & Pekmezci, G.Z. (2024).** Rize Yöresinde Yetiştirilen Gökkuşağı Alabalıklarında (*Oncorhynchus mykiss* Walbaum, 1792) Parazitlerin Araştırılması. *Anadolu Çev. ve Hay. Dergisi, **9***(4), 528-535. https://doi.org/10.35229/jaes.1559322

How to cite: **Özer, M. & Pekmezci, G.Z. (2024).** Investigation of Parasites in Rainbow Trout (*Oncorhynchus mykiss* Walbaum, 1792) Reared in Rize Region *J. Anatolian Env. and Anim. Sciences, **9***(4, 528-535. https://doi.org/10.35229/jaes.1559322

*: https://orcid.org/0000-0003-1629-2442
: https://orcid.org/0000-0002-7791-1959

***Sorumlu yazarın:**
Meltem ÖZER
Kaleyaka Mahallesi, Kışlaönü Mevkii, No:15, 52750, Perşembe, Ordu, Türkiye
✉: mltmbltci@gmail.com

Öz: Türkiye gökkuşağı alabalığı yetiştiriciliğinde önemli bir üretim potansiyeline sahiptir. Enfeksiyöz hastalıklar kültür balıkçılığında önemli sağlık sorunlarına ve ölümlere neden olarak üretimi sınırlayan en önemli faktörlerden biridir. Kültür balıkçılığında koruyucu hekimlik ve balık sağlığı yönetimi açısından paraziter enfeksiyonların belirlenebilmesi için epidemiyolojik araştırmaların yapılması gerekmektedir. Bu çalışmada Türkiye'nin Doğu Karadeniz Bölgesi Rize İl'inde özel bir ticari işletmede havuzlarda yetiştiriciliği yapılan gökkuşağı alabalıklarını enfekte eden paraziter etkenlerin tespiti ve enfeksiyon parametrelerinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Araştırmada Şubat–Ekim 2023 tarihleri arasında 15–200 g ağırlığındaki toplam 270 adet gökkuşağı alabalığının (*Oncorhynchus mykiss*, Walbaum 1792) parazitolojik inlemesi yapılmıştır. Araştırmada 270 adet gökkuşağı alabalığının 43'ünün bir veya daha fazla sayıda parazit türü ile enfekte olduğu ve genel enfeksiyon oranının %15,9 olduğu tespit edilmiştir. Gökkuşağı alabalıklarının sadece protozoon parazitler ile enfekte olduğu saptanmıştır. Metazoon parazitler ile karşılaşılmamıştır. Gökkuşağı alabalıklarının bağırsağında *Spironucleus salmonis* türü tespit edilirken, deri ve yüzgeçlerinde *Ichthyobodo* spp., *Chilodonella* spp. ve *Ichthyophthirius multifiliis* türleri saptanmıştır. Gökkuşağı alabalıklarında *S. salmonis*, *Ichthyobodo* spp., *Chilodonella* spp. ve *Ichthyophthirius multifiliis* türlerinin enfeksiyon oranları ve seviyelerinin sırası ile %10,7, %4, %1,8, %1,1 ve 1–3, 1–4, 1–4, 1–2 olduğu tespit edilmiştir. Şubat, Mart, Nisan ve Ekim aylarında incelenen gökkuşağı alabalıklarında parazitler ile karşılaşılmıştır. Bu çiftlikte yoğun antiparaziter banyo uygulamaların (tuz banyosu) yaptırıldığı aylarda (Mayıs–Eylül) incelenen gökkuşağı alabalıklarında parazitler ile karşılaşılmamıştır. Gökkuşağı alabalığı işletmelerinde paraziter enfeksiyonlardan korunmak için iyi sağlık yönetimi uygulamalarına dikkat edilmelidir.

Anahtar kelimeler: Gökkuşağı alabalığı, parazit, rize, türkiye.

Investigation of Parasites in Rainbow Trout (*Oncorhynchus mykiss* Walbaum, 1792) Reared in Rize Region

***Corresponding author's:**
Meltem ÖZER
Kaleyaka Mahallesi, Kışlaönü Mevkii, No:15, 52750, Perşembe, Ordu, Türkiye
✉: mltmbltci@gmail.com

Abstract: Türkiye has a significant production potential in rainbow trout aquaculture. Infectious diseases are one of the most important factors limiting production by causing significant health problems and mortality in aquaculture. Epidemiological studies should be conducted to determine parasitic infections in terms of preventive medicine and fish health management in aquaculture. Within the present study, it was aimed to determine the parasitic species infecting rainbow trout cultured in ponds in a private commercial farm in Rize Province of the Eastern Black Sea Region of Türkiye and to determine the infection parameters. In the present study, parasitological examinations of a total of 270 rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*, Walbaum 1792) weighing 15–200 g were performed between February–October 2023. It was determined that 43 of 270 rainbow trout were infected with one or more parasite species and the overall prevalence was 15.9%. It was determined that rainbow trout were only infected with protozoan parasites. Metazoon parasites were not detected. While *Spironucleus salmonis* species were detected in the intestine of rainbow trout, *Ichthyobodo* spp., *Chilodonella* spp. and *Ichthyophthirius multifiliis* species were detected in the skin and fins. It was determined that the prevalence and infection levels of *S. salmonis*, *Ichthyobodo* spp., *Chilodonella* spp. and *I. multifiliis* species in rainbow trout were 10.7%, 4%, 1.8%, 1.1%, 1.1% and 1-3, 1-4, 1-4, 1-2, respectively. Parasites were detected in rainbow trout examined in February, March, April and October. Parasites were not seen in rainbow trout examined in the months (May–September) when intensive antiparasitic bath applications (salt bath) were applied in this farm. Good health management practices should be followed to protect against parasitic infections in rainbow trout farms.

Keywords: Rainbow trout, parasite, rize, türkiye.

[*] *Bu makale, Meltem ÖZER'in yüksek lisans tezinden üretilmiştir.* *This manuscript was produced from Meltem ÖZER 's master thesis.*

GİRİŞ

Su ürünleri yetiştiriciliği dünyada en hızlı büyüyen gıda üretim sektörlerinden biridir. Dünya'da Atlantik somonu (*Salmo salar*) ve gökkuşağı alabalığının (*Oncorhynchus mykiss*) küresel üretimi sürekli artmaya devam etmektedir. Türkiye gökkuşağı alabalığı yetiştiriciliğinde önemli bir üretim potansiyeline sahiptir. Türkiye İstatistik Kurumu verilerine göre 2022 yılı itibari ile iç sularımızda 144 347 ton gökkuşağı alabalığı üretimi şekillenmiştir. Bu üretim miktarına Rize İl'i 855 ton üretim ile katkı sağlamıştır (TÜİK, 2023).

Günümüzde dünya çapında kültür balıkçılığında önemli sağlık sorunlarına ve ölümlere neden olan enfeksiyöz hastalıklar halen çiftlik balığı üretimini sınırlayan en önemli faktörlerden biri olmaya devam etmektedir. Türkiye'de gökkuşağı alabalığı üretiminde önemli sağlık sorunlarına ve ölümlere neden olan enfeksiyöz ajanlar arasında paraziter etkenlerde yer almaktadır. Doğal ve kültüre edilen balık popülasyonlarında bulaşıcı hastalıkların ortaya çıkması patojen, konak ve çevre arasındaki etkileşimlere bağlıdır. Kültür balıklarında koruyucu hekimlik ve balık sağlığı yönetimi açısından paraziter enfeksiyonların belirlenmesi için epidemiyolojik verilere duyulan ihtiyaç her geçen gün artmaktadır.

Daha önceki yıllarda (2005-2019) Trabzon ve Rize yöresinde yetiştiriciliği yapılan gökkuşağı alabalıklarının paraziter enfeksiyonlarına yönelik çalışmalar yapılmıştır (Ogut vd., 2005; Ogut & Akyol, 2007; Kayış vd., 2016; Balta & Balta, 2018a, b; Balta vd., 2019). Balık yetiştiriciliği çok sayıda faktörden etkilenen karmaşık bir süreçtir. Balık için çok sayıda stres faktörünün bulunduğu yetiştiricilik ortamında balıklar paraziter enfeksiyonlara karşı yeterince direnç gösteremezler. Özellikle bazı invazif parazit türleri yetiştiriciliği yapılan balıklar üzerinde hızla gelişerek ağır enfeksiyonlara ve önemli düzeyde ekonomik kayıplara yol açmaktadırlar (Meyer, 1991; Scholz, 1999). Bu nedenle yetiştiriciliği yapılan gökkuşağı alabalıklarını enfekte eden parazit tür/türlerin izlenmesi noktasında her zaman güncel epidemiyolojik verilere ihtiyaç vardır. Yapılan literatür taramasında Rize yöresinde yetiştirilen gökkuşağı alabalıklarında ekonomik kayıplara neden olan paraziter türleri ile ilgili çalışmalar 2005-2019 yılları arasında yapılmış olup yörede güncel epidemiyolojik araştırmalara rastlanılmamıştır.

Bu araştırmada Türkiye'nin Doğu Karadeniz Bölgesi Rize İl'inde özel bir ticari işletmede havuzlarda yetiştiriciliği yapılan gökkuşağı alabalıklarını (*Oncorhynchus mykiss*) enfekte eden paraziter etkenlerin tespiti ve enfeksiyon parametrelerinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Bu çalışma ile Rize yöresinde yetiştiriciliği yapılan gökkuşağı alabalıklarında ekonomik kayıplara yol açabilen parazit türlerinin enfeksiyon oranları ve seviyeleri hakkında güncel veriler elde edilmiştir.

MATERYAL VE METOT

Araştırma bölgesi: Araştırma Türkiye'nin Doğu Karadeniz Bölgesi Rize il sınırları içinde yer alan özel bir ticari gökkuşağı alabalık işletmesinde yapılmıştır. Bu ticari işletme gökkuşağı alabalıklarını yetiştirdiği havuzlarının su ihtiyacını işletmesinin yakınlarında bulunan doğal dere kaynağından sağlamaktadır.

Gökkuşağı alabalıklarının parazitolojik muayenesi: Araştırmada Şubat–Ekim 2023 tarihleri arasında 15-200 g ağırlığındaki toplam 270 adet gökkuşağı alabalığının (*Oncorhynchus mykiss*, Walbaum 1792) parazitolojik muayenesi yapılmıştır. Betonarme havuzlardan sabah yemleme öncesi gökkuşağı alabalıkları kepçeler yardımı ile canlı olarak yakalanmıştır. Yakalanan gökkuşağı alabalıkları oksijenasyonu sağlanan ve yetiştirildikleri havuzun suyu konulan taşıma kapları ile aynı gün içinde canlı olarak laboratuvara getirilmiştir. Gökkuşağı alabalığı örneklemi yapılan havuzların su sıcaklıkları termometre ile ölçülmüş ve ℃ cinsinden kaydedilmiştir. Laboratuvara canlı olarak getirilen gökkuşağı alabalıkları 100 mg/L dozda karanfil yağı ile ötenazi edilmiştir. Ötenazi edilen gökkuşağı alabalıklarının aynı gün içerisinde parazitolojik incelemeleri tamamlanmıştır. Alabalıkların çıplak gözle ve steromikroskop (Leica S8APO) altında makroskobik olarak dış bakısı yapılarak vücut yüzeyleri ile yüzgeçlerinde ektoparazit olup olmadığı kontrol edilmiştir. Deri, yüzgeçler ve solungaçlardan hazırlanan sürme/kazıntı preparatları ışık mikroskobu (Leica DM2500 LED) altında farklı büyütmelerde (x10-40) incelenmiştir. Sonraki aşamada gözler, solungaç kapağı, solungaç yayları ve yüzgeçler ince bir makas yardımı ile kesilerek içerisinde fizyolojik tuzlu su bulunan ayrı petri kaplarına konulmuş ve steromikroskop altında parazit kontrolü yapılmıştır. Alabalıkların iç parazitler yönünden incelenmesi için ince uçlu diseksiyon makası ve pensler yardımı ile karın bölgesi açılmış ve iç organların yüzeyleri ve karın boşluğu parazitler yönünden çıplak gözle ve stereo mikroskop altında incelenmiştir. Bu inceleme sonrasında sindirim kanalı bir bütün olarak çıkarılmış ve içerisinde FTS bulunan ayrı bir petriye koyulmuştur. Bir bütün olarak çıkarılan sindirim kanalından hava kesesi, üreme organları, dalak, karaciğer ile safra kesesi ayrı ayrı olacak şekilde stereo mikroskop altında dış yüzeyi parazit varlığı

yönünden incelenmiştir. Üreme organları, dalak ve karaciğerin kesitlerinden sürme preparatlar yapılarak iç parankimleri parazit varlığı yönünden incelenmiştir. Safra kesesi patlatıldıktan sonra safra içeriğinden sürme preparatlar hazırlanmış ve ışık mikroskobu altında parazitler yönünden incelenmiştir. Sindirim kanalı (özofagus, mide, pilorik seka, bağırsak) ince uçlu bir makas yardımı ile bir ucundan diğerine uzunlamasına kesilerek iç yüzeyi açılmıştır. Açılan bağırsakların iç yüzeyinden sürme preparatlar hazırlanarak ışık mikroskobu altında parazitlerin varlığı yönünden incelenmiştir. Daha sonra uzunlamasına kesilerek açılan sindirim kanalı stereo mikroskop altında parazitlerin varlığı yönünden incelenmiştir. Sonrasında kalp vücut dışına çıkarılarak makas ile parçalara ayrılmış ve stereo mikroskop altında incelenmiştir. Kalpten alınan kandan sürme kan frotisi yapılmış ve etil alkolde tespit edildikten sonra %5'lik giemsa boya ile boyanmış ve ışık mikroskobu altında kan parazitlerin varlığı yönünden incelenmiştir. Böbrek makas yardımı ile sırt kaslarından ayrıldıktan sonra tek parça halinde vücut dışına çıkarılmıştır. Böbrekten hazırlanan sürme preparatlar ışık mikroskobu altında incelenirken yüzeyi stereo mikroskop altında parazitler yönünden incelenmiştir. Alabalıkların iç organları vücut dışına çıkarıldıktan sonra geriye kalan karkas bıçak yardımı ile ince filetolar haline getirilmiştir. İnce filetolar haline getirilen kaslar stereo mikroskop altında parazit varlığı yönünden incelenmiştir (Buchmann, 2007; Buchmann & Bresciani, 2001). Araştırma tespit edilen parazitlerin morfolojik teşhisinde farklı kaynaklardan (Lom & Dyková, 1992; Buchmann & Bresciani, 2001) yararlanılmıştır.

Enfeksiyon oranları ve seviyeleri: Gökkuşağı alabalıklarda tespit edilen parazit türlerinin enfeksiyon oranları (P) hesaplanmış ve % olarak verilmiştir. Gökkuşağı alabalıklarının derisi üzerinde (4 cm^2 alan) tespit edilen parazit türlerinin sayılarına göre göreceli enfeksiyon seviyeleri hesaplanmıştır (Buchmann & Bresciani, 2001). *Spironucleus salmonis* türünün göreceli enfeksiyon seviyeleri balıkların bağırsaklarının iç yüzünden yapılan frotinin üzerine 22x22 mm'lik lamel kapatılarak oluşturulan 484 mm^2'lik alanda tespit edilen parazit sayısına göre hesaplanmıştır (Saghari Fard, 2001).

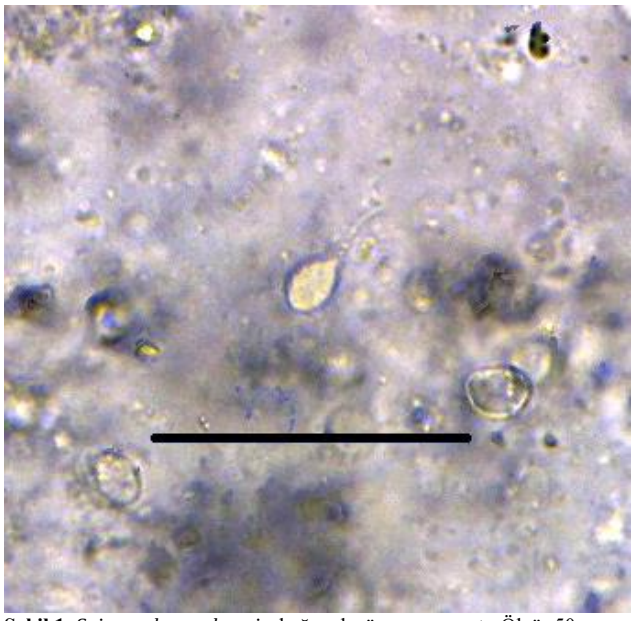
BULGULAR

Araştırmada toplam 270 adet gökkuşağı alabalığının 43'ünün bir veya daha fazla sayıda parazit türü ile enfekte olduğu tespit edilmiştir. Enfekte gökkuşağı alabalıklarında en az bir, en fazla üç parazit türü ile karşılaşılmıştır. Bir ve daha fazla sayıda parazit türü ile enfekte olan gökkuşağı alabalıklarının genel enfeksiyon oranı %15,9 olarak belirlenmiştir. Bu ticari işletmede Şubat, Mart, Nisan ve Ekim aylarında incelenen gökkuşağı alabalıklarında parazitler ile karşılaşılmıştır. Bu işletmede alabalık ölümlerinin gözlendiği durumlarda yoğun olarak antiparaziter banyo uygulamaların (tuz banyosu) yaptırıldığı aylarda (Mayıs–Eylül) incelenen gökkuşağı alabalıklarında parazitler ile karşılaşılmamıştır. Araştırma süresinde ticari işletmenin örneklem yapılan havuzlarının su sıcaklığı 0,5–16,3°C arasında ölçülmüştür. Su sıcaklığı en düşük 0,5°C ile şubat ayında, en yüksek 16,3°C ile ağustos ayında ölçülmüştür. Araştırma süresinde gökkuşağı alabalıklarında metazoon parazitler (trematod, sestod, nematod, akantocephala, artropod) türleri ile karşılaşılmamıştır. Gökkuşağı alabalıklarının sadece protozoon parazit türleri ile enfekte olduğu görülmüştür. Gökkuşağı alabalıklarda toplam 4 adet protozoon parazit türü tespit edilmiştir. Bu türler *Spironucleus salmonis* (*Hexamita salmonis*), *Ichthyobodo* spp., (*Costia* spp.), *Chilodonella* spp. ve *Ichthyophthirius multifiliis*'tir. Araştırmada *Ichthyobodo* spp., *Chilodonella* spp. ve *I. multifiliis* türleri gökkuşağı alabalıklarının deri ve yüzgeçlerinde saptanmıştır. *Spironucleus salmonis* türü gökkuşağı alabalıklarının bağırsaklarında tespit edilmiştir. Bu araştırmada toplam 270 adet gökkuşağı alabalığının 29'unda *S. salmonis* türü tespit edilmiştir. Bu türün enfeksiyon oranı %10,7 olarak hesaplanmıştır. *Ichthyobodo* spp., türü incelenen gökkuşağı alabalıklarının 11'inde saptanmış ve bu türün enfeksiyon oranı %4,0 olarak bulunmuştur. *Chilodonella* spp. türü incelenen gökkuşağı alabalıklarının 5'inde tespit edilmiş ve enfeksiyon oranı %1,8 olarak hesaplanmıştır. *Ichthyophthirius multifiliis* türü incelenen gökkuşağı alabalıklarının 3'ünde tespit edilmiş ve enfeksiyon oranı %1,1 olarak bulunmuştur. Araştırmada toplam 3 gökkuşağı alabalığının 2 parazit türü ile bir gökkuşağı alabalığının ise 3 parazit türü ile enfekte olduğu tespit edilmiştir. Parazitolojik muayenede bir (P=%0,3) gökkuşağı alabalığında *I. multifiliis* ve *S. salmonis*, bir (P=%0,3) gökkuşağı alabalığında *Ichthyobodo* spp. ve *S. salmonis* ve bir (P=%0,3) gökkuşağı alabalığında *Chilodonella* spp. ve *I. multifiliis* türleri saptanmıştır. Araştırmada sadece bir (P=%0,3) gökkuşağı alabalığının *Chilodonella* spp., *I. multifiliis* ve *S. salmonis* türleri olmak üzere üç parazit türü ile enfekte olduğu belirlenmiştir (Tablo 1).

Tablo 1. Gökkuşağı alabalıklarında (n=270) tespit edilen parazitlerin enfeksiyon parametreleri
Table 1. Infection parameters of parasites detected in rainbow trout (n=270).

Parazit türleri	Enfekte Balık Sayısı	Enfeksiyon Yüzdesi (%)
Tek parazit türü ile enfeksiyon		
Spironucleus salmonis	26	9,6
Ichthyobodo spp.	10	3,7
Chilodonella spp.	3	1,1
İki parazit türü ile enfeksiyon		
Ichthyophthirius multifiliis ve *S. salmonis*	1	0,3
Ichthyobodo spp. ve *S. salmonis*	1	0,3
Chilodonella spp. ve *I. multifiliis*	1	0,3
Üç parazit türü ile enfeksiyon		
Chilodonella spp., *I. multifiliis* ve *S. salmonis*	1	0,3

Spironucleus salmonis: Araştırmada parazitolojik incelemesi yapılan toplam 270 adet gökkuşağı alabalığının 29'unda (P=%10,7) *Spironucleus salmonis* türü tespit edilmiştir. Bu parazit 150–200 g ağırlığa sahip olan gökkuşağı alabalıklarında daha fazla görülmüştür. Bu tür gökkuşağı alabalıklarının bağırsaklarından yapılan sürme preparatlarda gözlenmiştir. Şubat, Mart, Nisan ve Ekim aylarında bu tür ile karşılaşılmıştır. Sürme preparatlarda parazitin mikroskop sahasında çok hızlı hareket ettiği tespit edilmiştir. Parazitin enfeksiyon seviyesinin 1 ile 3 arasında değişkenlik gösterdiği saptanmıştır. Parazitin vücut yapısının sarı renkte olduğu, kamçılı (hareket organeli) ve armut benzeri şekilde olduğu görülmüştür. Vücut boyutlarının ~10,5µ x 6,5 µ olduğu saptanmıştır (Şekil 1.).



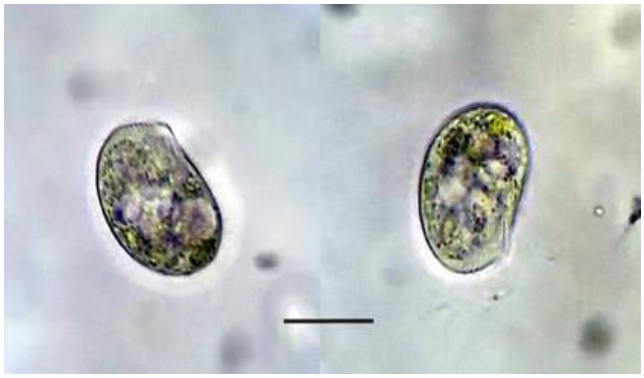
Şekil 1. *Spironucleus salmonis*, bağırsak sürme preparatı. Ölçü=50 µ
Figure 1. *Spironucleus salmonis*, intestinal wet mount preparation. Scale=50 µ

***Ichthyobodo* spp.**

Araştırmada parazitolojik incelemesi yapılan toplam 270 adet gökkuşağı alabalığının 11'inde (P=%4) *Ichthyobodo* spp. türü tespit edilmiştir. Bu parazit 50–60 g ağırlığa sahip olan gökkuşağı alabalıklarında daha fazla görülmüştür. Bu tür gökkuşağı alabalıklarının deri ve yüzgeçlerinden yapılan sürme preparatlarda tespit edilmiştir. Mart ve Nisan aylarında bu tür ile karşılaşılmıştır. Parazitin mikroskop sahasında çok hızlı hareket ettiği gözlenmiştir. Parazitin deri yüzeyindeki enfeksiyon seviyesinin 1 ile 4 arasında olduğu saptanmıştır. Parazitin vücut yapısı yuvarlak ve/veya oval şekillidir. Parazitin tek çekirdekli ve birden fazla sayıda kamçıya sahip olduğu görülmüştür. Parazitin boyutları ~15,4 µ x 11,1 µ olarak ölçülmüştür (Şekil 2.).

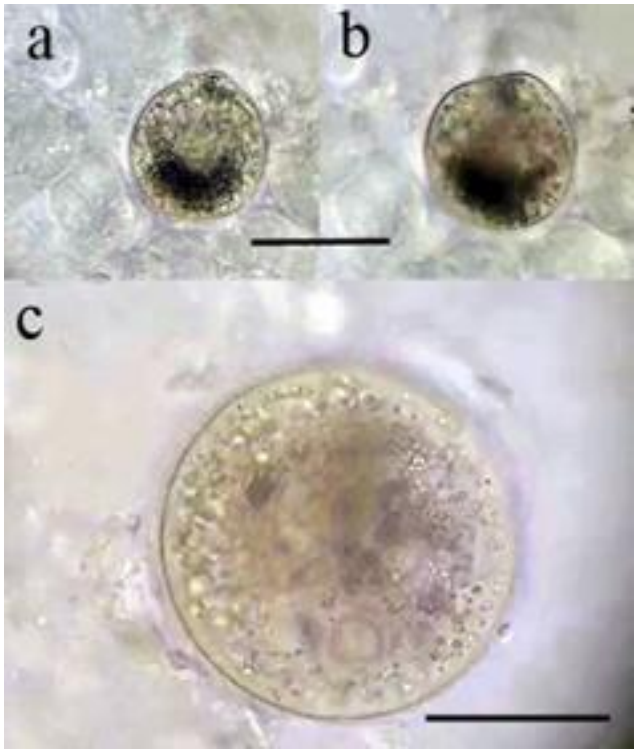
***Chilodonella* spp.:** Araştırmada parazitolojik incelemesi yapılan toplam 270 adet gökkuşağı alabalığının 5'inde (P=%1,8) *Chilodonella* spp. türü tespit edilmiştir. Bu parazit 15–20 g ağırlığa sahip olan gökkuşağı alabalıklarında daha fazla görülmüştür. Bu tür gökkuşağı alabalıklarının deri ve yüzgeçlerinden yapılan sürme preparatlarda tespit edilmiştir. Ekim ayında bu tür ile karşılaşılmıştır. Sürme preparatlarda parazitin mikroskop sahasında çok hızlı hareket ettiği gözlenmiştir. Parazitin deri yüzeyindeki enfeksiyon seviyesinin 1 ile 4 arasında değişkenlik gösterdiği saptanmıştır. Parazitin vücut yapısı dorso–ventral basık (düzleşmiş) olup, asimetrik, oval şekillidir. Vücudunun etrafının siliumlar ile kaplı olduğu görülmüştür. Parazitin yüzeyinde uzun ekseni boyunca birden fazla sayıda birbirine paralel kirpikli (silier) bant sıraları görülmüştür. Parazitin ağız açıklığı-yapısı (cytostome/cytopharynx) kolaylıkla fark edilebilmektedir. Vücudun orta kısmına yakın olarak bir adet yuvarlak şekilli macro nükleus görülmüştür. Parazitin sitoplazması renksizdir. Sitoplazmadaki çok sayıdaki besin vakuolleri içinde yer alan sindirilmemiş gıdalar ya da algler nedeni ile yeşil renkte görülmektedir. Parazitin boyutlarının ~80 x ~50 µ olduğu saptanmıştır (Şekil 3.).

Şekil 2. *Ichthyobodo* spp., deri sürme preparatı. Ölçü=50 µ
Figure 2. *Ichthyobodo* spp., skin wet mount preparations. Scale=50 µ



Şekil 3. *Chilodonella* spp., deri sürme preparatı. Ölçü=50 µ
Figure 3. *Chilodonella* spp., skin wet mount preparations. Scale=50 µ

Ichthyophthirius multifiliis: Araştırmada parazitolojik incelemesi yapılan toplam 270 adet gökkuşağı alabalığının 3'ünde (P=%1,1) *Ichthyophthirius multifiliis* türü tespit edilmiştir. Bu parazit 15–20 g ağırlığa sahip olan gökkuşağı alabalıklarında daha fazla görülmüştür. Bu tür gökkuşağı alabalıklarının deri ve yüzgeçlerinden yapılan sürme preparatlarda tespit edilmiştir. Ekim ayında bu tür ile karşılaşılmıştır. Sürme preparatlarda parazitin mikroskop sahasında yavaş hareket ettiği gözlenmiştir. Parazitin deri yüzeyindeki enfeksiyon seviyesinin 1 ile 2 arasında değişkenlik gösterdiği saptanmıştır. Parazitin vücut yapısının yuvarlak şekilli olduğu, vücudunun siliumlar ile kaplı ve makro nükleusunun karakteristik şekil olarak at nalı şeklinde olduğu görülmüştür. Parazitin büyüklüğünün ~500 µ olduğu saptanmıştır (Şekil 4.).



Şekil 3. *Ichthyophthirius multifiliis*, deri sürme preparatı. Ölçü (a, b)=50 µ, (c)=200 µ
Figure 3. *Ichthyophthirius multifiliis,* skin wet mount preparations. Scale (a, b)=50 µ, (c)= 200 µ

TARTIŞMA VE SONUÇ

Türkiye'de iç sularda kafes ve havuz sistemlerinde yoğun olarak yetiştirilen gökkuşağı alabalıklarının parazit faunalarının tespitine yönelik araştırmalar yapılmıştır (Burgu vd., 1988; Dal, 2006; Ogut vd., 2005; Altunay, 2006; Ogut ve Akyol, 2007; Pekmezci & Umur, 2010, 2015; İnce, 2013; Saglam, 2013; Sözeren, 2015; Şimşek, 2015; Avsever vd., 2016; Kayış vd., 2016; Karasu, 2017; Balta & Balta, 2018 a, b; Bingöl, 2018; Balta vd., 2019; Dörücü, 2000; Kurumuş ve Cengizler, 2020; Öktener ve Ünal, 2020). Ülkemizde farklı tatlı su kaynaklarında yetiştirilen gökkuşağı alabalıklarında farklı türlerde metazoon parazitler tespit edilmiştir. Bu araştırmalarda Burgu vd. (1998), Eskişehir Çifteler Su Ürünleri Araştırma ve Uygulama İstasyonunda havuzlarda yetiştirilen gökkuşağı alabalıklarında trematodlardan *Dactylogyrus* sp., *Clinostomum complanatum* metaserkeri ile acanthocephala grubundan *Pomphorhynchus laevis* türünü tespit etmişlerdir. Ogut & Akyol (2007), Trabzon Maçka Deresinde yetiştiriciliği yapılan gökkuşağı alabalıklarında trematodlardan *Gyrodactylus* sp. türünü saptamışlardır. Pekmezci & Umur (2010; 2015), Samsun Derbent Barajında yüzen ağ kafeslerde yetiştirilen gökkuşağı alabalıklarında nematodlardan *Schulmanela petruschewskii* ve *Hysterothylacium gadi aduncum* türlerini bulmuştur. İnce (2013), Adana ili Seyhan Baraj Gölü'nde yetiştiriciliği yapılan gökkuşağı alabalıklarında trematodlardan *Dactylogyrus sphyrna* türünü tespit etmişlerdir. Saglam (2013), Elazığ'da Keban Baraj Gölü'nde yetiştirilen gökkuşağı alabalıklarında nematodlardan *H. aduncum* türünü rapor etmiştir. Sözeren (2015), Denizli Işıklı Gölünde ağ kafeslerde yetiştirilen gökkuşağı alabalıklarında trematodlardan *Diplostomum* sp. metaserkerleri ile acanthocephala grubundan *Pomphorhynchus tereticollis* türlerini rapor etmiştir. Şimşek (2015), Aydın Akçay ve Kemer Barajında havuz ve kafeslerde üretimi yapılan gökkuşağı alabalıklarında artropodlardan *Lernaea* sp. türü ile karşılaşmıştır. Avsever vd. (2016), Şanlıurfa ve Gaziantep il sınırlarında Fırat Nehri üzerinde yetiştiriciliği yapılan gökkuşağı alabalıklarında trematodlardan *Diplostomum* sp. metaserkeleri ile karşılaşmışlardır. Balta & Balta (2018b), Doğu Karadeniz Bölgesinde farklı illerde kültüre edilen gökkuşağı alabalıklarında *Gyrodactylus* sp. türü ile karşılaşmışlardır. Dörücü (2000), Elazığ'da yetiştiriciliği yapılan gökkuşağı alabalıklarında trematodlardan *Crepidostomum farionis* türünü tespit etmiştir. Kurumuş ve Cengizler (2020), Osmaniye Kalecik Baraj Gölünde ağ kafeslerde yetiştirilen gökkuşağı alabalıklarında artropodlardan *Lernaea* sp. türünü bulmuşlardır. Öktener & Ünal (2020) Balıkesir Manyas Baraj Gölü'nde yetiştirilen gökkuşağı alabalıklarında artropodlardan *Argulus foliaceus* türü ile karşılaşmışlardır. Türkiye'nin Doğu Karadeniz Bölgesinde yetiştirilen gökkuşağı alabalıklarında metazoon parazitlerden özellikle *Gyrodactylus* sp. türü ile karşılaşıldığı görülmektedir. Bu araştırmanın yapıldığı ticari işletmenin havuzlarında yetiştirilen gökkuşağı alabalıklarının *Gyrodactylus* sp. ve diğer metazoon parazit türleri ile enfekte olmadığı görülmüştür. Günümüze kadar özellikle Doğu Karadeniz Bölgesinde farklı illerde yetiştirilen gökkuşağı alabalıklarında *Gyrodactylus* spp. enfeksiyonlarının yerleşik bir durum haline geldiği ve parazitin zamanla

yayıldığı görülmektedir (Ogut & Akyol, 2007; Balta & Balta, 2018b). Bu çalışmasının yürütüldüğü bir ticari işletmeden temin edilen gökkuşağı alabalıklarında *Gyrodactylus* sp. türü ile karşılaşılmaması, bu işletme için şimdilik bir sorun olmadığı anlamına gelebilir. Ancak özellikle Doğu Karadeniz Bölgesinde yetiştiriciliği yapılan gökkuşağı alabalıklarının *Gyrodactylus* sp. enfeksiyonları yönünden izlenmesi gerektiği ve bu parazit ile ilgili kontrol programlarının oluşturulması gerektiği düşünülmektedir.

Ülkemizde farklı tatlı su kaynaklarında yetiştirilen gökkuşağı alabalıklarında farklı türlerde protozoon parazitler tespit edilmiştir. Bu araştırmalarda Burgu vd. (1998), Eskişehir Çifteler Su Ürünleri Araştırma ve Uygulama İstasyonunda havuzlarda yetiştirilen gökkuşağı alabalıklarında *Trichodina* sp., türünü %30,4, *Trichodinella* sp. türünü %1,6, *Apiosoma* sp., türünü %2,4, *Chilodonella cyprini* türünü %4, *Costia necatrix* türünü %0,8 ve *Ichthyophthirius multifiliis* türünü %3,2 enfeksiyon oranında tespit etmişlerdir. Dal (2006), Adıyaman ili Atatürk Baraj Gölü'nde yetiştirilen gökkuşağı alabalıklarında %1,4 enfeksiyon oranında *C. cyprini* ve %2,1 enfeksiyon oranında *T. nigra* türlerini tespit etmiştir. Ogut vd. (2005), Doğu Karadeniz Bölgesinde kafeslerde yetiştiriciliği yapılan gökkuşağı alabalıklarında *I. multifiliis* türünün enfeksiyon oranının değişkenlik gösterdiğini ifade etmişlerdir. Yöredeki bazı kafeslerde hiç enfeksiyon görülmezken, bazı kafeslerde yaz aylarında %100 enfeksiyon oranında etkenin görüldüğünü ve salgınlar halinde parazitin yoğun ölümlere neden olduğunu belirtmişlerdir. Altunay (2006), Ankara Kesik köprü Baraj Gölü'nde kafeslerde yetiştirilen gökkuşağı alabalıklarında ektoparazit protozoonların varlığını araştırmış ve protozoonların enfeksiyon oranını %90 olarak tespit etmiştir. Gökkuşağı alabalıklarında %9,5 enfeksiyon oranı ile *Apiosoma* sp., %25 enfeksiyon oranı ile *Chilodonella* sp., %15 enfeksiyon oranı ile *Costia* sp., %65 enfeksiyon oranı ile *Epistylis* sp., %85 enfeksiyon oranı ile *Trichodina* sp., ve %2,8 enfeksiyon oranı ile *Tripartella* sp. türlerini saptamıştır. Ogut & Akyol (2007), Trabzon Maçka Deresinde yetiştiriciliği yapılan gökkuşağı alabalıklarında 6 farklı türlerde protozoon tespit etmişlerdir. İncelenen gökkuşağı alabalıklarında *Ichthyobodo necator* türü %0–46 enfeksiyon oranında, *Chilodonella piscicola* türü %0–32 enfeksiyon oranında ve *Trichodina claviformis* türü %0–34 enfeksiyon oranında tespit edilmiştir. Araştırma ayrıca *I. multifiliis, Apiosoma piscicolumn* ve *Hexamita salmonis* (*Spironucleus salmonis*) türlerinin tespit edildiği rapor edilmiştir. İnce (2013), Adana ili Seyhan Baraj Gölü'nde yetiştiriciliği yapılan gökkuşağı alabalıklarında %1,67 enfeksiyon oranında *T. domerguei* türü saptanmıştır. Sözeren (2015), Denizli Işıklı Gölünde ağ kafeslerde yetiştirilen gökkuşağı alabalıklarında %5,8 enfeksiyon oranı ile *I. multifiliis* ile %1,8 enfeksiyon oranı ile *Trichodina* sp. türleri ile karşılaşmışlardır. Şimşek (2015) Aydın Akçay ve Kemer Barajında havuz ve kafeslerde üretimi yapılan gökkuşağı alabalıklarında %33,9 enfeksiyon oranı ile *T. fultoni*, %5,4 enfeksiyon oranı ile *I. multifiliis* ve %1,4 enfeksiyon oranı ile *Apiosoma* sp. türlerini rapor etmiştir. Kayış vd. (2016), Rize ilinde gökkuşağı alabalığı yetiştiriciliği yapılan iki ayrı alabalık işletmesinde *I. multifiliis, C. cyprinii, I. necator* ve *Trichodina* sp. türleri ile karşılaşmışlardır. Bingöl (2018), Gümüşhane Kürtün Baraj Gölünde ağ kafeslerde yetiştirilen gökkuşağı alabalıklarında %21,7 enfeksiyon oranı ile *Trichodina* sp. ve %8,3 enfeksiyon oranı ile *I. multifiliis* türlerini saptamışlardır. Karasu (2017), Hatay ilinde sofralık balık ticareti yapılan işletmelerden örneklenen gökkuşağı alabalıklarında %2,9 enfeksiyon oranında *Trichodina* spp. türü ile karşılaşmışlardır. Balta vd. (2019), Doğu Karadeniz Bölgesinde farklı illerde kültüre edilen gökkuşağı alabalıklarında *Trichodina* sp. türünü %5,7–37,7 enfeksiyon oranında, *C. piscicola* türünü %5,6–38,5 enfeksiyon oranında, *Ichthyobodo* sp. türünü %0–34 enfeksiyon oranında, *I. multifiliis* türünü %5,3–49,5 enfeksiyon oranında ve *Spironucleus salmonicida* türünü %8,0–38,5 enfeksiyon oranında tespit edilmişlerdir.

Türkiye'nin Doğu Karadeniz Bölgesinde yetiştirilen gökkuşağı alabalıklarında protozoon parazitlerden özellikle *A. piscicolumn, C. piscicola, C. cyprinii, H. salmonis* (*Spironucleus salmonis*), *I. multifiliis*, *Ichthyobodo* sp., *I. necator, Trichodina* sp., *T. claviformis* ve *Spironucleus salmonicida* türlerinin yaygın olduğu görülmektedir. Bu araştırmada Doğu Karadeniz Bölgesi Rize il sınırları içinde yer alan özel bir ticari gökkuşağı alabalığı işletmesinde ise *S. salmonis, Ichthyobodo* spp., *Chilodonella* spp. ve *I. multifiliis* türleri tespit edilmiştir. Bu araştırmada tespit edilen protoozon türlerinin gökkuşağı alabalıkları için oldukça patojen olduğu ve ölümlere neden olduğu bilinmektedir (Lom & Dyková, 1992; Buchmann & Bresciani, 2001). Bu araştırmanın yürütüldüğü alabalık işletmesinde özellikle yavru gökkuşağı alabalıklarında ölümler gözlenmiştir.

Spironucleus salmonis (*H. salmonis*) enfeksiyonların özellikle küçük yavru gökkuşağı alabalıklarında şiddetli enfeksiyonlar oluşturduğu ve bu protozoon türün tercihen düşük olan 5 ila 10°C'lik su sıcaklıklarda daha hızlı çoğaldığı bildirilmiştir (Uldal & Buchmann, 1996; Buchmann & Uldal, 1996). Ogut & Akyol (2005), Güneydoğu Karadeniz Bölgesindeki aynı nehir sistemi üzerine kurulu olan üç gökkuşağı alabalık çiftliğinde *H. salmonis* enfeksiyon oranlarının su sıcaklığın 4°C'den 6°C'ye yükselmesiyle hızlı bir şekilde arttığını bildirmişlerdir. Bu araştırmada 50–150 g olan gökkuşağı alabalıklarında *S. salmonis* enfeksiyonlarının su sıcaklığın 4 ila 6°C arasında değişkenlik gösterdiği Şubat, Mart ve

Nisan aylarında yoğun (enfeksiyon seviyesi 1 ve 3 arası) olarak gözlendiği saptanmıştır. Salmonidlerde *Ichthyobodo* spp. (*Costia* spp.) enfeksiyonları su sıcaklığının 3 ila 16°C olduğu geniş bir sıcaklık aralığında şekillenebilmektedir (Lom & Dyková, 1992). Kayış vd. (2016), Doğu Karadeniz Bölgesinde 10–11°C su sıcaklığında gökkuşağı alabalıklarında *I. necator* enfeksiyonları ile karşılaştıklarını bildirmişlerdir. Balta vd. (2019), Doğu Karadeniz Bölgesinde yetiştirilen gökkuşağı alabalıklarında tüm yıl boyunca *I. necator* enfeksiyonları ile karşılaştıklarını ve özellikle enfeksiyon oranının su sıcaklığının yaklaşık 5°C olduğu aralık ayında en yüksek seviyede olduğunu rapor etmişlerdir. Benzer bulgular olarak bu araştırmada gökkuşağı alabalıklarındaki en yüksek *Ichthyobodo* spp. enfeksiyon oranı su sıcaklığının 4°C olduğu Mart ayında tespit edilmiştir. *Chilodonella* türleri hem soğuk suda (5–10°C) hem de ılık suda çoğalarak mükemmel bir ekolojik uyum yeteneğine sahip protozoonlardır (Lom & Dyková, 1992). Bu araştırmada su sıcaklığının 11°C olduğu ekim ayında *Chilodonella* spp. türü ile karşılaşılmıştır. Benzer şekilde Kayış vd. (2016), Doğu Karadeniz Bölgesinde 10–11°C su sıcaklığında gökkuşağı alabalıklarında *C. cyprinii* enfeksiyonları ile karşılaştıklarını rapor etmişlerdir. Balta vd. (2019), Doğu Karadeniz Bölgesindeki gökkuşağı alabalıklarında tüm yıl boyunca *Chilodonella* sp. enfeksiyonları ile karşılaştıklarını bildirmişlerdir. Bu türün en yüksek enfeksiyon oranı su sıcaklığının yaklaşık 5°C olduğu aralık ayında görülmüştür. Bu araştırmadan farklı olarak Ogut & Akyol (2005), Doğu Karadeniz Bölgesinde Maçka nehri üzerindeki kurulu olan işletmelerde yetiştirilen gökkuşağı alabalıklarında *C. piscicola* türünün çoğunlukla kış mevsiminde mevcut olduğunu bildirmişlerdir. *Ichthyophthirius multifiliis*'in yaşam döngüsünün süresi önemli ölçüde su sıcaklığından etkilenmektedir (Aihua & Buchmann, 2001). Ogut vd. (2005), Doğu Karadeniz Bölgesinde gökkuşağı alabalıklarında *I. multifiliis* ile kış aylarında karşılaşmadıklarını ama su sıcaklığının 14°C'nin üzerinde olduğunda parazitin aktif olduğu ve sıcaklığının 18°C'nin üzerine çıktığında gökkuşağı alabalıklarda ölümler gözlendiğini bildirmişlerdir. Balta vd. (2019), Doğu Karadeniz Bölgesinde yetiştirilen gökkuşağı alabalıklarında su sıcaklığının ~10 ila 20°C arasında olduğu zaman aralıklarında *I. multifiliis* enfeksiyonu ile karşılaştıklarını bildirmişlerdir. Bu araştırmada su sıcaklığının 11°C olduğu ekim ayında gökkuşağı alabalıklarında *I. multifiliis* türü ile karşılaşılmıştır. Doğu Karadeniz Bölgesinde yetiştiriciliği yapılan gökkuşağı alabalıklarında ölümlere neden olan paraziter enfeksiyonları kontrol altına almak için kimyasallar ile banyo ve daldırma tarzında tedavi uygulamaları yapılmaktadır (Balta vd., 2008; Balta & Balta, 2018b). Parazit türüne bağlı olarak kullanılan kimyasal uygulamaların başarılı olduğu veya aynı zamanda yetersiz kaldığı durumlarda olmaktadır.

Sonuç olarak bu araştırmada Türkiye'nin Doğu Karadeniz Bölgesi Rize il sınırları içinde yer alan özel bir ticari alabalık işletmesinde parazitolojik muayenesi yapılan toplam 270 adet gökkuşağı alabalığında *Spironucleus salmonis, Ichthyobodo* spp., *Chilodonella* spp. ve *Ichthyophthirius multifiliis* protozoon türleri sırası ile %10,7, %4, %1,8 ve %1,1 enfeksiyon oranlarında ve 1–3, 1–4, 1–4, 1–2 enfeksiyon seviyelerinde tespit edilmiştir. Gökkuşağı alabalığı işletmelerinde paraziter enfeksiyonlardan korunmak için iyi sağlık yönetimi uygulamalarına dikkat edilmelidir.

TEŞEKKÜR

Bu çalışma Ondokuz Mayıs Üniversitesi tarafından PYO.VET.1904.23.001 no'lu proje numarası ile desteklenmiştir. Laboratuvar çalışmaları sırasında yardımcı olan Ondokuz Mayıs Üniversitesi Veteriner Fakültesi Su Ürünleri Hastalıkları Anabilim Dalı'ndan Araştırma Görevlisi Esra Demirbaş'a, doktora öğrencileri Veteriner Hekim Melike Çaltı, Veteriner Hekim Cansu Aktaş ve Veteriner Hekim Volkan Kadu'ya teşekkür ederiz.

KAYNAKLAR

Altunay, S. (2006). *Kesikköprü Baraj Gölü'nde bir kafes işletmesinde yetiştirilen gökkuşağı alabalıklarının (Oncorhynchus mykiss Walbaum, 1792) ektoparazitolojik olarak incelenmesi.* Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. Ankara, Türkiye, 50s.

Avsever, M.L., Selver, M.M., Yazıcıoğlu, Ö., Tokşen, E., Tay, S., Erdal, G. & Günen, M.Z. (2016). The first report of diplostomiasis from cultured rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) in Turkey. *Ankara Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi*, ***63***(4), 377-381. DOI: 10.1501/Vetfak_0000002756

Balta, F. & Balta, Z.D. (2018a). Gökkuşağı alabalığı (*Oncorhynchus mykiss*) yavrularında görülen hexamitozis'in tanı ve tedavisi. *Journal of Anatolian Environmental and Animal Sciences*, ***3***(1), 4-8. DOI: 10.35229/jaes.357640

Balta, F. & Balta, Z.D. (2018b). Kültürü yapılan gökkuşağı alabalıklar (*Oncorhynchus mykiss*)'ında *Gyrodactylus* sp. enfeksiyonu. *Journal of Anatolian Environmental and Animal Sciences*, ***3***(3), 141-144. DOİ: 10.35229/jaes.477438

Balta, F., Balta, Z.D. & Akhan, S. (2019). Seasonal distribution of protozoan parasite infections in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) farms in the Eastern Black Sea of Turkey. *Bulletin of The European Association of Fish Pathologists*, ***39***, 31-39.

Bingöl, A. (2018). *Kürtün baraj gölünde bakteriyel ve paraziter balık patojenlerinin araştırılması.* Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. Rize, Türkiye, 38s.

Buchmann, K. (2007). *An introduction to fish parasitological methods-classical and molecular techniques*, Denmark: Biofolia Press, 130p.

Buchmann, K. & Bresciani, J. (1997). Parasitic infections in pond-reared rainbow trout *Oncorhynchus mykiss* in Denmark. *Diseases of Aquatic Organisms*, ***28***(2), 125-138. DOI: 10.3354/dao024169

Buchmann, K. & Bresciani, J. (2001). *An introduction to parasitic diseases of freshwater trout*, Denmark: DSR Publishers, 76p.

Buchmann, K. & Uldal, A. (1996). Temperature, pH and bile dependent in vitro cultivation of *Hexamita salmonis* from rainbow trout *Oncorhynchus mykiss* intestine. *Diseases of Aquatic Organisms*, ***24***(3), 169-172. Doi:

Burgu, A., Oğuz, T., Körting, W. & Güralp, N. (1988). İç Anadolu'nun bazı yörelerinde tatlı su balıklarının parazitleri. *Etlik Veteriner Mikrobiyoloji Dergisi*, ***6***(3), 143-166.

Dal, A. (2006). *Atatürk Baraj Gölü (Adıyaman)'nde yetiştiriciliği yapılan gökkuşağı alabalığı (Oncorhynchus mykiss)'nda parazitolojik araştırmalar*. Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. Adana, Türkiye, 60s.

Dörücü M. (2000). Occurrence and first record of *Crepidostomum farionis*, Müller 1784 (Trematoda: Digenea) in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) in a fish farm, Elâzığ, Turkey. *Fırat Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi*, ***12***(1), 323-327.

İnce, H. (2013). *Adana İli Seyhan Baraj Gölü'nde yetiştiriciliği ve avcılığı yapılan iç su balıklarındaki parazitlerin tespiti*. Selçuk Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü. Konya, Türkiye, 64s.

Karasu, N. (2017). *Hatay ilinde sofralık balık ticareti yapan işletmelerden alınan gökkuşağı alabalığı (Oncorhynchus mykiss (Walbaum, 1792))'nda bakteriyel kontaminasyonun ve paraziter patojenlerin araştırılması.* İskenderun Teknik Üniversitesi Mühendislik ve Fen Bilimleri Enstitüsü, Hatay, Türkiye, 42s.

Kayış, Ş., Er, A. & Kaçar, Z.Z. (2016). Rize il'inden örneklenen bazı balık türlerinde dış protozoan parazitlerin araştırılması. *Journal of Anatolian Environmental and Animal Sciences*, ***1***(2), 44-47. DOI: 10.35229/jaes.273806

Kurumuş, M. & Cengizler, İ. (2020). Kalecik baraj gölü (Osmaniye)'nde yetiştiriciliği yapılan gökkuşağı alabalığı (*Oncorhynchus mykiss*)'nda *Lernaea* enfestasyonu üzerine bir araştırma. *Journal of Advances in VetBio Science and Techniques*, ***5***(3), 114-120. DOI: 10.31797/vetbio

Lom, J. & Dyková, I. (1992). *Protozoan parasites of fish*. Volume 26: Developments in Aquaculture and Fisheries Science, Amsterdam: Elsevier Science Publishers, 315p.

Meyer, F.P. (1991). Aquaculture disease and health management. *Journal of Animal Science*, ***69***(10), 4201–4208. DOI: 10.2527/1991.69104201x

Ogut, H., Akyol, A. & Alkan, M.Z. (2005). Seasonality of *Ichthyophthirius multifiliis* in the trout (*Oncorhynchus mykiss*) farms of the Eastern Black Sea Region of Turkey. *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, ***5***, 23-27.

Ogut, H. & Akyol, A. (2007). Prevalence and intensity of ectoparasites in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) from larvae stage to market size in Turkey. *The Israeli Journal of Aquaculture-Bamidgeh*, ***59***(1), 23-31. DOI: 10.46989/001c.20508

Öktener, A. & Ünal, A. (2020). Infestation of fish louse, *Argulus foliaceus* (Linnaeus, 1758) (Crustacea: Branchiura) on rainbow trout farm in Manyas Dam Lake, Turkey. *Journal of Wetlands Biodiversity*, ***10***, 95-111.

Pekmezci, Z. & Umur, S. (2010). First record of *Schulmanela petruschewskii* Shulman, 1948 (Nematoda: Capillariidae) from cultured rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) in Turkey. Helminthologia, ***47***, 273-275. DOI: 10.2478/s11687-010-0043-6

Pekmezci, G.Z. & Umur, S. (2015). Presence of *Hysterothylacium gadi aduncum* (Rudolphi, 1802) (Anisakidae) in cultured rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss* Walbaum, 1792) in fresh water farms from Turkey and its mortality. *Iranian Journal of Fisheries Sciences*, ***14***(1), 150-157. DOI: 10.22092/ijfs.2018.114430

Saglam, N. (2013). Infection of *Hysterothylacium aduncum* (Nematoda: Anisakidae) in farmed rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss* Walbaum, 1792). *African Journal of Agricultural Research*, ***8***(47), 5953-5957. DOI: 10.5897/AJAR06.085

Saghari Fard, M.R. (2001). *Ecology, host-parasite interaction, and ultrastructure of diplomonad flagellates in commercially important fish species*. Humboldt University of Berlin, Germany.

Scholz, T. (1999). Parasites in cultured and feral fish. *Veterinary Parasitology*, ***84***, 317-335. DOI: 10.1016/S0304-4017(99)00039-4

Sözeren, D. (2015). *Işıklı kaynağında (Çivril-Denizli) ağ kafeslerde yetiştiriciliği yapılan gökkuşağı alabalığı Oncorhynchus mykiss (Walbaum, 1792)'nın parazit faunası*. Marmara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, Türkiye, 105s.

Şimşek, E. (2015). *Aydın/Bozdoğan yöresinde yetiştirilen gökkuşağı alabalıklarında (Oncorhynchus mykiss) paraziter yaygınlığın araştırılması*. Adnan Menderes Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Aydın, Türkiye, 124s.

TÜİK (2023). *Su ürünleri istatistikleri*. Erişim tarihi: 19.05.2024, https://biruni.tuik.gov.tr/medas/?locale=tr

Uldal, A. & Buchmann, K. (1996). Parasite host relations: *Hexamita salmonis* in rainbow trout *Oncorhynchus mykiss*. *Diseases of Aquatic Organisms*, ***25***, 229-231. DOI: 10.3354/dao025229

Journal of Anatolian Environmental and Animal Sciences
(*Anadolu Çevre ve Hayvancılık Bilimleri Dergisi*)
DOI: https://doi.org/10.35229/jaes.1513393

JAES
Year: 9, No: 4, 2024 (536-557)
AÇEH
Yıl: 9, Sayı: 4, 2024 (536-557)

ARAŞTIRMA MAKALESİ **RESEARCH PAPER**

Rize'nin Damarlı Bitki Çeşitliliği ve Korunması]

Vagif ATAMOV[1]* Abdulkadir SÜZEN[1] Esra DEMİR[2] Hüseyin BAYKAL[3]
[1]*Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi Fen-Edebiyat Fakültesi, Biyoloji Bölümü, 53100, Rize, Türkiye*
[2]*Recep Tayyip Erdoğan Üniverstesi, Merkezi Araştırma Laboratuvarı Uygulama ve Araştırma Merkezi, 53100, Rize*
[3]*Recep Tayyip Erdoğan Üniverstesi, Pazar Meslek Yüksekokulu, Bitkisel ve Hayvansal Üretim Bölümü, Pazar, 53200, Rize*

Geliş Tarihi: *09.07.2024* ***Kabul Tarihi:*** *07.11.2024* ***Basım Tarihi:*** *31.12.2024*
Atıf yapmak için: **Atamov, V., Süzen, A., Demir, E. & BAYKAL, H. (2024).** Rize'nin Damarlı Bitki Çeşitliliği ve Korunması. *Anadolu Çev. ve Hay. Dergisi, 9*(4), 536-557. https://doi.org/10.35229/jaes.1513393
How to cite: **Atamov, V., Süzen, A., Demir, E. & BAYKAL, H. (2024).** The Vascular Plant Diversity and Conservation of Rize. *J. Anatolian Env. and Anim. Sciences, 9*(4, 536-557. https://doi.org/10.35229/jaes.1513393

*: https://orcid.org/0000-0002-6718-7979
: https://orcid.org/0000-0003-2408-2090
: https://orcid.org/0000-0002-0222-1865
: https://orcid.org/0000-0001-6428-6915

***Sorumlu yazarın:**
Vagif ATAMOV
Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi Fen-Edebiyat Fakültesi, Biyoloji Bölümü, 53100, Rize, Türkiye
✉: vagıf.atamov@erdogan.edu.tr

Öz: Çalışma, Rize İlinin trakeofit çeşitlilik envanteri, belirli türlerin zengin olduğu habitatları, koruması gerekli taksonları, ekosistem çeşitliliği, özellikle bitki birlikleri ve gösterge taksonları, EUNIS habitat tipleri, çeşitlilik indeksi, bölgesel düzeyde izleme planları ve bitki çeşitliliğine ilişkin tehditlerin belirlenmesi amaçlamaktadır. Bu verilerin hazırlanmasında arazi gezilerinde toplanan bitki örnekleri, gözlem notları ve literatürlerden faydalanılmıştır. 110 familyada 440 cinse ait 1663 damarlı bitki taksonu saptanmıştır. 125 taksonun nadir ve tehdit altında olduğu belirlenmiştir. Hedef türler bakımından 8 zengin habitatın bulunduğu ve 25 taksonun izlenmesi gerekli taksonlar olduğu tespit edilerek habitatların florasının ve taksonların izleme planı hazırlanmıştır. Koruma öncelikli takson 32 takson bulunmuştur. 9 karakteristik bitki komünitesi ve gösterge taksonları belirlenmiştir.

Anahtar kelimeler: Biyoçeşitlilik, flora, koruma, rize, takson.

The Vascular Plant Diversity and Conservation of Rize

***Corresponding author's:**
Vagif ATAMOV
Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi Fen-Edebiyat Fakültesi, Biyoloji Bölümü, 53100, Rize, Türkiye
✉: vagıf.atamov@erdogan.edu.tr

Abstract: The study is aimed to determine, Rize Province tracheophyte diversity inventory, habitats rich in certain species, taxa that need to be protected, ecosystem diversity, especially plant associations and indicator taxa, EUNIS habitat types, diversity index, regional monitoring plans and related threats. The plant materials, collected from the study area, field observations and current literatures were used in the prepareation of the data.1663 vascular plant taxa belonging to 440 genera in 110 families were identified. It was determined that there were 8 rich habitats in terms of target species and 25 taxa that needed to be monitored, and a monitoring plan the flora of habitats and taxa was prepared. 32 conservation priority taxa were found. 9 characteristic plant communities and indicator taxa of each community were identified.

Keywords: Biodiversity, conservation, flora, rize, taxon.

GİRİŞ

12 000'den fazla bitki taksonunun yaşam alanı (Erik ve Tarıkahya, 2004) olan Türkiye, çeşitlilik açısından zengin floraya sahiptir. Zenginliğin korunması için Türkiye biyoçeşitlilik envanteri ve izleme araştırmalarının ivedilikle oluşturulması gerekmektedir. Doğa Koruma ve Milli Parklar Genel Müdürlüğü'nün 'Ulusal Biyolojik Çeşitlilik Envanter ve İzleme Projesi' ile bu amaca yönelik çalışmalar başlatmıştır.

Türkiye Bitkileri Veri Servisine göre (TÜBİVES) Rize İlinden kayıtlı 777 bitki taksonu yer almaktadır. Araştırma alanının flora ve vejetasyonu üzerine Anşin (1980), Güner vd. (1987), Vural (1996), Terzioğlu (1998), Çobanoğlu (2012), Demir (2013), Atamov vd. (2013, 2015, 2017), Baykal (2015), Ofluoğlu (2015), Baykal vd. (2017), Sarıgül (2018), Baykal (2018a, 2018b), Baykal vd. (2018) Rize. Atamov ve Çobanoğlu (2019), Demir ve Atamov (2019), Atamov (2021), Süzen ve Atamov (2022), Atamov ve Sarıgül (2023) çalışmalar yapılmışlardır. Rize'nin bitki örtüsünde ormanlar önemli bir yere sahip olmakla subalpin ve alpin çayırlıkları da yaygındır. Ormanlarda en çok ladin (*Picea*), kızıağaç (*Alnus*), kayın (*Fagus*), akçaağaç (*Acer*), gürgen (*Carpinus*), kestane (*Castanea*), çam (*Pinus*), Ihlamur (*Tilia*), ardıç (*Juniperus* L.) ve yer yer *meşe* (*Quercus* L.) görülür. *Rhododendron, Vacciniium, Sorbus,*

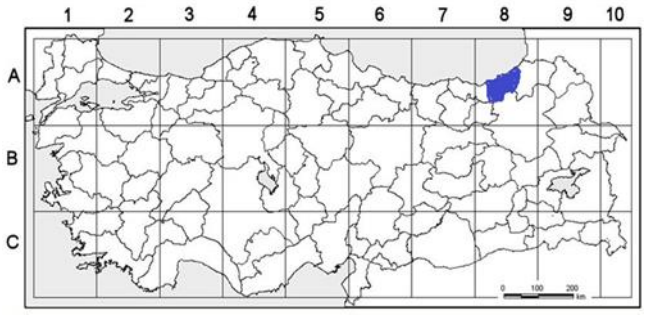
Vibirnum, Rubus vb. cinslere ait taksonlar bitki örtüsünde çalı katında yer almaktadır. Akarsu kıyılarında kızılağaç (Alnus L.), söğüt (*Salix* L.) ve kavak (*Populus* L.) ağaçları bulunur. Ovit dağından İspir'e giden yoy etrafı güney yamaçlarda yayılış gösteren bozkır vejetasyonunda çoğunlukla dikenli çalılar ve otlar: ayrıkotu geven (*Astragalus* L.), (*Agropyron* Gaertn.), püsküllü brom (*Bromus* L.), yabani arpa (*Hordeum* L.), papatya (*Anthemis* L., gelincik (*Papaver* L.), alman papatyası (*Matricaria* L., koca pireotu (*Tanacetum* L.), ak babaotu (*Tripleurospermum* Sch. Bip.), kekik (*Thymus* L.), sütleğen (*Euphorbia* L.), ballıbaba (*Lamium* L.), kuşburnu (*Rosa* L.) ve böğürtlen (*Rubus* L.) burada bulunan başlıca otlar arasında sayılabilir.

Bu çalışmada "Rize İli'nin Karasal ve İç Su Ekosistemleri Biyolojik Çeşitlilik Envanter ve İzleme İşi Doğa Koruma ve Milli Parklar Rize İli Şube Müdürlüğü'nün koordinasyonunda, Anadolu Doğa ve Kültür Koruma Kooperaf (AnaDOKU) yürütücülüğünde gerçekleştirilmiş ve Rize ilinin florası arazi ve literatür çalışmalarıyla güncellenmiş, nadir ve endemik taksonlar izlenmiş, ekosistem çeşitliliği, gösterge türler ile EUNIS habitat kodlarına göre vejetasyonu ortaya konulmuştur. İzleme ve koruma önceliği gerekli takson ve habitatlar belirlenmiş, tehditler ve bu tehditlere karşı öneriler ortaya konmuştur.

MATERYAL VE METOT

Bitki Listesi, Türkiye ve Doğu Ege adaları Florası (Davis, 1965-2000), (Davis vd., 1988), (Güner vd., 2000) ve "Türkiye Bitkileri Veri Servisi (2014) baz alınarak hazırlanmıştır. Hazırlanan bu liste Rize'de yapılmış olan çalışmalar taranarak tüm bitki kayıtları aynı listede düzenlenmiştir. Güner vd., (2012), Govaerts (2014), IPNI (2014) ve Ekim vd. (2000)'den faydalanılarak en güncel floristik liste ve tehlike kategorileri oluşturulmuştur.

Arazi çalışmaları 2014 yılında, belirlenmiş istasyonlarda (Şekil 1-2) 60 günde yapılmıştır. Örnekleri toplanmış, lokaliteleri, koordinatları, yükseklikleri ve habitat özellikler belirlenmiş, özellikli türlerin popülasyonları üzerinde gözlemler yapılmıştır.



Şeki 1. Araştırma alanının Grid sistemine göre konumu.
Figure 1. Location of the research area according to the Grid system.

2203 bitki örneğinin teşhisleri yapılarak, çalışma süresince literatür ve gözlemlere bağlı kayıtlar ile Rize İli Floristik Listesi'ne (Ek 1) eklenmiştir. Bitki örnekleri Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi Herbaryumu'nda koruma altına alınmıştır.

Alanlardan vejetasyon tipleri ile ilgili bilgi ve fotoğraflar alınmış (Şekil 2, 3) ve habitat tipleri belirlenerek haritalanmıştır.

BULGULAR

Çalışma alanının florası (Damarlı Bitkiler): 2203 bitki örneğinin teşhisi sonucu araştırma bölgesinde yeni kayıtlarla birlikte 1663 taksonun (110 familya, 444 cinse ait 1508 tür, 151 alttür, 6 varyete) olduğu belirlenmiştir. Takson ve cins sayısına göre zengin familyalar: Asteraceae (210), Poaceae (158), Fabaceae(80), Lamiaceae (68), Brassicaceae (66), Cyperaceae (62), Garyophyllaceae (60), Rosaceae (93), Boraginaceae (44) ve Apiaceae (50)'dır. Takson sayısına göre zengin cinsler: *Carex* (44), *Alchemilla* (25), *Festuca* (22), *Geranium* (21), *Veronica* (20), *Trifolium* (20), *Ranunculus* (19), *Silene* (17), Vicia (16), Polygonum (15), Potentilla (14), Hieracium (14), *Bromus* (13), *Myosotis* (12), *Euphorbia* (13), *Cirsium* (12), *Senecio* (12), Rumex (11), *Lamium* (11), *Scrophularia* (10), *Primula* (8)'dır. Belirlenen taksonların 92 tanesi endemiktir. Endemik olmayan ulusal ölçekte 33 adet nadir bitki türü vardır. BERN ve CITES listesinde yer alan taksondan bazılarının il sınırları içerisinde yayılış gösterdiği gözlemlenmiştir. Familyalar APG III (2009)'a göre verilmiştir. Araştırmada 19 kültür veya egzotik bitkinin Rize ilinde doğal ortamlarda yayıldığı tespit edilmiştir. Bölgede tehlike kategorisi EN (tehlikede) olan 13, VU (Zarar göre bilir) 25, az tehit altında olan (LR) ve bunlardan (LR(lc) 31, LR(cd) 14, LR(nt) 7 olmak üzere) toplam 52 ve DD (veri yetersin) kategorisinde olan 1 takson (*Symphyandra lazica* Boiss.) olduğu belirlenmiştir (Tablo 1). İl sınırları içerisinde CR kategorisinde olma durumunda olan 2 taksonun olduğu kanaatindeyiz. Bunlar *Sorbus caucasica* var. *yaltirikii* Gökşin ve *Amelancher rotundifolia* L. taksonlarıdır. Bu taksonlardan 92'sinin endemik, 33'nun ise nadir ve tehdit altında olduğu belirlenmiştir (Tablo 1).

Tablo 1. Taksonların IUCN Tehlike Kategorilerine Göre Dağılımı.
Table 1. Distribution of Taxa According to IUCN Threat Categories.

CR	EN	VU	LR(lc)	LR(cd)	LR(nt)	DD	Toplam	Endemik
2	11	25	31	14	7	1	125	92

Literatür taraması ve yapılan arazi çalışmaları sonucu araştırma alanında bulunan ve bulunması muhtemel olan 92'i IUCN tehlike kategorilerine (Ekim vd., 2000) dahil edilen toplam 125 nadir ve tehdit altında olan taksonlar GPS koordinatları ile beraber EK-1'de listelenmiştir. Bu türlerden 5'i (*Bidens tripartita* L., *Ailanthus altissima* (Mill.) Swingle, *Conyza canadensis* (L.) Cronquist, *Sicyos angulatus* L., *Persicaria perfoliata* (L.) H.Gross) Rize'de doğal yayılış göstermektedir. 1 tanesi endemik ve 1 tanesi nadir olmak üzere Rize ili için 225 yeni kayıt saptanmıştır ve tabloda "¥" ile gösterilmiştir (Şekil 5). DD kategorisindeki kayıp *Sorbus caucasisa* ssp *yaltrıki* ve *Amelancher ovalis* subsp.

integrifolia taksonları Verçenik yaylası (Çamlıhemşin İlçesi) yolu üzerinde Yayla köy ve Sıralar Köyü arasındaki dağlık alandan tespit edilmiş ve türün araştırma bölgesinde durumu için CR kategorisi önerilmiştir.

Araştırma bölgesinde hedef türlerce zengin habitatlar:

1. Ceymakçur yaylası nadir bitki birlikleri (*Abies nordmanniana*, *Paeonia daurica* ssp. *macrophylla*, *Delphinium formosum, Aconitum orientale*).
2. Verçenik yaylası, *Sorbus caucasisa ssp yaltrıki, Rhododendron caucasica* kaya ve Döküntü vejetasyonu
3. Tunca vadisi nadir ve relikt (*Fagus orientalis, Alnus glutinosa, Betula Betula medwediewii* Regel[Ⅰ]) Orman birlikleri.
4. Handüzü Yaylası *Quercus pontica*, *Zibbaldia parviflora*, *Nardus stricta* ve *Alchemilla caucasisa*'nın başkınlığı ile subalpin çayırlıklar.
5. Komati yaylası, Derin darelerle yarılmış yamaçlarda *Taxsus baccata, Fagus orientalis, Rhododendron ungerni* taksonlarının katılımı ile anıt niteliğinde örman birlikleri.
6. Cimil yaylası *Rubus idaeue, Betula pendula, Salix rizensis*, taksonlarının baskın olduğu alanlar.
7. Fırtına vadisi kenarı Şimşir (*Buxsus sempervirens*) ve kızılağaç (*Alnus glutinosa*) galeri ormanları ve kaya vejetasyonu
8. Kavron Yaylası subalpin ve alpin çayırlıkları.

Ceymakçur ve Verçenik yaylaları öncelikle korunması ve izlenmesi gereken alanlardır. Rize için koruma öncelikli bitkiler Tablo 2'de, zengin habitatlar ve florasının izleme çizelgesi Tablo 3'te yer almaktadır. Tablodaki sıranın esas alınması gereklidir. Rize endemikleri özellikle yol ve tarla açma faaliyetleri gibi nedenlerle tehlike altındadır. Endemik ve endemik olmayan tehlike altındaki bitkilerin korunmasına öncelik verilmelidir. Tablo 2 koruma önceliğine göre sıralanmıştır. Burada korunması gereken öncelikli taksonlardan bazıları şekil 2 ve 3'te verilmiştir.

Şekil 2. Çalışma alanında rastlanan bazı bitkilerin fotoğrafları: a. *Epigaea gaultherioides* (Boiss. Et Ball.) Takht. Dağ elması, b. *Corydalis alpestris* C.A. Meyer. Gök Kazgagası, c. *Lilium ponticum* K. Koch. Hemşin zambağı d. *Delphinium formosum* Boiss.Günhezaren, e. Salix rizeensis A. Güner Rize söğüdü, f. *Globularia trichosantha* Fich C.A. Meyer Köse yayılmı, g. *Oxytropis lazica* Boiss / Laz gaga geveni , h. *Erysimum kotschyanum* / Teke Zarifesi i. *Allium djimilense* / Cimil Soğanı.

Figure 2. Photographs of some plants found in the study area: a. *iEpgaea gaulttherioides* (Boiss. Et Ball.) Takht. Mountain apple, b. *Corydalis alpestris* C.A. Meyer. Sky Goosebill, c. *Lilium ponticum* K. Koch. Hemsin lily d. *Delphinium formosum* Boiss.Günhezaren, e. *Salix rizeensis* A. Güner Rize willow, f. *Globularia trichosantha* Fich C.A. Meyer Köse spread, g. *Oxytropis lazica* Boiss / Laz beak milkvetch, h. *Erysimum kotschyanum* / Goat's Elegance i. *Allium djimilense* / Cimil Onion.

Şekil 3. Çalışma alanında rastlanan bazı bitkilerin fotoğrafları: a. *Geum coccineum* Sibth. & Sm. FL. Graec. Prodr. Kırmızı kadife çiçeği, b. *Aristolochia pontica* Lam. Gangırdak, c. *Betula medwediewii* Regel. Moshi, d. Paeonia daurica Andrews Yörükgülü, e. *Berberis vulgaris* L. Kızılkaramuk, f. Nonea melanocarpa Boiss. Gelin sordu, g. *Festuca djimilensis* Boiss. Cimil yumağı, h. *Papaver lateritium* Koch Potot, i. *Rhododendron un*gernii Trautv. Beyaz komar.
Figure 3. Photographs of some plants distributed in the study area: a. *Geum coccineum* Sibth. & Sm. FL. Graec. Prodr. Red marigold, b. Aristolochia pontica Lam. Gangırdak, c. *Betula medwediewii* Regel. Moshi, d. *Paeonia daurica* Andrews Yörükgülü, e. *Berberis vulgaris* L. Kızılkaramuk, f. *Nonea melanocarpa* Boiss. Bride asked, g. *Festuca djimilensis* Boiss. Cimil yumağı, h. *Papaver lateritium* Koch Potot, i. *Rhododendron ungernii* Trautv. White komar.

Kısa vadede koruma öncelikli 28 taksondan 10. sırada bulunan türlerin koruma ve izleme çalışmalarına öncelik verilmelidir. Bu taksonlarla ilgili izleme planı Tablo 2'te belirtilmiştir.

Tablo 2. Rize ilindeki koruma öncelikli taksonlar.
Table 2. Conservation priority taxa in Rize province.

Tür adı	**Türkçe adı**	**IUCN kodu**
Sorbus caucasica Zinserl. var. *yaltırkii* Gökşin	Dilburan	CR, (Endemik), Bilinmiyor
Delfinium formosum Boiss.& Huet	Gün Hezaren	EN, (Endemik), Karadeniz
Aconitum orientale Miller	Kurt Boğan	EN (Endemik değil), Kardeniz
Ranunculus dissectus Bıeb.	Kebikeç	EN (Endemik), Karadeniz
Paeonia daurica Andrew subsp. *macrophylla*	Yörükgülü	EN (Endemik değil), Bilinmiyor
Papaver lateritum Koch	Potot	EN (Endemil değil), Bilinmiyor
Amelancher ovalis Medik. subsp. *integrifolia*(Boiss.& Hohen.) Bornm.	Tüylü karagöz	CR (Endemik değil), Doğu Akdeniz
Alchemilla sericea Willd.	Akpençe	EN (Endemik değil), Karadeniz dağ
Sorbus subfusca (Ledeb.) Boiss.	Yayla üvezi	CR (Endemik değil), Kara Deniz
Betula medwediewii Regel	Moşi	LR(cd), (Endemik değil), Karadeniz
Betula browicziana A. Güner	Yayla huşu	LR(cd), (Endemik), Karadeniz
Salix rizeensis A. Güner	Rize Söğüdü	LR(cd), (Endemik), Karadeniz Dağ
Allium schoenoprasum L.	Peynir Sirmo	EN (Endemik), Karadeniz
Allium djimilense Boiss.	Cimil Soğanı	EN (Endemik), Karadeniz
Galanthus rizehensis Stern	Rize Kardele	LR(cd), (Endemik değil), Karadeniz
Muscari aucheri (Boiss.) Baker	Gök Müşkürü	LR(nt), (Endemik), Bilinmiyor
Lamium amplexicaule L.	Baltutan	LR(nt), (Endemik değil), Avro-Sib.
Phlomis russeliana (Sims) Bentham.	Akbaşlı çalba	LR(lc), Endemik), Karadeniz Dağ

Scrophularia capillaris Boiss.	Kıl Sıracaotu	CR, (Endemik)
Verbascum songaricum subsp. *decurrens* Hub.-Mor.	Iraz sığırkuyruğu	LR(lc) (Endemik değil),İran-Turan
Nonea pulmonaroides Boiss.	Oymalı Sormuk	LR(cd),(Endemik), Karadeniz Dağ
Syphytum longipetiolatum Wickens	Tomara	LR(cd), (Endemik), Karadeniz
Symphyandra lazica Boıss. et Bal.	Çıngırak otu	DD, (Endemik), Karadeniz
Alkanna cordifolia C. Koch	Yürekli Havaciva	LR(cd), (Endemik), İran-Turan
Myosotis platyphylla Boiss.	Cilo boncuğu	LR(cd), (Endemik), İran-Turan
Swertia iberica Fischer.	Safranca	LRlc), (Endemik değil), Karadeniz Dağ
Cyclamen parviflorum Pobed.	Filizki	EN, (Endemik), Karadeniz Dağ
Primula longipes Freyn	Zarif Çuha	LR(cd), (Endemik), Karadeniz Dağ
Jasione supina subsp. *pontica* (Boiss.) Dalboldt	Ancer Gökçesi	EN (Endemik), Karadeniz Dağ
Dianthus carmelitarum Reut.	Samsu	EN (Endemik), Karadeniz Dağ
Hieracium amblylepis Boıss.	Küt Şahinotu	LR(cd),(Endemik), Karadeniz
Festuca paphlagonica (St.-Yves) Markgr.-Dannenb.	Az Yumak	EN, (endemik), Karadeniz

Araştırma alanında hedef türlerce zengin olan habitatlara ait floraların izleme planı tablo 3'de, verilmiştir.

Tablo 3. Rize ili için belirlenen hedef türlerce zengin habitatların florasının izleme planı.
Table 3. Monitoring plan of the flora of habitats rich in target species determined for Rize province.

İzlenme konusu	Düzeyi	Zamanı	Alan	Gösterge
Palovit şelalesi çevresinde relikt ve galeri tipi orman floranın durumu	Habitat	Nisan-Mayıs 1 kez	Fırtına vadisi	Habitat tahribinin durumu, popülasyon artışı veya azalması, dağılımın genişlemesi veya daralması, canlılık gelişimi
Verçenik yaylası subalpin ve alpin florasında nadir ve tehlikede olan taksonlar	Habitat.	Haziran-Temmuz Agustos aylarında, ayda 1 kez	Sıralar köyü çevresi, Verçenik yaylası	
Ceymalçur yaylası orman, subalpin ve alpin kuşağın florası, orman, döküntü ve kaya vejetasyou	Habitat	Haziran-Temmuz, Agustos aylarında, ayda 1 kez	Çeymakçur yaylası	
Ambarlık ve Gito yaylası arası bölgenin alpin ve subalpin floraında nadir ve endemik taksonlar	Habitat	Temmuz-Agustos - Eylül-Ekim 1'er kez	Gito ve Ambarlık yaylası arası, Çamlıhemşi	
Tunca vadisi Galeri orman birlikleri ve habitatlar	Habitat	Temmuz-Eylül-Ekim 1'er kez	Tunca Vadisi Tabiat Parkı Koruma alanı sınırları içerisinde	
Komati yaylası çevresindeki orman birlikleri.	Habitat	Haziran-Temmuz-Agustos 1'er kez	Komati yaylası çevresi	
Kabahor Yaylası yüksek dağ bozkırları	Habitat	Haziran-Temmuz 1'er kez	Yayla Göl ve Kabahor yaylası çevresi	
Cimil dağı ve çevresi, İkizdere	Habitat	Mayıs, Haziran-Temmuz, Agustos, Eylül 1'er kez	Cimil dağı çevres	
Tahlaur(Tahpur) yaylası yüksek dağ kesimleri, subalpin ve alpin çayırlıklar, Çayeli	Habitat	Temmuz-Agustos-Eylül-Ekim ayda 1	Tahlaur(Tahpur) yaylası, subalpin ve alpin çayırlıklar, 2000-2800	

Araştırma alanı sınırları içerisinde izlemesi gereken taksonların izleme planı tablo 4'de verilmiştir.

Tablo 4. Rize ili için belirlenen türlerin izleme planı.
Table 4. Monitoring plan of the species determined for Rize province.

İzlenecek çalışma konusu	İzleme düzeyi	İzleme zamanı	İzlenecek alan	Başarı göstergesi
Castanea sative, Fagus orientalis, Alnus glutinosa	Tür	Nisan-Mayıs-Haziran 1'er kez	Fırtına vadisi Palovit şelalesi yolu üzeri orman birlikleri	Habitat tahribinin durumu, popülasyon artışı veya azalması, dağılımın genişlemesi veya daralması, canlılık gelişimi
Betula medwediewii Betula browicziana	Tür	Haziran-Temmuz-Ağustos 1'er kez	Ardeşen, Tunca Milli Park alanı yolu üzeri	
Sorbus caucasisa subsp *yaltırkii,*	Tür	Haziran-Temmuz-Ağustos 1'er kez	Verçenik yaylası, Sıralar köyü çevresi	
Amelancher ovalis subsp. integrifolia,	Tür	Haziran-Temmuz-Ağustos 1'er kez	Verçenik yaylası, Sıralar köyü çevresi	
Delfinium formosum,	Tür	Temmuz-Ağustos 1'er kez	Çeymakçur yaylası, 1800 m	
Aconitum orientale,	Tür	Temmuz-Ağustos 1'er kez	Çeymakçur yaylası, subalpin kuşağa geçit zonu, 1800 m	
Sorbus subfusca, Alchemilla sericea. Jasione supina subsp. *pontica,*	Tür	Temmuz-Ağustos-Eylül aylarında, 1'er kez	Gito ve Ambarlık yaylası, alpin kuşağa geçit zonu, 2100-2800 m,	
Rhododendron ungernii, Picea orientalis, Taxsus baccata,, Quercus pontica	Tür	Haziran-Temmuz Agustos aylarında, 1'er kez	Çamlıhemşinden Komati yaylasına giden yol üzeri, yaylaya 2-3 km kalmış.	
Salix rizeensis, , Phlomis russeliana. Scrophularia capillaris	Tür	Mayıs,Haziran-Temmuz-Ağustos 1'er kez	İkizdere, Cimil dağı 1800-2800 m arası subalpin ve alpin kuşak	
Allium schoenoprasum, Allium djimilense, Muscari aucheri Lamium amplexicaule	Tür	Haziran-Temmuz Ağustos 1'er kez	İkizdere, Kabahor (Göl yayla) yaylası 1800-2800 m arası subalpin ve alpin kuşak	
Hieracium amblylepis, Festuca paphlagonica	Tür	Temmuz-Ağustos-Eylül-Ekim 1 kez	Tahlaur(Tahpur) yaylası, subalpin ve alpin çayırlıklar, 2000-2800 m, Çayeli	

Rize'de tür zenginliğini artıran orman, sulak alanlar ve alpin çayır gibi yaşam ortamlarına rastlanır. Büyük kısmında orman bitkileri görülür. Ormanlar ve kuzeydeki dağlar yağmur bulutlarını çekerek güneye inmesini engeller. Yüksek ve yağışlı kesimlerde Doğu Karadeniz bitki örtüsünün temsilcilerini barındırırken, Ovit dağının güneye bakan yamaçlarında kurakçıl bitkilerle karşılaşılır. Kaçkar dağlarının Çeymakçur, Avasör, Gito, yörelerinde jips karakterli topraklarda yetişen türlerle karşılaşılır. Ambarlık ve Komati yaylalarında kireçsiz topraklara özgü türlere de rastlanmaktadır. Gösterge türler ve bitki toplumları, Tablo 5'te, izleme planları Tablo 6'da verilmiştir. Ekosistem seviyesindeki izleme çalışmaları, alandaki fon

değişiklikleri, vejetasyonun fitososyolojik strüktür yapısı, su kaynaklarında gerçekleşen değişimleri ve insan kaynaklı suksesyonel değişimleri, tarım alanı genişletilmesi gibi parametreleri takip etmeyi göz önünde bulundurur. Çalışmalardan sağlanan sonuçlar olumsuz, olumlu veya değişmeyen şeklinde değerlendirilecektir. Senelere göre izleme sonuçlarında negatif bir değişim var ise izleme planlarının yenilenmesi ve koruma tedbirlerinin artırılması istenecektir. Sabit göstergeli olan alanlarda iyileştirme amaçlı ek önlemler alınabilecektir. Pozitif görünümünde olan alanlarda çalışmalar değişime gidilmeyecektir. Alana ait bu veriler Tablo 6'daki sıraya göre yapılacaktır.

Tablo 5. Özellikli bitki toplumları göstergeler.
Table 5. Characteristic plant communities indicators.

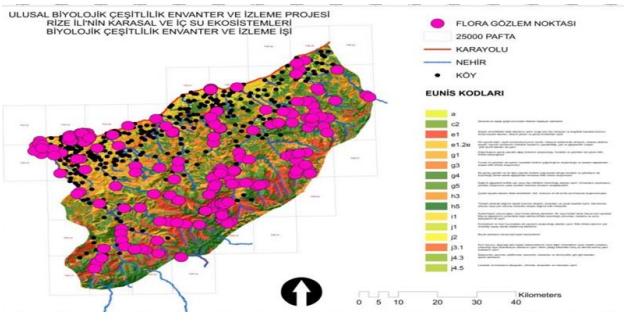
Adı	Baskın takson
Konifer ormanı	*Picea orientalis* L., *Pinus syivestris* L. , *Abies nordmanniana* (Steven) Spach subsp.*nordmanniana*, *Junıperus communis* subsp. *nana* Syme, *J. sabina* L. toplumları
Meşe ormanları	*Quercus pontica* C. Koch., *Q. petraea* subsp. *iberica* (Steven ex Bieb.) Krassiln.orman toplumları
Galeri ormanları	*Populus tremula* L., Alnus *glutinosa* L., ve *Laurocerasus officinalis* Roemer dere kenarı toplumla
Çalı birlikleri	*Rhododendron ponticum subsp ponticum, Rhododendron Luteum, Rh. ungernii, Rh. smyrnowii, Vaccinium arctostaphylos, Berberis* L. toplumları
Dağ bozkırları	*Festuca woronowii Hackel subsp. woronowii, Festuca pontica* E. Alexeev, *Nardus stricta* L., *Agropyron cristatum* (L.) Gaertn. , *Carum caucasicum* (Bieb.) Boiss., *Sedum alpestre* Vill, *Sibbaldia parviflora* var. *parviflora* Willd., *Hypericum hirsutum*. toplumları
Kayalık bitki toplulukları	*Sedum* L., *Crassula* L., , *Minuartia juniperina* (L.) Maire & Petitm. Toplumları
Sucul bitki topluluklar	*Phragmites australis* (Cav.) Trin. ex Steud., *Potamogeton* L., *Ranunculus* L., *Lemna* Jussie, *Typha* L. toplumları
Dere kenarı çayırlıkları	*Heracleum sosnowskyi* Manden, *,H. sphondylium* ssp. *cyclocarpum* (C. Koch) Davis., *H. trachyloma* Fisch., *H. platytaenium* Boiss. , H. pastinacifolium ssp. incanum (Boiss. & Huet) Davis, H. apiifolium Boiss., *Ranunculus repens* L.., *Carex* hirta L.. toplumları
ruderal ve Segetal topluluklar	*Centaurea* L., *Onopordum* L., *Cirsium arvense* (L.) Scop., *Carduus* L, *Lamium orientale* (Fisch. & C.A.Mey.) E.H.L.Krause, *Bromus tectorum* L. toplumları

Tablo 6. Rize ili için belirlenen özellikli bitki toplumları izleme planı.
Table 6. Special plant communities monitoring plan determined for Rize province.

Çalışma konusu	İzleme düzeyi	İzleme zamanı	İzlenecek alan	Başarı göstergesi
Relikt şimşir (*Buxsus sempervirensae*) ormanı	Ekosistem	Nisan-Eylül 2'şer kere	Meydanköy (Çamlıhemşin) çevresi	Doğal habitat tahribi, gençleşme ve yaşlanma, popülasyon artışı veya azalması, dağılımın genişlemesi veya daralması, canlılık durumu
Relikt, *Fagus orientalis, Alnus glutinosa, Taxsus baccata* ve *Picea orientalis* karışık ormanı	Ekosistem	Nisan-Eylül 2'şer kere	Komati yayası yolu üzeri	
Relikt *Fagus orientalis* ve *Picea orientalis* karışık ormanı	Ekosistem	Nisan-Eylül 2'şer kere	Sırtyayla (Ardeşen) ve Çağlayan (Fındıklı ilçesi) deresi	
Quercetum ponticae meşe ormanı	Ekosistem	Nisan-Ekim 2'şer kere	Handüzü ve Komati yaylası yolu üzeri, 1250-1700 m arası	
Galeri ormanları	Ekosistem	Nisan-Ekim 2'şer kere	Fırtına vadisi Zilkale-Palovit deresi- arası	
Dağ bozkırları	Ekosistem	Nisan-Ekim 2'şer kere	Kabahor ve Ovit Dağı, çevresi	
Döküntü ve kayalık alanların vejetasyonu	Ekosistem	Haziran-Ekim 2'şer kere	Ambarlık gölü çevresi, 2800 m, İkizdere,	
Jipsli alanları	Ekosistem	Haziran-Ekim 2'şer kere	Çeymakçur Yaylası çevresi, 2100-2500	
Sucul ve bataklık vejetasyonu	Ekosistem	Haziran-temmuz, 2'şer kere	Cimil yaylası, 2100-2700 m	

EUNIS habitat tipleri: Tespit edilen habitat tipleri ve oranları: Alanın %20'lik kısmını "Çay tarım alanları" oluşturmaktadır. "Yüksek dağ çayır ve mera alanları" % 17 ile temsil edilirken, araştırma alanının % 63'i Doğal Orman Bitki örtüsü alanlarını içermektedir**.** Rize İlinde 73.094 ha bozuk orman, 106.014,6 ha normal orman olmak üzere 179.108,6 ha'lık orman alanı mevcuttur

Şekil 6'da Rize İlinin EUNIS Habitat Sistemine Göre Gözlem Noktaları gösterilmiştir. Rize ili için EUNIS habitat tipleri "parça sayısı" bakımından değerlendirildiğinde, çay tarım alanları, subalpin ve alpin kuşakta yer alan doğal meralar ve orman vegetasyonu alanların çok parçalı olduğu göze çarpmaktadır. Bölgenin geçim kaynağının çay olması ve sürekli yeni çaylık alanların açılması insan etkisinin doğal alanların parçalanmasındaki en büyük etken olmasına neden olmuştur. Rize, eşit olmayan bir dağılıma sahip orta derecede habitat çeşitliliğine sahiptir.



Şekil 4. Rize İlinin EUNIS Habitat Sistemine Göre Gözlem Noktaları
Figure 4. Observation Points of Rize Province According to EUNIS Habitat System

İzleme Planı: İzleme planı, 5 yıllık karşılaştırmalara göre oluşturulmalıdır. Hedef ve matris sınıf sınırları 200 kilometrekarelik 4-5 farklı alanda uzaktan algılama ve arazi bilgileri ile oluşturulacak habitat sınıflaması sonrasında belirlenmelidir. Farklı zamanlarda yapılacak izlemeler ile mevcut habitatların korunmuş olması izlemenin başarı göstergesi olacaktır. Çalışma alanındaki başlıca tehdit orman alanlarının tahribatıdır. Habitatların bozulmadan korunması bu tahribatın önlenmesine bağlıdır.

Tablo 9. Bölgesel düzeyde izleme planı.
Table 9. Regional level monitoring plan.

İzleme konusu	Düzeyi	Zamanı	Alan	Yöntemi	Başarı göstergesi
Karasal Biyoçeşitlilik (Karasal ve İç su)	Bölgesel	Her 5 yıl Nisan-Ekim ayları arasında izleme yapılmalıdır	Rize	Fotoğraflar analizleri (Uydu-Alandan çekilenler)	Mevcut habitat durumunun korunması

Odun dışı bitkisel ürünler ve öneriler: Bölgenin florasında korunması gereken ve gelecekte tehlike altına girebilecek bitkilerden bazıları şunlardır: dağ çileği (*Fragaria vesca* L.), alıç (*Crataegus* L.), kızılcık (*Cornus mas* L.), dağ armudu (*Pyrus* L.), mahlep (*Cerasus mahaleb*

(L.) Mill. var. *mahaleb*), üvez *(Sorbus aucoparia)* , ceviz (*Juglans regia* L.), erik (*Prunus* L.), böğürtlen (*Rubus* L.), fındık (*Corylus* L.), kuşburnu (*Rosa*), ardıc (*Junıperus communis subsp. nana* Syme), doğu ladini (*Pıcea orientalis* (L.) Link) gibi ibre yapraklı bitkilerden; sakız, katran ve reçine gibi maddeler elde edilerek, kekik (*Origanum* L., *Thymus* L.), ıhlamur (*Tilia* L.) ve benzeri bitkilerden çiçek ve yapraklarından yararlanılabilir. Soğanlı bitkiler, Nadir ve endemik bitkiler, orkideler korumaya alınarak doğa ve botanik turizmi canlandırılabilir. Yine nektar ve polen açışından çeşitliliğin yeterli olduğu bazı bölgelerde arıcılık geliştirilebilir.

Araştırma alanında biyolojik çeşitliliğe ilişkin tehditler ve öneriler: Bitki çeşitliliğine en ciddi tehdit şehirleşme, kirlilik, yol ve tarla açma faaliyetleri, madencilik gibi faktörler gelmektedir. Şekil 5'te araştırma alanından geçen "Yeşil yol" yol açımının bölgenin bitki örtüsünde önemli bir ölçüde zarar verdiği gözükmektedir.

Şekil 5. Sırtyayla (Ardeşen İlçesi) çevresinde yol inşaatı.
Figure 5. Road construction around Sırtyayla (Ardeşen District).

SONUÇ VE TARTIŞMA

Bitkilerin özellikle de nadir ve endemiklerin korunmaları konusunda oldukça ciddi çalışmalar yapılmaktadır. Baskı altında olan, nesli yok olma tehdidi altındakilere öncelik verilmektedir. Rize 12. Orman bölge müdürlüğü son yıllarda İl sınırları içerisinde: Tunca Milli Parkı, Handüzü Tabiat Parkı, Akyamac Tabiat Parkı, Isırlık Tabiat Parkı ve Bulut Şelalesi Tabiat Parkı olmak üzere, Biyoçeşitlilik açısından zengin olan ve korunması öncelik arz eden alanları Koruma alanı olarak İlan etmiştir. Envanter çalışmalarına göre (TÜBİVES, 2014; Güner, 1987) Rize'de 2 tanesi endemik olmak üzere 1430 civarında takson vardır. Bu çalışma ile Rize florasının 1/7 oranında daha zengin olduğu tespit edilmiş ve ilde doğal olarak yetişen bitki takson sayısı 1663'e ulaşmıştır (Tablo 10).

1 yıllık bir vejetasyon sürecinde Rize'nin tüm bitkilerini toplamak imkansızdır. O nedenle çalışma verileri güncel literatür verileri de içermektedir. İlerleyen eriyotlardaki sistematik ve revizyon çalışmaları ile ilin floristik zenginliği daha net olarak ortaya konabilir.

Tablo 10. Bölge Florasında Taksonların Sistematik Kategorilere Göre Dağılımı.
Table 10. Distribution of Taxa in the Flora of the Region According to Systematic Categories.

Divisyo ve subdivisyo	Aile	Cins	Takson	
			Güner, 1987	Bu çalışmaya göre
Pteridophyta	12	14	50	52
Spermatophyta	98	430	1380	1611
Gymnospermae	3	5	6	7
Angiospermae	95	411	1374	1604
Magnoliopsida	84	363	1069	1292
Liliopsida	11	62	305	312
Toplam	110	444	1430	1663

Tablo 11. Bölgede yapılmış çalışmaların karşılaştırılması.
Table 11. Comparison of studies conducted in the region.

Taksonomik Gruplar	Güner,1987	Bu araştırmaya göre	Fark
Toplam Takson Sayısı	1430	1663	233
Pteridophyta	50	52	2
Spermatophyta	1380	1611	231
Gymnospermae	6	19	13
Angiospermae	1374	1592	218
Dikotil	1069	1292	223
Monokotil	305	312	7

Bu çalışma ile bir vejetasyon dönemini kapsayan 60 günlük arazi çalışmaları ve güncel literatür verileri sonucunda Rize için 227 yeni kayıt saptanmıştır. Floristik listelerin, yeni taksonları bilim dünyasına kazandırılması ya da bazılarının sinonime düşmesi gibi sebeplerle zamanla değişmesi kaçınılmaz sonuçlardandır. Bununla birlikte mevcut çalışmalar daha sonraki çalışmalara ışık tutması bakımından önemlidir. Bu çalışma da daha sonraki çalışmalar için bir rehber niteliği taşıyacaktır. Tür listelerinin sürekli güncel tutulabilmesi için 10 yıllık periyodlarda envanter çalışmalarının kontrol edilmesi gerekmektedir. Bu çalışma ile Rize'nin envanter tespiti tamamlanarak, öncelikli takson ve alanlar tespit edilmiştir. İldeki habitatla ve öncelikli taksonların şehirleşme ve buna bağlı kirlilik, yol açma, tarım arazisi oluşturma, madencilik, aşırı trafik gibi sınırlayıcı ve tahrip edici faktörler nedeni ile tehlike altındadır. Bu tehdidin engelleyebilmesi için kritik tür ve habitatların 3-10 yıllık planlamalarla sürekli gözlemlenmesi gerekmektedir. Bunun için

TEŞEKKÜR

Bu çalışmanın gerçekleşmesindeki katkılarından dolayı başta Doğa Koruma ve Milli Parklar Genel Müdürlüğü'ne, Orman ve Su İşleri Bakanlığı Rize İli Şube Müdürlüğü'ne, Anadolu Doğa ve Kültür Koruma Kooperatifi'ne katkılarından dolayı teşekkür ederim.

KAYNAKLAR

Aksoy, P.K. (2013). *Rize ili sınırları içerisinde yetişen sorbus l. (rosaceae) türlerinin ekolojik, morfolojik ve anatomik incelenmesi.* Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü. Rize, Türkiye, 84s.

Anşin, R. (1980). *Doğu Karadeniz bölgesi florası ve asal vejetasyon tiplerinin floristik içerikleri.* Karadeniz

Teknik Üniversitesi Orman Fakültesi. Trabzon, Türkiye.

APG III (2009). Angiosperm phylogeny group III (apg III). an update of the angiosperm phylogeny group classification for the orders and families of flowering plants: apg III. *Botanical Journal of the Linnean Society*, ***161***(2), 105-121

Atamov, V. (2021) *Plant diversity of Rize*. Duvar Yayınları, 315s.

Atamov, V., Demir, E. & Baykal, H. (2013). Honey Plants in Rize. *The role of Batanical Gardens in Conservation of Plant Diversty; International Scientific Pratical Conference Dedicated 100111 Anniversaı-y of Batumi Botanical Garden*, 8-10 May 2013, Batumi, Georgia, 153-155.

Atamov, V., Baykal, H. & Süzen, A. (2015). Habitat and Plaı1t Diversity of Rize (TURKEY). *Symposium on EuroAsian Biodiversty*, 1-5 June 2015, Baku. Azerbaijan, 143.

Atamov, V., Baykal, H. & Süzen, A. (2017). Honey Plants of Tunca Valley (Ardeşen/Rize), *The 3rd International Symposium on EuroAsiarı Biodiversity*, 5-8 Temmuz, Minsk, Belarusya, 337.

Atamov, V. & Çobanoğlu, M. (2019). Floristic diversity of Handüzü Natural Park and environs, Turkey. *KSU J. Agric Nat*. ***22*** (Suppl 1): 84-90.

Atamov, V. & Sarıgül, M.B. (2023) Diversity of pteridophytes in the flora within the borders of Kaçkar Mountains National Park (Rize, Türkiye), *Plant & Fungal Research*, ***6***(2), 47-56

Baykal, H. (2015). *Başhemşin (Çamlıhemşin/Rize)'nin florası, fitososyolojisi ve etnobotanik özellikleri*. Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi, Enstitüsü, Rize. Türkiye. 202 s.

Baykal, H., Atamov, V., Abak, F. & Süzen, A. (2017). *Etnoobotanical uses of Lamiaceae taxa at Çat (Rize) and environs, advebces in Laıniaceae science symposium* 26-29 Nisan. 2017, Antalya, Türkiye, 95.

Baykal, H., Atamov, V. & Yüksek, T. (2018a). Tunca Vadisi Tabiat Parkı ve çevresinin florası (Ardeşen-Rize/Türkiye), *Biological Diversity and Conservation*, ***11***(2), 9-24.

Baykal, H. & Atamov, V. (2018b). Flora of Isırlık Natural Park and environs (Rize-Turkey), *OT Sistematik Botanik Dergisi*, ***25***(2), 151-170

Çobanoğlu, M. (2012). *Güneysu- Çağrankaya arası bölgenin flora ve vejetasyonu*. Recep Tayyip Erdogan Üniverstesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Rize, Türkiye 154s.

Davis, P.H. (1965-1985). Flora of Turkey and the East Aegean Islands, *Vol. 1-9*, Edinburgh Univ. Press., Edinburgh.

Davis, P.H., Mill, R.R. & Tan, K. (1988). Flora of Turkey and The East Aegean Islands. Edinburgh University Press, ***10***, 590p.

Demir, E. (2013). *Ayder-Ceymakçur (Çamlıhemşin/Rize) yaylalarının florası ve yöre ballarının kimyasal ve palinolojik özellikleri*. Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Rize. Türkiye, 118s.

Demir, E. & Atamov V. (2019). Galerdüzü-Ceymakçur yaylaları (Çamlıhemşin/Rize) arasında kalan bölgenin florası. *Anadolu Çev. ve Hay. Dergisi*, ***4***(2), 201-210.

Güner, A., Vural, M. & Sorkun, K. (1987). *Rize florası, vejetasyonu ve yöre ballarının polen analizi,* TÜBİTAK Matematik, Fizik ve Biyolojik Bilimler Araştırma Grubu, Proje No: TBAG-650, Ankara, Türkiye. 269 s

Güner, A. (2012). *Türkiye bitkileri listesi (damarlı bitkiler)*, Naimaş Nurtan Ambalaj ve Matbaacılık Sanayi ve Ticaret A.Ş., 1290s.

Güner, A., Özhatay, N., Ekim, T. & Başer, K.H.C. (2000). *Flora of Turkey and the East Aegean Islands*, Edinburgh University Press.,Vol. ll, 656 s.

Ekim, T., Koyuncu, M., Vural, M., Duman, H., Aytaç, Z. & Adıgüzel, N. (2000). *Türkiye bitkileri kırmızı kitabı (red data book of Turkish plants pteridophyta and spermatophyta)*, Barışcan Ofset, Ankara, 246s.

Erik, S. & Tarıkahya, B. (2004). Türkiye florası üzerine. *Kebikeç*, ***9***, 139-163.

International Plant Name Index (2024). http://tr.search.yahoo.com/search?fr=mcafee unşnternatinal&type=E211TR662G0&p=International +Plant+Name+Index+(IPNI%2C+214) [Erişim 16 Haziran 2024].

Süzen, A. & Atamov, V. (2022). Endemic and rare plant diversity of Ambarlik highlandcase study from Çamlihemşin, *Plant & Fungal Research*, ***5***(1), 51-55.

Sarıgül, B. (2017) *Kaçkar Dağları Milli Parkı (Rize) sınırları içerisindeki eğrelti florası ve bu taksonların morfolojik ve ekolojik özellikleri,* Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Rize. Türkiye, 160s.

Terzioğlu, S. (1998). *Uzungöl (Trabzon-Çaykara) ve çevresinin flora ve vejetasyonu*. Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon, Türkiye, 304 s.

Turkish Plants Data Service (TÜBİVES). 94.27.225.161/yasin/tubives/index.php [Erişim 16 Haziran 2024].

Vural, M. (1996). Rize'nin Yüksek Dağ Vejetasyonu. *Doğa-Turkish Journal of Botany*, Ek Sayı: 83-102.

World Checklist of Selected Plant Families (Govaerts, 2014). https://tr.search.yahoo.com/search?fr=mcafee_uninternational&type=E211TR662G0&p=World+Checklist+of+Selected+Plant+Families+(Govaerts%2C+2014) [Erişim 16 Haziran 2024].

Ek1 . Rize İli Floristik Listesi

Sıra	Familya	Tür	Alt Tür	Varyete	Türkçe Ad	Endemik	Yükseklik
1	ACERACEAE	Acer cappadocicum Gleditsch.		cappadocicum	Beşparmak ağacı	0	1950
2		Acer negundo L.			isfendan	0	11
3		A. platanoides L.			Çınar akçaağacı	0	1811
4	ACTINIDIACEAE	Actinidia deliciosa (A. Chev.) C.F. Liang et A.R. Ferguson			Kivi	0	98
5		Sambucus ebulus L.			Mürver otu	0	1310
6		S. nigra L.					
7	ALISMATACEAE	Alisma plantago-aquatica L.			Çoban düdüğü	0	
8	AMARANTHACEAE	Beta trigyna Waldst.			Kır pazısı	0	7
9		Amaranthus retroflexus L.			Tilkikuyruğu	0	345
10		A. cruentus L. (Sin.: Amaranthus chlorostachys Willd.)			Horozibiği	0	0-100
11		A. blitum L. (Sin.:Amaranthus lividus Loisel.)			Hoşkuran	0	60
12	AMARYLLIDACEAE	Allium szovitsii Regel.			Yayla körmeni	0	2880
13		Narcisus lazea L. (Nergiz)					
14	ADOXACEAE	Rhus coriaria L.			Sumak	0	0-100
15	APIACEAE	Hydrocotyle ramiflora Maximow.				0	
16		Eryngium maritimum L.			Kum boğadikeni	0	1862
17		E. giganteum Bieb.			Boğadikeni	0	1811
18		Chaerophyllum aureum L.			Sarılakotu	0	
19		C. angelicifolium Bieb.			Melekhanotu	0	
20		C. astratiae Boiss.			Yılandokuotu	0	
21		Anthriscus nemorosa (Bieb.)Sprengel			Peçek	0	
22		Scandix iberica Bieb.			Atkişnekotu	0	
23		Scaligeria tripartita (Kallen.) Tamamsch			Üç anason	0	
24		S. lazica Boiss.			Laz anasonu	1	
25		Bunium microcarpum	bourgaei (Boiss.) Hedge & Lamond		Adol	0	
26		Carum meifolium (Bieb.) Boiss.			Bağdanaz	0	2080
27		C. caucasicum (Bieb.) Boiss			halal	0	2449
28		Chamaesciadıum acaule (Bieb.) Boiss			Hamotu	0	
29		Pimpinella affinis Ledeb.			Enisen	0	
30		P. rhodantha Boiss.			Gül anason	0	
31		Aegopodıum podagraria L.			Keçiayağı	0	
32		Seseli libanotis (L.) W. Koch			Dağhavucu	0	
33		Oenanthe pimpinelloides L.			deli maydanoz	0	
34		O. silaifolia Bieb.			Attohumu	0	
35		Aethusa cynapium L.			İt kişnişi	0	
36		Eleutherospermum lazicum Boiss. & Bal.			Laz kerevizi	0	
37		Conıum maculatum L.			Baldıran	0	
38		Bupleurum croceum Fenzl.			Çiğdem şeytanı	0	
39		B. falcatum	polyphyllum (Ledeb.) Wolff.		Bolşeytan	0	
40		B. falcatum	persicum (Boiss.) Koso-Pol.		Kayaçatalı	0	
41		Apium graveolens L.			Kereviz	0	
42		Petroselinum crispum (Miller.) A.W.Hill.			Maydanoz	0	
43		Ligusticum alatum (Bieb.) Sprengel.			Selamotu	0	
44		Angelica sylvestris		sylvestris L.	Kekire	0	
45		A. sylvestris		stenoptera Lammel.	Kekire	1	
46		Angelica purpurescens (Ave-Lall.) Gilli (Sin.: Xanthogalum purpurascens Ave-Lall.)			Melekotu	0	
47		Opopanax hispidus (Friv.) Gris.			Kaymacık	0	
48		Pastinaca sativa	urens (Req. Ex Godron) Celak		Şeker havucu	0	
49		P. armena subsp. armena Fisch. & Mey.			Kelemenkeşir	0	
50		Heracleum sphondylium	cyclocarpum (C. Koch) Davis		Çember koçuk	0	1650
51		H. sphondylium	artvinense (Manden.) Davis		Devesil	0	670
52		H. platytaenium Boiss.			Öğrekotu	0	1886
53		H. trachyloma Fisch.			Poğluk	0	1090
54		H. pastinacifolium	incanum (Boiss. & Huet) Davis		Kuru öğrek	0	1867
55		Heracleum sosnowskui					
56		H. apiifolium Boiss.,			Telehaş, koçuk	0	1703
57		Laserpitium afine Ledeb.			Gevrek baldıran	0	
58		L. hispidum Bieb.			Saçlı enguban	0	
59		Torilis japonica (Houtt.) DC.			Uzun dercikotu	0	
60		Caucalis platycarpos L.				0	
61		Daucus carota L.			Yabani havuç	0	
62		D. broteri Ten.			Çocukboğanotu	0	
63		Anethum graveolens L. (Dereotu)			Dereotu	0	7
64		Petroselinium crispum (Mill.) A.W.Hill			Maydanoz	0	7
65	APOCYNACEAE (Sin.:ASCLEPIADACEAE)	Nerium oleander L.			Zakkum	0	0-100
66		Periploca graeca L.		graeca	Garipler Urganı	0	
67		Vinca herbacea Waldst. &Kit			Bikir çiçeği	0	200
68	AQUIFOLIACEAE	Ilex colchica Poj.			ışılgan	0	770
69		E. europaeus L.			İğcik ağacı	0	540
70		Euonymus japonica L.			Japon Papazkulağı		
71		Parnassia palustris L.			Yürekyaprağı	0	2130
72		Cytisus hirsutus L. (Sin..Chamaecytisus hirsutus (L.) Link.)			keçitırfılı	0	2274
73	ARACEAE	Arum italicum L.			Domuz Lahanası	0	7
74		A. maculatum (Sin.:A. orientale subsp. amoenum)(Engler) R. Mill			Yılanekmeği	0	
75		A. orientale Bieb.			Yaldıran	0	45
76	ARALIACEAE	Hedera helix L.			Duvar sarmaşığı	0	738
77		H. colchica (C. Koch) C. Koch					
78	ARECACEAE	Phoenix canariensis Hort.			Yalancı hurma	0	111
79		Washingtonia filifera (linden & Andre) H. Wendel ex de Bary (Kalın vaşingtonya)			Kalın vaşingtonya	0	0-100
80	ARISTOLOCHIACEAE	Asarum europaeum L.			Afşarotu	0	
81		Ruscus aculeatus L.		aculeatus	Tavşanmemesi	0	260
82	ASPARAGACEAE	Scilla bifolia L.			Orman sümbülü	0	
83		Yucca gloriosa L.			Avize ağacı	0	
84		R. aculeatus (Sin.:R. aculeatus var. angustifolius) Boiss.			Tavşanmemesi	0	260
85		R. colchicus P.F. Yeo			Zernek	0	828
86	ASPLENIACEAE	Asplenium trichomanes L. subsp. trichomanes			Saçak otu	0	412
87		Ceterach officinarum (L.) DC.			Dalakotu	0	0-100
88	ASTERACEAE	Helianthus tuberosus L.			Yerelması	0	
89		Hellianthemum nummularium	tomentosum (Scop.) Schinz.		GünGülü	0	
90		Helianthemum sp.(Güngülü)			Güngülü	0	2064
91		Bidens tripartita L.			Üç Su Keteni	0	100
92		Xanthium spinosum L.			Pıtrak	0	7
93		X. orientale (Sin.:X. strumarium subsp. cavanillesii)(Schouw) D. Love			Domuz pıtrağı	0	100
94		Telekia speciosa (Screber) Baumg			Puğre	0	1000
95		Inula orientalis Lam.			Şark Andızotu	0	2142
96		Inula conyza (Sin.: I. Vulgaris) (Lam.) Trevisan			Gölge andızotu	0	2142
97		Pulicaria dysenterica (L.) Bernh.			Yaraotu	0	
98		Carpesium abrotanoides L.			Kuzey otu	0	
99		C. cernuum L.			Yedi Kuzey otu	0	
100		Antennaria dioica (L.) Gaertner			Kedi Ayağı	0	
101		Helichrysum chionophilum Boiss & Bal.			Yayla hencecaliği	1	364
102		H. graveolens (Bieb) Sweet			Hencecalik	0	1740
103		H. plicatum DC. subsp. plicatum			Mantuvar	0	575
104		Gnaphalium uliginosum L.			Bozağan	0	
105		G. luteo-album L. subsp. luteo-album			Saman Çiçeği	0	
106		G. sylvaticum L.			Çam Bozağanı	0	
107		G. supinum L.			Bayır Bozağanı	0	
108		G. stewartii Clarke			Yayla Bozağan	0	
109		Filago germanica (Sin.:Filago vulgaris) Lam.			Alaman keçeotu	0	
110		Filago arvensis (Sin.:Logfia arvensis) (L.) Holub			Keçeotu	0	
111		Solidago virgaurea subsp. alpestris (Waldst. & Kit.)			Altınasa	0	822
112		Aster alpinus L.			Yaylapatı	0	
113		A. caucasicus Willd.			Kız Anası	0	
114		Erigeron caucasicus Stev.	caucasicus		Kaf şifaotu	0	1740
115		E. caucasicus	venustus (Botsch.) Grierson		Zarif Şifaotu	0	2250
116		E. acer L. subsp. acer				0	42
117		E. annuus (L.) Pers.			Hemşin Şifaotu	0	42
118		Conyza canadensis (L.) Cronquist			Selvi otu	0	
119		C. bonariensis (L.) Cronquist			Çakalotu	0	
120		Dicrhocephala integrifolia (L. fil.) Kuntze			Kırtıkotu	0	
121		Bellis perennis L.			Koyungözü	0	825

122	Doronicum balansae Cavill.			Rize kaplanotu	1	
123	D. dolichotrichum Cavill.			Ardahan kaplanotu	0	
124	D. macrolepis Freyn & Sint.			Koca kaplanotu	0	
125	D. orientale Hoffm.			Kaplanotu	0	
126	Senecio aquaticus	erraticus (Bertol) Matthews		Tarla Kanaryaotu	0	2200
127	Senecio othonnae M.Bieb			Kanaryaotu	0	822
128	S. lazicus Boiss & Bal.			Laz Kanaryaotu	1	2064
129	S. taraxacifolius	taraxacifolius (Bieb.) DC.		Karturanotu	0	2090
130	S. inops Boiss.			Az kanaryaotu	1	2250
131	S. pseudo-orientalis Schischkin			Sarı şiro	0	2323
132	S. ovatifolius Boiss.			Yitik Kanaryaotu	1	822
133	S. nemorensis L.	nemorensis		Koru Kanaryaotu	0	2064
134	S. platyphyllus DC:		platyphyllus	Kafkas otu	0	822
135	S. integrifolius	aurantiacus	leiocarpus Boiss.	Altın Ümbülük	1	822
136	Senecio vulgaris L.			Taşakcılotu	0	2064
137	S. vernalis Waldst & Kit.			Kanaryaotu	0	2250
138	S. viscosus L.			Yağlı Kanaryaotu	0	2323
139	Turanecio taraxacifolius			Altınbaşak	0	822
140	Turanecio pandurifolius Hamzaoğlu (sin.:Senecio pandurifolius) C. Koch			Kuzey turanotu	0	822
141	Tephroseris integrifolia(Sin.:Senecio integrifolius subsp. karsianus) Mathews	karsiana		Kars ümbülüğü	0	2064
142	Tussilago farfara L.			Öksürükotu	0	1853
143	Petasites hybridus (L.) Gaertner			Kabalak	0	1977
144	P. albus (L.) Gaertner			Lapaza Çiçeği	0	2003
145	Eupatorium cannabinum L.			Koyuntırpağı	0	1310
146	Anthemis cretica	iberica (Bieb.) Grierson		Dağ Papatyası	0	1624
147	A. cretica	argaea (Boiss. & Bal.) Grierson		Esmer papatya	0	532
148	A. marschalliana	pectinata (Boiss.) Giersion		Sığır Gözü	0	2274
149	A. cotula L.			Hozan çiçeği	0	2215
150	A. pseudocotula Boiss.			Acem papatyası	0	527
151	Cota tinctoria (Sin.:Anthemis tinctoria L.var. tinctoria) Gay			Boyacı papatyası	0	88
152	Cota tinctoria Sin.:Anthemis tinctoria var. pallida) DC.		pallida (	Boyacı papatyası	0	217
153	Cota triumfetti (Sin.:Anthemis triumfettii) (L.) All.			Yamaç Papatyası	0	270
154	Cota melanoloma (Sin.:Anthemis melanoloma subsp. trapezuntica) Trautv.	trapezuntica		Laz babuça	0	467
155	Cota austrica (Sin.:Anthemis austriaca) Jacq.			Babuçça	0	2368
156	Achillea biserrata Bieb.			Aksırıkotu	0	2064
157	A. latiloba Ledeb.			Siporiş	0	1570
158	A. millefolium L.	millefolium		Civanperçemi	0	532
159	A. setacea Waldst. & Kit.			Ayvbala	0	
160	A. arabica (Sin.:A. biebersteinii) Afan.			Hanzabel	0	
161	Glebionis segetum (Sin.:Chrysanthemum segetum) L.			Kasım çiçeği	0	
162	Leucanthemum vulgare Lam.			Ay papatya	0	
163	Tanacetum macrophyllum (Waldst. & Kit.) Schultz			Koca Pireotu	0	1567
164	T. sorbifolium (Boiss.) Grierson			Üvez Pireotu	0	822
165	T. balsamita	balsamitoides (Schultz Bip.)Grierson		Gümüş Düğme	0	7
166	T. parthenium (L.) Schultz Bip.			Beyaz papatya	0	2100
167	T. coccineum	chamaemelifolium (Somm. & Lev.) Grierson		Pire Otu	0	1540
168	T. armenum (DC.) SChultz			Kaya papatyası	0	1290
169	T. kotschyi (Boiss.) Grierson			Ate pireotu	0	1746
170	Tripleurospermum caucasicum (Willd.) Hayek			Ak babaotu	0	493
171	T. oreades (Boiss.) Rech var. oreades			Hoşhoş	0	493
172	T. oreades		tchihatchewii (Boiss.) E.Hossain	Hoşhoş	0	493
173	T. transcaucasicum (Manden.) Pobed.			Yayla gödesi	0	2200
174	T. repens (Freyn & Sint.) Bornm.			Yer Gödesi	1	2200
175	T. monticolum (Boiss. & Huet) Bornm.			Kır papatyası	1	2200
176	T. decipiens (Fisch. & Mey.) Bornm.			Sarı papatya	0	2200
177	T. disciforme (C.A. Meyer) Schultz.			kel beybunik	0	2200
178	Artemisia vulgaris L.			Kaba yavşan	0	0-100
179	A. arborescens L.			Akpelin	0	7
180	Arctium platylepis (Boiss. & Bal.) Sosn.			Bal Dikeni	0	540
181	Onopordum acanthium L.			Galagan	0	2643
182	Silybum marianum (L.) Gaertner			Deve dikeni	0	
183	Cirsium trachylepis Boiss.			Kaba kazankulpu	1	2643
184	C. sommieri Petrak			Kazankulpu	0	423
185	C. osseticum (Adams) Petrak			Garip Kangal	0	2200
186	C. munitum (Bieb.) Fischer			Sarı Kangal	0	2280
187	C. aggregatum Ledeb.			top kangal	0	2100
188	C. vulgare (Savi) Ten.			Kirpi kangalı	0	1000
189	C. echinus (Bieb.) Hand.-mazz.			Kirpi Kangalı	0	1740
190	C. hypoleucum DC.			Vişne Kangalı	0	1600
191	C. pseudopersonata Boiss.	pseudopersonata		Koca Kangal	0	2090
192	C. pseudopersonata	kusnezowianum (Somm. & Lev.)Petrak		Tokalı kangal	0	2208
193	C. obvallatum (Bieb.) Fischer			Dağ kangalı	0	1862
194	C. simplex C:A: Meyer subsp. simplex			Posof Kangalı	0	2142
195	C. simplex subsp. armenum (DC.) Petrak			Posofkangalı	0	1867
196	C. rhizocephalum	sinuatum (Boiss.) Davis & Parris		Bargana	0	2280
197	C. Pubigerum		glomeratum (Freyn & Sint.) Davis & Parris	Dere Kangalı	0	2643
198	C. arvense	vestitum (Wimmer & Grab.) Petrak		Köy Göçüren	0	1618 (Köy içi)
199	Carduus lanuginosus Willd.			yünlü kangal	0	
200	C. adpressus C.A. Meyer			Tomara	0	
201	C. pycnocephalus L.	pycnocephalus		Soymaç	0	
202	C. pycnocephalus	albidus (Bieb.) Kazmi		Eşek soymacı	0	
203	Jurinea alpigena C. Koch			Kafalı Kuş Dili	1	
204	Jurınella moschus	pinnatisecta (Boiss.) Danin & Davis		Yayla Dedegülü	0	
205	Centaurea salicifolia Bieb.	salicifolia		Rize Serçebaşı	0	822
206	Centaurea macrocephala MUSS. PUSCHK. EX WILLD.					
207	C. armena Boiss.			Yer sarıbaş	1	822
208	C. helenioides Boiss.			Döknel Sarıbaş	1	865
209	C. iberica Trev.			Deli Gözdikeni	0	770
210	C. hypoleuca DC.			Boz Tülübaş	0	1430
211	C. pulcherrima Willd.	var. pulcherrima		Zarif Tülübaş	0	0
212	C. appendicigera C. Koch			Ovit Tülübaş	0	2008
213	C. nigrifimbria (C. Koch.) Sosn.			Tay Boncuğu	0	2041
214	Cyanus triumfettii (Sin.:Centaurea triumfettii) All.	triumfettii		deli kapele	0	2275
215	Psephellus simplicicaulis(Boiss. & A.Huet) Wagenitz (Sin.: Centaurea simplicicaulis Boiss.)			hemşin tülübaşı	0	1981
216	Carlina vulgaris L.			Domuz Dikeni	0	
217	C. biebersteinii Bernh.			Kaya dikeni	0	
218	Chardinia orientalis (L.) O. Kuenze			Çağlaotu	0	
219	Cichorium intybus L.			Hindiba	0	7
220	Scorzonera cana (C.A. Mayer) Hoffm		cana	teke sakalı	0	
221	S. cana		alpina (Boiss.) Chamberlain	teke sakalı	0	
222	S. sericea DC.			Boz Kıvrım	1	
223	Tragopogon aureus Boiss.			Sarı Yemlik	1	
224	Hykochoerıs radicata L.				0	
225	Leontodon hispidus L.		hispidus	Gulikazer	0	
226	L. hispidus var. glabratus (W. Koch) Bisch.			Gülikazer	0	
227	L. asperrimus (Willd.) J. Ball			Aşyemliği	0	
228	Picris hieracioides L.			Deli şiro	0	
229	Hedypnois cretica (L.) Dum.-Cours.			Sünnetlice	0	
230	Sonchus asper	glaucescens (Jordan) Ball		Gevirtlek	0	23
231	S. oleraceus L.			Kuzugevreği	0	23
232	S. tenerrimus L.			Kovuk	0	23
233	Hieracium ovalifrons (Woronov & Zahn) Juxip			Top şahinotu	0	1811
234	H. insolitum (Zahn) Juxip-			Som şahinotu	0	1811
235	H. argillaceoides (Litw. & Zahn) Juxip			Gökçe şahinotu	0	1811
236	H. hypopityforme Juxip			Zebil şahinotu	1	13
237	H. labillardieri Arvet-Touvet			Kızıl Şahinotu	0	13

238		H. lazicum Boiss.			Laz Şahinotu	1	2076
239		H. lazistanum Arvet-Touvet			Has Şahinotu	0	13
240		H. macrolepis Boiss.			Mecnun Şahinotu	0	1080
241		H. amblylepis Boiss.			Küt Şahinotu	0	1080
242		H. microtum Boiss.			Ovit Şahinotu	1	1740
243		H. djimilense Boiss. & Bal.			Cimil Şahinotu	1	2076
244		H. lanceolatum Vill.			Çit Şahinotu	0	1740
245		H. rigens Jordan			Topaç şahinotu	0	2080
246		H. umbellatum (Fiers) Sell & West.			Herdem Şahinotu	0	2080
247		Pilosella hoppeana	pilisquama (NP.) Sell.		Şaplı Tırnakotu	0	1740
248		P. hoppeana	testimonialis (Naegli ex Peter) Sell & West		Şaplı Tırnakotu	0	2670-2704
249		P. hoppeana (Sin..P. hoppeana subsp. isaurica) Hub._Mor	cilicica		Toros tırnakotu	0	2080
250		P. x ruprechtii (Boiss.) Sell & West			Kirpi tirnakotu	0	2670-2705
251		P. officinarum (L.) C. H. Schultz.	officinarum		tırnakotu	0	2670-2705
252		P. officinarum	trichosoma C.H. & F.W. Schultz		Tırnakotu	0	2670-2705
253		P. cymosa (L.) C.H. & F.W. Schultz			Sülün tırnakotu	0	1740
254		P. setigera (sin.: P. x fallax)(Willd.) Arvet-Touvet			Eben tırnakotu	0	1740
255		P. echioides	procera (Fries) Sell & West		Mamık tırnakotu	0	1740
256		P. x auriculoides (A.F. Lang) Sell & West			Kulak tırnakotu	0	2080
257		P. x maschukensis (Litw. & Zahn) Solak			koru tırnak otu	0	2080
258		Prenanthes abietina (Boiss. & Bal.) Kirpicz.			Sarı Eğik Çiçek	0	1570
259		P. cacaliifolia (Bieb.)Beauverd			Kayıp Marul	0	1570
260		Cicerbita boissieri (Rouy) C. Jeffrey			Koca Marul	1	
261		C. bourgaei (Boiss.) Beauverd.			Dere Marulu	0	
262		C. racemosa (Willd.) Beauverd.			Çayır Marulu	0	
263		Arum			Meşe Marulu	0	
264		Lactuca macrophylla L.			Marul	0	346
265		Lactuca sativa L.			Marul	0	100
266		Lactuca serriola L.			Eşekhelvası	0	1290
267		Lactuca muralis (Sin.: Mycelıs muralis) (L.) Dum.			Divar marulu	0	200
268		Lapsana communis L.			Şebrek	0	822
269		Taraxacum crepidiforme DC.	crepidiforme		Gelin Göbeği	0	2332
270		T. scaturiginosum G. Hagl.			kıvırkıvır	0	2670-2702
271		T.officinale F.H.Wigg			Kara Hindiba	0	425
272		T. macrolepium Schischkin			Kars çıtlığı	0	825
273		T. revertens G. Hagl.			Caşir	1	2200
274		T. androssovii Schischkin			Zeze	0	2100
275		T. fedtschenkoi Hand.- Mazz.			Hapşurukotu	0	140
276		Crepis conyzifolia	djimilensis (C. Koch.) Lamond		Kuzey Kıskısı	0	1497
277		C. alpestris (Jacq.) Tausch			yayla kıskısı	0	1650
278		C. paludosa (L.) Moench			Su Kıskısı	0	1619
279		C. foetida L. subsp. foetida			Kohum	0	270
280		C. foetida	rhoeadifolia (Bieb.) Celak		Sakarkanak	0	364
281		C. sancta (L.) Babcock			Yaban kıskısı	0	497
282		C. setosa Hall.			Kılıçlı Kıskıs	0	540
283		Echinops pungens Trautv.			Bongıl	0	1650
284		Carthamus sp. L.			Aspir	0	7
285		Tripolium pannonicum (Jacq.)	subsp tripolium (L.) Greuter		Bataklık papatyası	0	493
286		Tripolium taraxaciifoius (M.Bieb) Hamzaoğlu.		taraxaciifoius	Kar turanotu	0	2510
287		Matricaria sp. L.			Alman papatyası	0	7
288		Crassocephalum crepidiodes (Benth.) S.More			Duduka	0	1430
289		C. rapunculoides L.			Elmacık	0	23
290		C. alliariifolia Willd.			Akçam	0	1811
291		C. collina Sims			Çayır Çıngırağı	0	1070
292		C. betulifolia C. Koch			Çıngırak otu	1	2080
293		C. tridentata Schreber			Gökçe çançiçeği	0	1740
294		C. aucheri A.DC.			Yayla Çamı	0	720
295		C. saxonorum Gandoger			İnce çıngırak	1	412
296		C. grandis (Sin.. C. latiloba subsp. rizeensis) A. Güner	rizeensis		Rize çıngırağı	0	1386
297		C. lactiflora Bieb.			Kuspida	1	540
298		C. stevenii Bieb.	stevenii		Yan çançiçeği	0	1965
299		C. olympica Boiss.			Orman Çamı	0	1705
300		Symphyandra lazica Boiss.			Çıngırak otu	1	
301		Asyneuma amplexicaule (Milld.) Hand.-Mazz.	amplexicaule	amplexicaule	bşdeğnek	0	
302		Jasione supina		subsp. pontica (Boiss.) Dalboldt	Ancer Gökçesi	1	
303		Xanthium strumarium L.			Koca Pıtrak	0	
304	ATHYRIACEAE	Athyrium filix-femina (L.) Roth			Yel eğreltisi	0	
305	BALSAMINACEAE	Impatiens noli-tangere L.			Kına çiçeği	0	540
306	BERBERIDACEAE	Berberis vulgaris L.			Kızılkaramuk	0	1981
307		Berberis crategina DC.			Karamuk	0	0-100
308		Epimedium pinnatum	colchicum (Boiss.) Busch		Keşişkülahı	0	
309	BETULACEAE	Carpinus betulus L.			Gürgen	0	1474
310		Carpinus orientalis MILLER			Doğı gürgeni		
311		Carpinus caucasica Grossh,			Gürgen	0	308
312		Ostrya carpinifolia Scob.			Firek	0	
313		Corylus avellana L.		avellana	Fındık	0	260
314		C. avellana var. pontica (C. Koch) Winkler			Fındık	0	728
315		C. maxima Miller			Tombul fındık	0	60
316		Betula medwediewii Regel			Moşi	0	1981
317		B. pendula Roth			Huşağacı	0	2215
318		B. litwinowii Doluch			Düzük	0	1862
319		B. browicziana A. Güner			Yayla huşu	1	2142
320		Alnus glutinosa (L.) Gaertner	glutinosa		Kızıl Ağaç	0	1474
321		A. glutinosa	barbata (C.A. Meyer)		Yeykin	0	738
322	BIGNONIACEAE	Bignonia radicans			Acem borusu	0	111
323	BLECHNACEAE	Blechnum spicant (L.) Sm.			Tarak Eğriltisi	0	
324	BORAGINACEAE	Asperugo procumbens L.			Nevazilotu	0	2200
325		Myosotis ramosissima Rochel	ramosissima		Kuş Gözü	0	1244
326		M. arvensis (L.) Hill	arvensis		Kardeşboncuğu	0	336
327		M. lazica N. Popov			Laz Kuş Gözü	0	497
328		M. sylvatica	rivularis vestergren		Keleş unutma beni	0	910
329		M. alpestris F.W. Schmidt	alpestris		Boncukotu	0	2080
330		M. olympica Boiss.			Ulu Boncukotu	0	2280
331		M. lithospermifolia (Willd.) Hornem.			taş boncukotu	0	1600
332		M. laxa	caespitosa (C.F. Schutz) Hyl.		Hüthüt Gözü	0	2090
333		M. sicula Guss.			İnci Boncuk	0	2250
334		M. amoena (Rupr.) Boiss.			Hoş boncukotu	0	1600
335		M. propinqua Ficsh.			Ayaklı Kuşgözü	0	1600
336		M. platyphylla Boiss.			Cilo boncuğu	1	2510
337		Omphalodes cappadocica (Willd.) DC.			Gök Süreyre	0	
338		Cynoglossum holosericeum Steven			Yayla Köpekdili	0	
339		C. germanicum Jacq.			Köpekdili	0	
340		C.glochidiatum Wallich			Pisik tetiği	0	
341		Huynhia pulchra (Roomer et Schultes) Greuter			Güzel Eğnik	0	
342		Lithospermum officinale L.			Taş Kesen	0	
343		Buglossoides arvensis (L.) Johnston			tarla taşkeseni	0	
344		Echium vulgare L.			Engerekotu	0	2643
345		E. plantagineum L.			Kırkbatıran	0	217
346		Echium italicum L. (Kurtkuyruğu)			Kurtkuyruğu	0	1867
347		Onosma caucasicum Levin			Külmecek	0	
348		O. tauricum Pallas var. tauricum			Emzikotu	0	
349		O. trapezunteum Boiss			duvar emceği	1	
350		Cerinthe glabra Miller			Çoban süzeği	0	
351		Symphytum asperum Lepechin			Kaba Kafesotu	0	173
352		Symphytum tuberosum L. (Şiş Tomara)			Şiş Tomara	0	173
353		S. ibericum Steven			Orman Kafesotu	0	423
354		S. longipetiolatum Wickens			Tomara	1	423
355		Trachystemon orientalis (L.) G. Don			Kaldirik	0	
356		Brunnera macrophylla (Adams) Johnston			Göğcegözü	0	
357		Anchusa azurea (Sığırdili)			Sığırdili	0	2064

358		Anchusa leptophylla subsp. incana L.			Ballık	0	2064
359		Nonea versicolor (Steven) Sweet			Çayır Sormuk	0	680
360		N. melanocarpa Boiss.			Gelin sormuğu	0	680
361		N. intermedia Lebed.			Hoş sormuk	0	910
362		N. pulmonaroides Boiss.			Oymalı Sormuk	1	910
363		Alkanna cordifolia C. Koch			Yürekli Havaciva	1	910
364		Borago sp. L.			Hodan	0	319
365	BRASSICACEAE	Brassica elongata Ehrh.			Uzun şalgam	0	173
366		Brassica oleracea L.			Lahana	0	180
367		Raphanus raphanistrum L.	raphanistrum		Eşek turpu	0	
368		R. raphanistrum	landra (Sm.)Thell.		Kalpakturpu	0	
369		Rapistrum rugosum (L.) All.			Kedi turpu	0	
370		Conringia clavata Boiss (Sin.:C. perfoliata (C.A. Meyer) Fisch)			Topuztelgari	0	
371		Lepidium draba L. Sin. Cardaria sp.			Diğnik	0	2332
372		Lepidium perfoliatum L.			Gübre otu	0	2332
373		L. meyeri Claus Sin.: L. lyratum L.)	meyeri		Rişvat	0	2332
374		Isatis kozlowskyi Grossh.			Karşçivitotu	0	
375		Aethionema oppositifolium (Pers) Hedge			Bodurkayagülü	0	
376		Thlaspi arvense L.			Ekin dağarcığı	0	
377		T. huetii Boiss.			Kapız dağarcığı	0	
378		T. lilacinum Boiss.			Mordağarcık	1	
379		Noccae sintenisii(Sin.:Thlaspi sintenisii Bornm)	sintenisii Hausskn.		Hasdağarcık otu	1	
380		Microthlaspi perfoliatum L. (Sin.: Thlapsi perfoliatum L.)			Giyle	0	0-100
381		Pachyphragma macrophyllum (Hoffm.) Busch			Koca tere	0	
382		Capsella bursa-pastoris (L.) Medik.			Çobançantası	0	2280
383		C. rubella Reut.			Ayşecik	0	2008
384		Pseudosempervivum sintenisii (Hausskn.) Pobed (Sin.:Cochlearia sintenisii Hausskn.)			Gümüş kaşıkotu	1	1650
385		Bunias orientalis L.			çırşalgamı	0	
386		Berteroa mutabilis (Vent.) DC.			Delitere	0	
387		Alyssum minutum Schlecht.			Gillik kunduzotu	0	
388		A. simplex Rudolph(Sin.:A. minus var. micranthum(Meyer) Dudley)			Sade kuduzotu	0	
389		A. strigosum Banks.	strigosum		Dökük kuduzotu	0	
390		A. murale Waldst.	murale	murale	Sekik kuduzotu	0	
391		A. murale Waldst.	murale	alpinum	Sekik kuduzotu	0	
392		Draba bruniifolia Stev.	bruniifolia		Kaya dolaması	0	2274
393		D. polytricha Ledeb			rize dolaması	1	2274
394		D. rosularis Boiss.			Kızıl Dolama	0	2274
395		D. hispida Willd.			Kıllı Dolama	0	2510
396		D. siliquosa Bieb.			Yıldız Dolama	0	2274
397		D. nemorosa L.			Orman Dolaması	0	2510
398		D. huetii Boiss.			Çayır dolaması	0	2274
399		D. verna L. (Sin..Erophila verna(L.) Cheval. subsp. verna)			Çırçır otu	0	2510
400		Arabis brachycarpa Rupr.			Göl Kazteresi	0	
401		A. Mollis Steven (Sin.:A. graellsiiformis Hedge)			Saplı kazteresi	0	
402		A. alpina L. subsp. alpina (Sin.:A. caucasica Wild. subsp. caucasica)			Kazteresi	0	
403		A. hirsuta L.			Tüylü kazteresi	0	
404		Turritis glabra L.			Köse sırıktere	0	
405		Nasturtium officinale R. Br.			Su teresi	0	7
406		Rorippa islandica (Oeder) Borbas			Acice	0	
407		R. sylvestris (L.) Bess.			Çakandura	0	
408		Barbarea trichopoda Hausskn.			Tosya nicarı	1	
409		B. plantaginea DC.			Götlezgötü	0	
410		Cardamine bulbifera (L.) Crantz.			Dişli Kök	0	825
411		C. quinquefolia (Bieb.) Schmalh.			Hanımgömleği	0	825
412		C. raphanifolia Pourr	acris Gris.		çeykodim	0	825
413		C. tenera Gmel.			Narin Köpükotu	0	825
414		C. uliginosa Bieb.			Acıtere	0	825
415		C. impatiens L.		impatiens	Sultan Kodimotu	0	825
416		C. impatiens var.		pectinata L.	Taraklı Kodimotu	0	825
417		C. hirsuta L.			Kıllı kodim	0	825
418		Hesperis bicuspidata (Willd.) Poired.			Gece Menekşesi	0	
419		H. matronalis	matronalis L.		Akşamyıldızı	0	
420		Anchonium elichrysifolium	elichrysifolium		Süsün	0	
421		Erysimum leucanthemum (Steph.) Fedtsch			Bayır zarifesi	0	
422		E. pulchellum (Willd.) Gay.			Kaba Zarife	0	
423		E. kotschyanum Gay.			Teke zarifesi	1	
424		E. diffusum Ehry.			Zarifeotu	0	
425		E. repandum L.			Çatal zarife	0	
426		Sisymbrium officinale (L.) Scop.			Ergelen hardalı	0	
427		S. looselii L.			Bülbülotu	0	
428		Descurainia sophia (L.) Webb.			Sadır otu	0	
429		Murbeckiella huetii (Boiss.) Rothm.			Ovit Kodimi	0	
430		Camelina rumelica Vel.			Ketentere	0	
431		C. salviifolius L.			Kartli	0	
432	BUXACEAE	Buxus sempervirens L.			Şimşir	0	187
433	CACTACEAE	Opuntia ficus-indica (Kaynana Dili)			Kaynana Dili	0	111
434	CAMPANULACEAE	C. lactiflora,			Çan çiçeği	0	
435		C. pontica			Çan çiçeği	0	
436		Campanula latifolia L.,			Çan Çiçeği	0	560
437	CANNABIACEAE	Humulus lupulus L.			Şerbetçi Otu	0	
438	CANNACEAE	Canna indica (Sin.:Canna variabilis) Willd.			Kanaçiçeği	0	
439	CAPRIFOLIACEAE	Lonicera caucasica s	subsp. orientalis (Lam.) Chamb.		Çakkana	0	1811
440		Viburnum lantana L.			Germeşe	0	2026
441		V. orientale L.			Katkat çalısı	0	1811
442		V. tinus Koch			Filburnu	0	111
443		Lonisera xylosteum L.			Kızıl hanımeli	0	2003
444		L. caprifolium L.			Hanımeli	0	168
445		L. etrusca Santi			Dokuzdon	0	7
446		Abelia x grandiflora (Sin.: Abelia rupestris Hort.)			abelya	0	111
447	CARYOPHYLLACEAE	Arenaria rotundifolia	rotundifolia Bieb.		Yer Kumotu	0	
448		Minuartia İmbricata (Bieb.) Woronow.			Kaya tıstısı	0	2280
449		M. aizoides (Boiss.) Bornm.			Otlak tıstısı	0	2280
450		M. circassica (Allow.) Woron.			Yayla tıstısı	0	2280
451		M. recurva (All.) Schinz.			Eğri tıstıs	0	2280
452		M. juniperina (L.) Maire.			Hanım şiltesi	0	2280
453		M. verna (L.) Hiern.			Yaz tıstısı	0	2280
454		M. Anatolica		polymorpha McNeill.	Tıstısotu	0	2280
455		Lepyrodiclis holosteoides (C. A. Meyer) Fenzl			Sigaça	0	
456		Moehringia trinervia (L.) Clairv.			Keleşot	0	
457		Stellaria media	media (L.) Will.		Kuş otu	0	2332
458		S. nemorum	glochidisperma Murbeck.		Serçeotu	0	173
459		S. holostea L.			Urgancık	0	423
460		Myosoton aquaticum (L.) Moench.			vergelotu	0	
461		Cerastium cerastioides (L.) Britth.			Yumak boynuzotu	0	2450
462		C. dahuricum Fisch.			Koca boynuzotu	0	2506
463		C. lazicum Boiss.			Laz boynuzotu	1	2332
464		C. purpurascens Adams			Alaca boynuzotu	0	2064
465		C. gnaphalodes Fenzl			Dağhıyarı	1	2064
466		C. fontanum	triviale (Link.) Jalas		Koru boynuzotu	0	2064
467		C. glomeratum Thuill.			Boynuzotu	0	2064
468		Moenchia mantica	mantica (L.) Bartl.		Dördüz otu	0	
469		Sagina procumbens L.			Yayla saginotu	0	
470		Spergularia rubra (L.) J.			Remilotu	0	
471		Dianthus liboschitzianus Ser.			Köse karanfil	0	575
472		D. orientalis Adams			Yar karanfili	0	575
473		Dianthus calocephalus Boiss.			Güzel Karanfil	0	270
474		D. carmelitarum Reut.			Samsu	1	670
475		Petrorhagia saxifraga (L.) Link.			şimal zarçiçeği	0	
476		P. dubia (Sin.:P. velutina)(Guss.) Ball.			Zarkaranfil	0	
477		Saponaria orientalis L.			sabunotu	0	
478		Gypsophila glandulosa Boiss.			Yer Çevgeni	1	2003
479		G. tenuifolia Bieb.			Kaçkar çevgeni	0	738
480		G. elegans Bieb.			Hoş çöven	0	1740

481		G. silenoides Rupr.			Furtuna çöveni	0	2080
482		Vaccaria hispanica (Mill.) Rauschert (Sin.: Vaccaria pyramidata var. grandiflora (Fisch. ex DC.) Cullen)			Ekin ebesi	0	
483		Silene italica (L.) Pers.			Yuğuşyüreği	0	670
484		S. saxatilis Sims.			simotu	0	7
485		S. bupleuroides L.			Gıcılavuk	0	1811
486		S. swertiifolia Boiss.			bozkır nakılı	0	254
487		S. montbretiana Boiss.			Fay nakılı	0	7
488		S. dianthoides Pers.			Cüce nakıl	0	13
489		S. odontopetal Schischk.			Kumduzotu	0	1150
490		S. lazica Boiss.			Laz nakılı	1	1930
491		S. multifida (Adams) Rohrb.			ibişgıbış	0	1600
492		S. vulgaris (Moench) Garcke			Ecibücü	0	2090
493		S. compacta Fischer			Kanlıbasıra otu	0	822
494		S. armeria L.			Horozpipiği	0	2510
495		S. scythicina Coode			Rize nakılı	0	1930
496		S. latifolia (Sin.: Silene pratensis (Rafn) Godr. subsp. divaricata)	alba Miller		Gıcıgıcı	0	360
497		S. noctiflora L.			Yeşil nakıl	0	2208
498		S. dichotoma	sibthorpiana (Reichb.) Rech		Çatal nakıl	0	2080
499		S. dichotoma	euxina (Ruupr.) Coode		Çatal nakıl	0	2080
500		S. gallica L.			Serçe çiçeği	0	1475
501		Agrostemma githago L.			Buğday karamuğu	0	
502		Herniaria glabra L.			Atyaran	0	2080
503		H. argaea Boiss.			Yayla yaranı	1	
504		Scleranthus annuus L.	annuus		Kınavel	0	
505		S. uncinatus Schur			Kınavel	0	
506		Velezia regida L.			Tığotu	0	1886
507	CELASTRACEAE	Euonymus latifolius L.	latifolius		İğağacı	0	1474
508							
509	CHENOPODIACEAE	Anabasis aphylla L. (Öldürgen)			Öldürgen	0	0-100
510		Beta vulgaris L.			pancar	0	180
511		Chenopodium ambrosioides L.			Sirken	0	6
512		C. foliosum (Moench) Aschers			cülek	0	60
513		C. murale L.			Salmanca	0	1000
514		C. polyspermum L.			Kursalık	0	1650
515		C. album	album	album	Aksirken	0	27
516		Salsola kali L.			Güngele	0	
517		S. tragus L.			Kum döngelesi	0	
518	CISTACEAE	Cistus creticus L.			Laden	0	
519	COLCHICACEAE	Colchicum speciosum Steven			Şepart	0	1474
520	COMMELINACEAE	Tradescantia fluminensis Vellozo			Ak telgrafçiçeği	0	0-100
521		Tradescantia comminis L.			Mahmuza	0	42
522		Commelina communis L.			Mahmuza	0	23
523	CONVOLVULACEAE	Convolvulus arvensis L.			Trarla sarmaşığı	0	173
524		Ipomoea violacea L.			Menekşe kahkahaçiçeği		
525		Ipomoea alba L			Beyaz kahkaha Çiçeği	0	98
526		Calystegia silvatica (Kit.) Griseb.			Bürük	0	497
527	CORNACEAE	Cornus sanguinea	australis (C. A. meyer)Jav.		Kansığdiren	0	532
528		Cornus sangunea L.	subsp. australis (C. A. MEYER) JAV.		Yaban kızılcığı		
529		Cornus. mas L.			Kızılcık	0	0-100
530		Aucuba japonica			Aküba	0	111
531	CRASSULACEAE	Rosularia radiciflora	radiciflora Boriss.		Bodur kayakoruğu	0	
532		Rosularia sempervivum (M. Bieb.) A. Berger			Som kayakoruğu	0	
533		Hylotelephium telephium (L.)Ohba (Sin.: Sedum telephium subsp. maximum (L.) Krocker)			Mandakulağı	0	2445
534		Phedimus stoloniferius (S.G. Gmel.) Hart (Sin.: Sedum stoloniferum S.G. Gmel.)			Pisikulağı	0	822
535		Prometheum pilosum (M.Bieb.) H.Ohba (Sin.: Sedum pilosum Fischer ex M. Bieb.)			Hoş kayagöbeği	0	236
536		Sedum acre L.			Acıdamkoruğu	0	2064
537		Sedum album L.			Çoban kavurgası	0	180
538		Sedum spurium Bieb.				0	1080
539		Sedum alpestre VilI			Dağ koruğu	0	1600
540		Sedum tenellum Bieb.			Narin dağkoruğu	0	2090
541		Sedum gracile C.A.Meyer			ince damkoruğu	0	1886
542		Sedum annuum Boiss.			Birdamkoruğu	0	2172
543		Sedum hispanicum L var. hispanicum			damkoruğu	0	1968
544		Sedum pallidum L. var. pallidum			Koyunörmece	0	2735
545		Sedum pallidum M.Bieb.(Sin.: Sedum pallitum var. bithynicum Boiss.)			Koyunörmece	0	2060
546		Sedum euxinum Hart & Alpınar			Karadeniz koruğu	1	2080
547		Sempervivum armenum Boiss. & Huet		armenum	gelinparmağı	1	822
548		S. davisii subsp. furseorum Muirhead (Sin.: Sempervivum furseorum Muirhead)			Nuzla	0	822
549		Sempervivum transcaucasicum			gelinparmağı	0	822
550		S. minus Turrill var. minus			Atdişi	1	822
551		S. ekimii Karaer (Sin.: Sempervivum minus var. glabrum Wale)			Paşa parmağı	0	822
552	CUSCUTACEAE	Cuscuta campestris Yuncker			kafirsaçı	0	
553		C.europaea L.			Bostan Bozan	0	
554	CUCURBITACEAE	Momordica charantia L.			Kudretnarı	0	
555		Cucurbita maxima L.			Helvacı kabağı	0	497
556		C. moschata L.			Bal kabağı	0	6
557		Cucurbita pepo L.			Sakız kabağı	0	18
558		Sicyos angulatus L.			İt dolanbacı	0	
559		Cucumis sativus L.			Hıyar	0	
560	CUPRESSACEAE	Juniperus communis L.			Ardıç	0	1787
561		Juniperus oxycedrus L.			Katranardıcı	0	1965
562		J. sabina L.			Saç ağacı	0	0-100
563		Cryptomeria japonica (Thunb. Ex L.f.) D.Don			Kadife çamı	0	6
564		Sequoia sempervirens(Mahmut Ağacı)			Mahmut Ağacı	0	111
565		Cupressus arizonica (Arizona Servisi)			Arizona Servisi	0	0-100
566		Cupressus sempervidens L. (Servi)			Servi	0	6
567		Thuja orientalis L. (Mazı)			Mazı	0	111
568	CYCADACEAE	Cycas revoluta (Skas)			Skas	0	111
569	CYPERACEAE	Cyperus esculentus L.			Abdülaziz	0	2449
570		Cyperus glaber L.			Kösnü Otu	0	2449
571		C. serotinus Rottb.			Gelgit Hasırı	0	2449
572		Pycreus flavescens (L.) Reichb.			Saman Berdi	0	
573		P. sanguinolentus (Vahl) Nees			Berdi	0	
574		Fimbristylis bisumbellata (Forsskal) Bubani			İkiz telberdi	0	
575		Eleocharis acicularis L.			Cücesaz	0	1570
576		Eleocharis quinqueflora (Harmann) O. Schwarz			Seyrek Sazı	0	1570
577		E. palustris (L.) Rooemer			Delisaz	0	1570
578		E. mitracarpa Steudel			Feslisaz	0	1570
579		E. uniglumis (Link) Schultes			Kapçık Sazı	0	1570
580		Isolepis setacea (L.) R. Br.			tüylü kınaotu	0	
581		Schoenoplectus tabernaemontani (Sin.: Schoenoplectus lacustris subsp. tabernaemontani)(C. C. Gmelin)			Ayna semerotu	0	
582		Schoenoplectiella mucronata (Sin.: Schoenoplectus mucronatus) (L.) Palla			Sivriberdi	0	
583		Scirpus. sylvaticus L.			Topakbedri	0	
584		Scirpoides holoschoenus (L.) Sojak			Vurla	0	
585		Eriophorum latifolium Hoppe			Pambıkotu	0	
586		E. vaginatum L.			Bataklıkkeneti	0	
587		Blysmus compressus (L.) Panzer			Yassı Hasırotu	0	
588		Rhynchospora rugosa (Vahl.) S. Gale			Sazberdi	0	
589		Carex microglochin Wahlenb.			Cüce Ayakotu	0	2332
590		C. pyrenaica Wahlenb.			Alaca Saparna	0	1872
591		C. capitellata Boiss.			Top Saparna	0	0-100
592		C. paniculata	szovitsii (V. Krecz.) Ö. Nilsson		Çar Ayakotu	0	126
593		C. cuprina (Sin.: C. otrubae) Podp.			Kurusaz	0	200
594		C. spicata Hudson			Ekin Ayakotu	0	900
595		C. divulsa Stokes	divulsa		Ayakotu	0	0
596		C. leersii (Sin.: C. divulsa subsp. leersii)(Kneucker) W. Koch			İnce sazotu	0	170
597		C. melanorrhyncha Nelmes			Has Ayakotu	1	2370
598		C. remota L.			Nazlı Saparna	0	7
599		C. ovalis Good.			Tülü Sazotu	0	7
600		C. echinata Murray			Küy Ayakotu	0	423
601		C. canescens L.			Hanım saparna	0	425
602		C. hirta L.			Tüylü Çayırsazı	0	319

603		C. rostrata Stokes			Sırıksaparna	0	187
604		C. pendula Hudson			Salkımsaparna	0	2003
605		C. capillaris L.			Tel Saparna	0	1750
606		C. sylvatica Hudson	sylvatica		Mera Sazı	0	560
607		C. Sylvatica	latifrons (V. Krecz.) Ö. Nilson		Enlisaz	0	2368
608		C. depauperata Curtis			Körpesaz	0	2506
609		C. brevicollis DC.			Yakalısaz	0	670
610		C. michelii Host			Yer Ayakotu	0	1055
611		C. punctata Gaudin			Oyalı Ayakotu	0	1386
612		C. pallescens L.		pallescens	Soluk Saparna	0	720
613		C. pallescens	var. chalcodeta (V. Krecz.) Ö. Nilsson		Soluk Saparna	0	2449
614		C. digitata L.			Parmaksız	0	2332
615		C. ornithopoda Willd.	ornithopoda		Kus Saparnası	0	0-100
616		C. umbrosa	huetiana (Boiss.) Soo		Kırk ayakotu	0	7
617		C. caryophyllea Latourr			BaharSazı	0	7
618		C. depressa	transsilvanica (Schur) Egorova		Yassı Ayakotu	0	425
619		C. grioletti Roemer			Sert Ayakotu	0	319
620		C. tristis Bieb.			Kınalı Ayakotu	0	423
621		C. pontica Albov			Kel Saparna	0	2003
622		C. magellanica	irrigua (Wahlenb.) Hiitonen		Yaman Sazotu	0	170
623		C. atrata L. subsp. atrata			Kara Saparna	0	2449
624		C. atrata subsp. aterrima (Hoppe) Celak			Gece Saparna	0	2449
625		C. caucasica Steven			Kaf Ayakotu	0	670
626		C. oligantha Steudel			Garip Saz	0	560
627		C. acuta L.			bataklıksazı	0	0
628		C. nigra (L.) Reichard	nigra		Kara Ayakotu	0	900
629		C. nigra	dacica (Heuffel) Soo		Rumen Sazotu	0	589
630		C. orbicularis	kotschyana	caucasica Ö. Nilsson	Teker Sazotu	0	589
631	CYSTOPTERIDACEAE	Gymnocarpium dryopteris (L.) Newman			Baldırı çıplak	0	
632	DATISCACEAE	Datisca cannabina L.			Renkotu	0	88
633	DENNSTAEDTIACEAE	Pteridium aquilinum (L.) Kuhn			Eğrelti	0	1811
634	DIPSACACEAE	Dipsacus pilosus L.			Fesçisüpürgesi	0	336
635		Cephalaria gigantea (Lebed.) Bobrov			Dev pelemir	0	1760
636		C. procera Fisch.			Ganteper	0	1930
637		Knautia involucrata Somm.			Deli eşekkulağı	0	2080
638		Succisa pratensis Moench.			Gök çıbanotu	0	
639		Scabiosa columbaria L.	columbaria var. columbaria		Uyuzotu	0	1811
640		S. columbaria	columbaria	intermedia (Post) Matthews	Uyuzotu	0	1862
641		S. sosnowskyi Sulak.			Saman uyuzotu	0	2142
642		S. caucasica Bieb.			Zarif uyuzotu	0	1867
643		Sherardia arvensis L.			Gökörenotu	0	
644		Asperula prostrata (Adams) C.Koch (Sin.:Asperula laxiflora Boiss.)			Yayvan belumotu	0	
645		A. pontica Boiss.			Kaçkar belumu	0	
646		A. taurina L. (Sin.:A. taurina subsp. caucasica (Fobed.) Ebrend.)			Küçük fevre	0	
647		A. involucrata Wahlenb.			Akça belumotu	0	
648		A. gracilis C.A. Meyer			Çöp belumotu	0	
649	DIOSCORACEAE	Tamus communis L.	communis		Dolambaç	0	1277
650	DROSERACEAE	Drosera intermedia Hyne			böcekkapan	0	
651		D. longifolia L.			uzun böcekkapan	0	
652	DRYOPTERIDACEAE (Sin.:ASPIDIACEAEA)	Polystichum lonchitis (L.) Roth			Uzun pilunç	0	
653		Dryopteris x initialis Fraser			Melez pilunç	0	7
654		D. x mantoniae FraseJenkins			Pilunç	0	336
655		D. filix-mas (L.) Schott			Erkek eğrelti	0	770
656		D. affinis	borreri (Newman) Fraser- Jenkins		Geyik piluncu	0	825
657		D. aemula (Ait.) Kuntze			Ayı döşeği	0	1020
658		D. remota (A. Br.) Hayek			Çayır piluncu	0	1977
659		D. carthusiana (Vill.) H.P. Fuchs			Hemşin Piluncu	0	88
660		D. x deweveri (Jansen) Jansen			Hemşin piluncu	0	300
661		D. dilatata (Hoffm.) A. Gray			Ayu piluncu	0	364
662		D. expansa (C. Presl) Fraser-Jenkins			Parpa piluncu	0	270
663	EBENACEAE	Diospyros lotus L.			Hırnık	0	98
664		D. kaki L.			Trabzon hurması	0	88
665	ELAEAGNACEAE	Eleagnus rhamnoides (sin.:Hippophae rhamnoides	caucasica) Rousi		Çıçırgan	0	
666		Elaeagnus japonica			Japon iğdesi		
667		Elaeagnus rhamnoides (L.) A.Nelson (Syn. Hippophea rhamnoides subsp. caucasica Rousi (Çıçırgan)			Çıçırgan	0	14
668	EMPETRACEAE	Empetrum nigrum	hermaphroditum (Hagerup) Böcher		Karga Üzümü	0	
669	EQUISETACEAE	Equisetum hyemale L.			Ulamotu	0	2100
670		E. arvense L.			At kuyruğu	0	2332
671		E. palustre L.			Kırk bacak	0	900
672		E. telmateia Ehrh.			Deredoruk	0	900
673		Ophioglossum vulgatum L.			Parlak dilotu	0	
674		Anogramma leptophylla (L.) Link			Maydanoz eğreltisi	0	
675		Adiantum capillus-veneris L.			Baldırıkara	0	
676	ERICACEAE	Rhododendron luteum Swett,					
677		R. caucasicum Pallas,					
678		R. ponticum L. ,	ponticum				
679		R. smirnovii Trautv.,					
680		R. x sochadzeae Charadze					
681		Rhododendron ungernii Trautv.			Beyaz Kumar	0	1740
682		Calluna vulgaris (L.) Hull			Süpürge Çalısı	0	
683		Arbutus unedo L.			Kocayemiş	0	
684	EUPHORBIACEAE	Mercurialis annua L.			Parşen	0	
685		Euphorbia peplis L.			kıyı sütleğeni	0	425
686		Euphorbia djimilensis Boiss.			Cimil Sütleğeni	0	254
687		Euphorbia squamosa Willd.			Hemşin Sütleğeni	0	13
688		Euphorbia hirsuta (Sin.:E. pubescens)Vahl			Kıllı sütleğen	0	1853
689		Euphorbia platyphyllos L.			Koca Sütleğen	0	2506
690		Euphorbia stricta L.			Katı sütleğen	0	670
691		Euphorbia helioscopia L.			Feribanotu	0	2080
692		Euphorbia arvalis Boiss.			Tarla Sütleğeni	0	2080
693		Euphorbia peplus L.		peplus	Bahçe Sütleğeni	0	1411
694		Euphorbia herniariifolia		glaberrima Hal.	Boncuk sütleğeni	0	1570
695		Euphorbia iberica Boiss.			Gaşil	0	27
696		Euphorbia oblongifolia (C. Koch.) C. Koch			Haladiza	0	106
697		Euphorbia amygdaloides L.	amygdaloides		Zerana	0	106
698		Celtis australis L.			Çitlenbik	0	
699	FABACEAE	Albizzia julibrissin Durazz.			Gülibrişim	0	
700		Genista tinctoria L.			Boyacı katırtırnağı	0	
701		Argyrolobıum biebersteinii Bail.			Acı collik	0	
702		Robinia pseudoacacia L.			Yalancı akasya	0	13
703		Acacia dealbata Link.			Gümüşi Akasya	0	6
704		Astragalus oreades Meyer			Dağ Perisi	0	2172
705		A. viciifolius Dic.			Fiğ geveni	0	2060
706		A. viridissimus Freyn			Hamsi geven	1	2735
707		A. glycyphyllos L. subsp. glycyphyllos			Dev geven	0	1570
708		A. falcatus Lam.			orak geveni	0	2960
709		A. incertus Ledeb.			Koç Taşağı	0	2280
710		A. fragrans Willd.			Mis geven	0	2960
711		A. frickii Bunge			Artvin Geveni	0	6
712		Oxytropis lazica Boiss			Laz GagaGeveni	0	
713		Bituminaria acaulis (Hoffm.) C.H.Stirt. (Sin.:Psoralea acaulis Hoffm.)			Alacüer	0	
714		Phaseolus vulgaris L.			Fasülye	0	23
715		Vicia crocea (Desf.) B. Fedtsch.			Safran Fiği	0	7
716		V. cassubica L.			Dirifiğ	0	2100
717		V. dadianorum Somm. & Lev.			Çayır fiği	0	1000
718		V. cracca L.	cracca		Kuş Fiği	0	1614
719		V. cracca	tenuifolia Roth,		Kır fiği	0	1740
720		V. cracca	stenophylla Roth		Meşe Fiği	0	2080
721		V. alpestris	hypoleuca (Boiss.) Davis		Yayla Baklası	1	2880
722		V. villosa Roth.	villosa		Tüylü fiğ	0	173
723		V. hirsuta (L.) S. F. Gray			Bğzfiğ	0	336

724		V. balansae Boiss.			Pisik Fiği	0	1600
725		V. sepium L.			Dere Baklası	0	2172
726		V. hyrcanica Fisch. & Mey.			Acem baklası	0	1600
727		V. sativa L.	sativa		Fiğ	0	1811
728		V. sativa	nigra	nigra L.	Eşek Gürülü	0	7
729		V. sativa	nigra	segetalis L.	Fiğ	0	467
730		V. sativa	incisa	cordata (Bieb.) Arc.	fiğ	0	2064
731		Lathyrus aureus (Stev.) Brandza			Koru mürdümüğü	0	1981
732		L. tukhtensis Czecz.			Kuşbaklası	1	1703
733		L. pratensis L.			Yılan gürülü	0	1930
734		Lathyrus salicaria (Stev.) Brandza			Koru Mürdümüğü	0	822
735		L. laxiflorus (Desf.) O. Kuntze subsp. laxiflorus			Deli burçak	0	18
736		L. czeczottianus Bässler in Feddes Rep.			Çalı Mürdümüğü	1	1760
737		L. roseus Stev.			Gül Mürdümüğü	0	0
738		L. rotundifolius	miniatus Bieb.		Hırıgürü	0	170
739		L. aphaca var. floribundus Vel.			Sarı burçak	0	1600
740		Trifolium polyphyllum C. A. Meyer.			Telek üçgülü	0	100
741		T. repens L.		repens	Ak üçgül	0	910
742		T. ambiguum Bieb.			Pisikulağı	0	2643
743		T. hybridum		anatolicum (Boiss.) Boiss.	melez üçgül	0	254
744		T. nigrescens	petrisavi		Yanık üçgül	0	1650
745		T. sintenisii Freyn			Trabzon Üçgülü	0	412
746		T. rytidosemium Boiss.		rytidosemium	Katuna	0	720
747		T. spadiceum L.			Çayır dutu	0	1600
748		T. aureum Poll.			Altuni üçgül	0	680
749		T. campestre Schreb.			Sarı Üçgülü	0	2142
750		T. dubium Sibth.			Tatlı yonca	0	2142
751		T. glomeratum L.			Topuz yonca	0	1570
752		T. resupinatum L.		resupinatum	anadolu üçgülü	0	2100
753		T. clusii Godr. & Gren.			Ters üçgül	0	364
754		T. pratense L.		pratense	Çayır üçgülü	0	1930
755		T. pratense		americanum Harz	Çayır üçgülü	0	1020
756		T. medium		medium L.	Köse yonca	0	2449
757		T. canescens Willd.			Sarı Üçgülü	0	23
758		T. lappaceum L.			Yivli Yonca	0	60
759		T. arvense L.		arvense	Tavşanayağı	0	270
760		Melilotus officinalis (L.) Desr.			Kokulu yonca	0	2643
761		M. albus Desr.			Ak taşyoncası	0	13
762		Medicago lupulina L.			Bitcikotu	0	23
763		Medicago sativa L.			Karayonca	0	14
764		Medicago minima (L.) Bartal			Gurnik	0	7
765		M. papillosa Boiss.			Siğilli yonca	0	1600
766		M. polymorpha		vulgaris (Benth.) Shinners	Kırkyonca	0	2060
767		Lotus angustissimus L.			Kurtlu Ot	0	2960
768		L. corniculatus L.		corniculatus	Gazal Boynuzu	0	2960
769		L. corniculatus var. alpinus Ser.			Gazalboynuzu	0	2960
770		Anthyllis vulneraria (Sin.:Anthyllis vulneraria var. boissieri (Sag.) Bornm.)	boissieri L.		Çobangülü	0	
771		Securigera orientalis(Sin.:Coronilla orientalis var. orientalis (Boiss.) Uhrova)	balansae (Boiss.) Keskin		Ala körigen	0	1930
772		Securigera orientalis		balansae Boiss.	Hoş Körigen	0	1930
773		Securigera varia (L.) Lassen (Sin.: Coronilla varia subsp. varia L.)			Körigen	0	2060
774		Ornithopus compressus L.			Kuşayağı	0	
775		Hedysarum hedysaroides (L.) Schinz & Thell.			Ala Batalak	0	
776		Onobrychis montana	cadmea (Boiss.) P. W. Ball		Dağ korungası	0	2076
777		O. lasistanica Sirj.			Cimil Korungası	1	2076
778		O. altissima Grossh.			Boylu korunga	0	2076
779		Styphnolobium japonıcum (L.) Schott Sin.: Saphora japonica L. (Sofora)			Sofora	0	6
780		Wisteria sinensis Sims.			Mor Salkım	0	128
781	FAGACEAE	Fagus orientalis Lipsky			Kayın	0	1474
782		Castanea sativa Miller			Kestane	0	1474
783		Quercus pontica C. Koch			Yayla peliti	0	1760
784		Quercus macranthera Fisch.			Kafkas meşesi	0	865
785		Q. hartwissiana Steven			Istıranca meşesi	0	173
786		Q. petraea	iberica (Steven ex Bieb.) Krassiln.		Ballık meşesi	0	1290
787	FUMARIACEAE	Fumaria schleicheri Soy.	microcarpa (Hausskn.) (Sin.:S. microcarpa Boiss.)		Şetere	0	2200
788		F. asepala Boiss.			Akşahtere	0	2200
789	GENTIANACEAE	Blackstonia perfoliata (L.) Huds	perfoliata		Deli şıra	0	
790		Gentiana asclepiadea L.			Sütlü Güşad	0	1787
791		G. aquatica L.			Su Gentiyanı	0	1886
792		G. pyrenaica L.			Pir Gentiyanı	0	2360
793		G. septemfida Pallas			yedi gentiyan	0	2360
794		G. gelida Bieb.			Dağ gentiyanı	0	2520
795		G. verna	pontica (Soltuk.) Hayek		Gentiyan	0	2670-2703
796		G. nivalis L.			Kar Gentiyanı	0	2130
797		Gentianella caucasea (Loddiges ex Sims) Holub			Kaf Boduranı	0	2360
798	GERANIACEAE	Geranium purpureum Will.			Arsız keten	0	
799		G. robertianum L.			Dağ ıtırı	0	2090
800		G. rotundifolium L.			Heliok	0	2172
801		G. molle Syn:G. Molle	molle		Yumuşak ıtır	0	822
802		G. pusillum Burm.			İncegelinçarşafı	0	2008
803		G. divaricatum Ehrh.			Çatal ıtır	0	84
804		G. columbinum L.			Güvercin ıtırı	0	187
805		G. dissectum L.			Dilimli ıtır	0	1570
806		G. psilostemon Ledeb.			zarif ıtır	0	1886
807		G. sylvaticum L.			Orman ıtırı	0	23
808		G. finitimum Woronov (Sin.: Geranium pratense subsp. finitimum (Woronov) R. Knuth.)			Hısım ıtırı	0	254
809		G. asphodeloides Burm. subsp. asphodeloides			Yara merhemi	0	336
810		G. sintenisii Freyn (Sin.: Geranium asphodeloides subsp. sintenisii (Freyn) P.H. Davis)			Çayır ıtırı	1	497
811		G.sintesii Freyn (Sin.: G. davisianum Peşmen&Güner)			Çayır ıtırı	1	2200
812		G. sanguineum L.			Ece ıtırı	0	2100
813		G. lazicum Woronow (Sin.: Geranium cinereum var. lazicum (Woronow) Güner)			leylek burnu	0	540
814		G. sibiricum L.			ince ıtır	0	2064
815		G. pyrenaicum Burm.			Gelinçaşafı	0	2080
816		G. lazicum (Sin.:Geranium cinereum subsp. lazicum var. lazicum)(Woronov) Davis			Leylekburnu	0	1867
817		G. ponticum (P.H. Davis & J.Roberts) Aedo (Sin.:Geranium cinereum subsp. lazicum var. ponticumP.H. Davis & J.Roberts)			Yayla ıtırı	1	2735
818		G. platypetalum Fisch.			Koru ıtırı	0	1705
819		G. ibericum	jubatum (Hand-Mazz.) Davis		Kırmızı ıtır	0	2735
820		Erodium cicutarium (L.) L'Herid. subsp. cicutarium			İğnelik	0	1600
821	GROSSULARIACEAE	Ribes petraeum Wulfen (Sin.: Ribes biebersteinii Berl.)			Kaya çeçemi	0	425
822	HYDRANGACEAE	Philadelphus coronarius L.			Fil bahri		
823		Hydrangea macrophylla (Thunb.) Ser. L.			Ortanca	0	23
824	HYDROCHARITACEAE	Egeria densa Planchon			Egerya	0	
825	HYMENOPHYLLACEAE	Hymenophyllum tunbrigense (L.) Sm			Zar eğreltisi	0	
826	HYPERICACEAE	Hypericum androsaemum L.			Kamaniça	0	275
827		H. xylosteifolium (Spach) Robson			Yalı kantaronu	0	200
828		H. bupleuroides Gris			Tavuk yumurtlamaz	0	317
829		H. hirsutum L.			Tüylü kantaron	0	7
830		H. pruinatum Boiss.			Cimil Kantaronu	0	60
831		H. linarioides Bosse			miğde otu	0	60
832		H. bithynicum Boiss.			Mideotu	0	670
833		H. orientale L.			Sandık Çiçeği	0	2445
834		H. tetrapterum Fries			Çizgili kantaron	0	2130
835		H. perforatum L.			Kantaron	0	13
836	IRIDACEAE	Iris pseudacorus L.			Batak süseni	0	128
837		Iris reticulata M. Bieb			Kara Körpeze	0	128
838		I. lazica Albov			Laz Süseni	0	128
839		I. histrioides(G. F. Wilson)			Amasya navruzu	0	128
840		Crocus scharojanii Rupr.			Yayla Kovan	0	1570
841		C. vallicola Herbert			Hozmancık	0	1981

842		C. aerius Herbert			Hozmancuk	0	1652
843		Gladiolus kotschyanus Boiss.			Çayır kılıçotu	0	
844		L. cordata (L.) R. Br.			Pisipisi Salebi	0	
845		Cephalanthera rubra (L.) L.C.M. Richard			Çam Çiçeği	0	
846		C. longifolia (L.) Fritsch			Kuğu Salebi	0	
847		Epipactis palustris (L.) Crantz			Danakıran otu	0	1310
848		E. pontica Taub.			İnce Bindallı	0	1055
849		E. persica (Hausskn. Ex Soo) Nannfeldt			Acem danakıranı	0	1998
850		Goodyera repens (L.) R. Br.			Yer Salebi	0	
851		Spiranthes spiralis (L.) Chevall.			İnci salebi	0	1740
852		Gymnadenia conopsea (L.) R. Br.			Başak Salebi	0	
853		Platanthera chlorantha (Custer .)Reichb.			Çarpık salep	0	
854		Coeloglossum viride (L.) Kartm.			Kurbağa salebi	0	
855		Serapias vomeracea	orientalis Greuter		Sağır kulağı	0	
856		S. orientalis (Sin.: S. feldwegiana) H. Baumann	orientalis		Dillibudak	0	
857		Traunsteinera sphaerica (Bieb.) Schlechter			Yayla Salebi	0	
858		Steveniella satyrioides (Sprengel) Schlechter			Takkeli Salep	0	
859	ISOETACEAE	Isoetes durieui Bory			Petek çimeğrelti	0	
860	JUGLANDACEAE	Juglans regia L.			Ceviz	0	7
861	JUNCACEAE	Juncus effusus L.			Has Kofa	0	1310
862		Juncus filiformis L.			Kızsazı	0	7
863		J. tenuis Willd.			Tel Sazak	0	2150
864		J. bufonius L.			Kamır	0	1650
865		J. articulatus L.			Çamışotu	0	1703
866		J. alpigenus C. Koch			Gümüş Yopuk	0	1800
867		Luzula forsteri (Sm.) DC.			Gevşek luzul	0	
868		L. sylvatica (Hudson) Gaudin			Meşe luzulu	0	
869		L. spicata (L.) DC.			Dölek luzul	0	
870		L. stenophylla (Sin.: L.pseudosudetica)(V. Krecz.) V. Krecz.			Acem luzulu	0	
871		L. turcica Chrtek			Çolak Luzul	0	
872		L. pallescens (Wahlenb.) Besser			Çayır Luzumlu	0	
873		L. multiflora (Ehrh. Ex Retz.) Lej.			Kırk luzul	0	
874		L. campestris (L.) DC.			Luzulotu	0	
875	Juncaginaceae	Triglochin sp. L.			Su çengeli	0	1080
876	LAMIACEAE	Ajuga orientalis L.			Dağmayasılı	0	180
877		Teucrium chamaedrys	trapezunticum Rech.		Kısa Mahmut	0	1811
878		T. chamaedrys	syspirensis (C. Koch.) Rech.		Sıcakotu	0	720
879		T. hircanicum L.			Yağmur Otu	0	2850
880		Scutellaria galericulata L.			Su Kasidesi	0	2449
881		S. albida	colchica (Rech..fil.) Edmondson		Artvin kasidesi	0	2449
882		S. velenovskyi Rech.fil.				0	2449
883		S. pontica C. Koch			Hanım Kasidesi	0	2449
884		Phlomis russeliana (Sims) Bentham			Akbaşlı Çalba	1	
885		Lamium garganicum	reniforme (Montbret et Aucher ex Bentham) R. Mill		Bol balıcak	0	180
886		L. amplexicaule L.			Baltutan	1	84
887		L. purpureum L.		purpureum	Ballı baba	0	1253
888		L. gundelsheimeri C. Koch			Benli Balıncak	1	2280
889		L. album L.			Balıcak	0	42
890		L. crinitum Montbret			Kovanlık	0	2510
891		L. tomentosum (sin.: L. sulfhureum) Hausskn.			Boz balıcak	1	254
892		L. ponticum Boiss.			Mis Balıcak	0	7
893		L. orientale (Sin.:Wiedemannia orientalis) Fisch			Güzelce	0	423
894		L. galeobdolon (Sin.:Galeobdolon luteum subsp. montanum) (Pers.) R. Mill	montanum		Meşe Balıcağı	0	423
895		L. galeobdolon (Sin.Galeobdolon luteum subsp. luteum) Hudson	galeobdolon		Meşe Balıcağı	1	336
896		Galeopsıs ladanum L.			Kedi Başı	0	
897		G. bifida Boenn.			Ak Kedibaşı	0	
898		Ballota nigra L.	nigra		Gırip Otu	0	
899		Stachys balansae Boiss.	balansae		Boz Çayçe	0	1811
900		S. rizeensis Bhattacharjee			Kızıl Çay	1	1867
901		S. cretica	trapezuntica Rech.		Deliçay	0	2280
902		S. sylvatica L.			Ham Isırgan	0	1090
903		S. iberica Bieb	. iberica	iberica	Tok Deliçay	0	1650
904		S. maritima Gouan			Kum Karabaş	0	822
905		S. annua (L.) L.	annua	annua	Hacıosmanotu	0	2449
906		S. macrantha (C. Koch) Stearn.			Koca Soğulcan	0	822
907		Stachys grandiflora (Steph ex. Willd.) Benth			Koca Soğulcan	0	1981
908		Nepeta nuda	albiflora (Boiss.) Gams		Kara Küncü	0	2200
909		N. racemosa Lam.			Pisikotu	0	1600
910		Glechoma hederacea L.			Yernanesi	0	
911		Drachocephalum austriacum L.			Ejderotu	0	
912		Lallemantia peltata (L.) Fisch.			Kalkanbaşı	0	
913		L. iberica (Bieb.) Fisch.			Ajdarbaşı	0	
914		L. canescens (L.) Fisch.			Topajdarbaşı	0	
915		Prunella vulgaris L.			Gelinciklenme Otu	0	770
916		Oringanum vulgare (sin.:Orıganum vulgare subsp. viride) (Boiss.) Hayek	viridulum		İstanbul kekiği	0	1811
917		O. vulgare L. subsp. vulgare			Kara Kanık	0	270
918		Satureja spicigera (C. Koch.) Boiss.			Çorba Kekiği	0	532
919		Satureja hortensis L.			Çibriska	0	128
920		Clinopodium grandiflorum (Sin.:Calamıntha grandiflora) (L.) Moench			Kabafesleğen	0	560
921		Clinopodium menthifolium(Sin.:Calamintha sylvatica subsp. ascendens) (Jordan) P.W. Ball.	subsp menthifolium		Leylak Fesleğeni	0	1253
922		Clinopodium nepeta (Sin.:Calamintha nepeta subsp. glandulosa)(Req.) P. W. Ball.			Sümüklü Fesleğen	0	2080
923		Clinopodıum vulgare L.	vulgare		Yabani Fesleğen	0	2080
924		C. umbrosum (Bieb.)C. Koch			Gölge Fesleğeni	0	2080
925		Thymus praecox	grossheimii	grossheimii (Ronniger) Jalas	Yayla Kekiği	0	1740
926		T. praecox subsp. grossheimii var. Medwedewii (Ronniger) Jalas			Yayla kekiği	0	2445
927		T. longicaulis C. Presl			Dağ kekiği	0	2274
928		T. pseudopulegioides Klokov			Limon Kekiği	0	2274
929		Mentha pulegium L.			Yarpuz	0	1650
930		M. aquatica L.			Su Nanesi	0	140
931		M. x piperita L.			Nane	0	425
932		M. longifolia (L.) Hudson	longifolia		Pünk	0	2100
933		M. spicata L.	spicata		Eşek Nanesi	0	254
934		M. spicata (Sin.:M. spicata subsp. tomentosa)(Briq.) Harley	condensata		Kıvırcık nane	0	1080
935		Lycopus europaeus L.			Kurt ayağı	0	
936		Ziziphora clinopodioides Lam.			Dağ Reyhanı	0	1811
937		Salvia forskahlei L.			Dolma Yaprağı	0	1811
938		Salvia adenophylla Hedge & Hub (Poruk)			Poruk	0	205
939		S. glutinosa L.			Okluşalba	0	1570
940		S. virgata Jacq.			Fatmanaotu	0	900
941		S. verbenaca L.			Elmakekiği	0	270
942		S. verticillata L.	verticillata		Dadırak	0	2200
943		Elsholtzia ciliata L.			Köriyaprağı	0	
944		Marrubium sp. L.			Bozotu	0	2064
945		P. major	intermedia (Gilib.) Lange		Yedidamarotu	0	13
946		P. lanceolata L.			Damarlıca	0	7
947		P. scabra Moench			Sineksek	0	575
948		Linaria genistifolia (L.) Miller	genistifolia		Son nevruzotu	0	
949		L. genistifolia subsp. confertiflora (Boiis.) Davis			Çok nevruzotu	0	
950		L. simplex (Willd.) DC.			Yalın Nevruzotu	0	
951		Cymbalaria longipes (Boiss. Et Heldr.) Cheval.			Nakkaşotu	0	
952		Digitalis ferruginea L.	ferruginea		Arı kovanı	0	1811
953		D. ferruginea	schischkinii (Ivan.) Werner		Ayı mısırı	0	670
954		Callitriche platycarpa Kütz.			Yassı Dilbersaçı	0	
955		Veronica monticola Trautv.			Melez maviş	0	2200
956		V. telephiifolia Vahl			Hoş Maviş	0	2280
957		V. gentianoides Vahl.	gentianoides		Kandilçiçeği	0	2450
958		V. serpyllifolia L.			Güzelnane	0	2100

959		V. hispidula Boiss.	hispidula		Deli maviş	0	1740
960		V. Hispidula	ixodes (Boiss. Et Bal.) M.A. Fischer		Ana maviş	0	1600
961		V. hispidula Boiss.(Sin.: V pusilla Kotschy var. pusilla)	hispidula		Deli maviş	0	2100
962		V. arvensis L.			Ekin Mavişi	0	2100
963		V. biloba Schreber			Çifte Maviş	0	2510
964		V. argutesserrata (Sin.: V.bornmuelleri) Hausskn.			kır mavişi	0	1740
965		V. persica Poiret			Cırcamuk	0	2450
966		V. filiformis J.E. Smitth			Tel Maviş	0	825
967		V. anagallis-aquatica L.	anagallis-aquatica		Sugedemesi	0	560
968		V. oxycarpa (Sin.: V. anagallis-aquatica subsp. oxycarpa)(Boiss.) Elenevsky			Dere mavişi	0	180
969		V. beccabunga L.	beccabunga		At teresi	0	2100
970		V. chamaedrys L.			Cancan	0	2280
971		V. manga M.A. Fischer			Tiryal Mavişi	0	322
972		V. baranetzkii Bordz.			yayla mavişi	0	173
973		V. peduncularis Bieb.			Ayaklı Maviş	0	14
974		V. officinalis L.			oropaçayı	0	336
975		D. pontica L.			Sırımmağu	0	187
976		D. glomerata Lam.			Ezentere	0	2003
977		T. alpinum L.			Yayla Güveleği	0	
978		T. procumbens C.A. Meyer			Yer güveleği	0	
979		Viscum album L.	album		Ökseotu	0	570
980		Aristolochia clematitis L.			Lohusaotu	0	
981		A. pontica Lam.			Gangırdak	0	
982		A. iberica Fisch			Koca Kokorot	0	
983		M. ovata Sternb.			Ağcaotu	0	
984	LAURACEAE	Laurus nobilis L.			Defne	0	100
985	LEMNACEAE	Lemna minor L.			Sümer Çıçeği	0	35
986	LENTIBULARIACEAE	Pyrola rotundifolia L.			Keklik Üzümü	0	
987	LILIACEAE	Ornithogalum oligophyllum Clarke			Kurt Soğanı	0	
988		Ornithogalum montanum (Sin.:Ornithogalum platyphyllum) Boiss.			Dağ akyıldızı	0	
989		Ornithogalum sigmoideum Freyn.			Sakarca	0	
990		Ornithogalum orthophyllum Ten.			Bayır Yıldızı	0	
991		Muscari aucheri (Boiss.) Baker			Gök Müşkürüm	1	
992		M. armeniacum Leichtlin			Gavur Başı	0	
993		M. bourgaei Baker			Top müşkürüm	1	
994		Lilium carniolicum	ponticum	ponticum (C. Koch.) Davis	Hemşin Zambağı	0	2080
995		L. carniolicum	ponticum	artvinense (Miscz.) Davis	Hemşin Zambağı	0	1862
996		Fritillaria latifolia Wiild.			Yayla Lalesi	0	
997		Gagea glacialis C. Koch			Buz Yıldızı	0	
998		Narthecium balansae Briq.			Düğün Var	0	
999		Veratrum lobelianum L.			Dokuz tepeli	0	2060
1000		Veratrum album L.			Dokuz Tepeli	0	2208
1001	LINACEAE	Linum hypericifolium Salibs.			Çayır Keteni	0	
1002		L. catharticum L.			Kerkede	0	0-100
1003		L. nervosum Waldst.			Bayır keten	0	
1004		L. bienne Miller			Deli keten	0	
1005	LYCOPODIACEAE	Lycopodium alpinum L.			Dağ Kibritotu	0	1886
1006		Lycopodiella inundata (L.) Holub (Sin.: Lycopodium inundata (L.) Holub)			Bodur kibritotu	0	
1007	LYTHRACEAE	Punica granatum L.			Nar	0	128
1008		Lagerstroemia indica L.			Oya ağaçı	0	111
1009		Lythrum salicaria L.			Hevhulma	0	205
1010		C. alpina L.			merhamor	0	
1011		Epilobium angustifolium L.			Yakıotu	0	1811
1012		E. colchicum Albow			Kara yakıotu	0	2332
1013		E. dodonaei Vill.			Çayırgülü	0	670
1014		E. parviflorum Schreber			ıraz yakıotu	0	900
1015		E. montanum L.			Dağ yakısı	0	1000
1016		E. tetragonum	lamyi (F. W. Schultz) Nyman		tel ezberyakısı	0	1055
1017		Epilobium calisifolia L.			Yakıotu	0	2172
1018		E. anatolicum	prionophyllum (Hausskn.) P.H.Raven		baba yakısı	0	1705
1019		Epilobium hirsutum L.			Yakıotu	0	822
1020		E. roseum	subsessile (Boiss.) P. H. Raven		üç eşekgülü	0	2090
1021		E. palustre L.			dere yakısı	0	2172
1022		E. algidum Bieb.			Oğul yakısı	0	1703
1023		E. ponticum Hausskn.			Garapil	0	1886
1024		E. gemmascens C.A.Meyer			Sulu yakıotu	0	2450
1025		E. anagallidifolium Lam.			Yayla yakısı	0	2880
1026		Circea lutetiana (Su küpesi)			Su küpesi	0	822
1027		Ludwigia palustris L.			Toynak otu	0	1570
1028	MAGNOLIACEAE	Magnolia soulangeana			Mor Manolya		
1029		Magnolia grandiflora			Manolya	0	111
1030	MALVACEAE	Malva sylvestris L.			Ebegümeci	0	2510
1031		Malva neglecta Wallr.			Çobançöreği	0	1650
1032		Hibiscus syriacus L.			Ebedön	0	1650
1033		Abutilon theophrastii Medik.			İmam kavuğu	0	493
1034		Alcea hohenackeri (Boiss. & Huet) Boiss.			Hevur	0	
1035		Tilia cordata Mill. (Kış Ihlamuru)			Kış Ihlamuru	0	0-100
1036		Tilia rubra subsp. caucasica (Rupr.) V.			Felamur	0	1325
1037	MELANTHIACEAE	Paris incompleta Bieb.			Tilki Üzümü	0	
1038	MONTIACEAE	Montia fontana L. (Sin.: M. rivularis Gmelin.)			Ege montiyası	0	
1039	MORACEAE	Morus alba L.			Ak dut	0	7
1040		Morus nigra L.			Karadut	0	40
1041		Ficus carica L.	carica		İncir	0	128
1042	MUSACEAE	Musa acuminata Colla			Muz	0	
1043	MYRTICACEAE	Callistemon citrinus			Çalıfırçası		
1044		Eucalyptus camaldulensis Dehnh. (Sıtma ağacı)			Sıtma ağacı	0	0-100
1045		Vaccinium vitis-idea L.	vitis-idea		Çalı Çiçek	0	1981
1046		V. myrtillus L.			Ayıüzümü	0	2142
1047		V. uliginosum L.			Avcı Üzümü	0	1570
1048		V. arctostaphylos L.			Likarpa	0	1703
1049		Orthilia secunda (L.) House			keklikdüğmesi	0	
1050		Pinguicula balcanica	pontica Casper		Deli Yağotu	0	
1051		P. veris subsp. columnae (Ten.) Liidi			Tutya	0	2450
1052		P. elatior	pallasii (Lehm.) W.W.Sm.		yayla tutyası	0	1038
1053		P. elatior	pseudoelatior (Kusn.) W.W.Sm.		Çayır Tutyası	0	1038
1054		P. elatior	meyeri (Rupr.) Valentine		Tutya	0	1038
1055		P. megaseifolia Boiss.			Martı Çiçeği	0	49 (Bataklaşmış orman)
1056		P. longipes Freyn			Zarif Çuha	1	180
1057		P. auriculata Lam.			Felçotu	0	2280
1058		P. algida Adams			Dağ Tutyası	0	317
1059		Androsace albana Steven			Arınca	0	
1060		A. intermedia Ledeb.			Yoz Arınca	0	
1061		A. villosa L.			Catili	0	
1062		Cyclamen coum Miller		coum	yersomunu	0	430
1063		C. coum		caucasicum (C. Koch) Meikle	Domuzağırşağı	0	430
1064		C. parviflorum Pobed.			Filizki	1	430
1065		Lysimachia verticillaris Sprengel			Hilal Kargaotu	0	345
1066		Anagallis arvensis L.		arvensis	farekulağı	0	
1067	NAJADACEAE	Najas minor All.			Küçük Superisi	0	
1068	OLEACEAE	Fraxinus angustifolia		subsp. oxycarpa (Bieb. Ex Willd.) Franco	Sivri dişbudak	0	6
1069		Fraxinus excelsa L.			Dişbudak	0	0
1070		Syringa L. (Leylak)			Leylak	0	111
1071		Olea europea L. (Zeytin)			Zeytin	0	88
1072		Ligustrum vulgare L.			Kurtbağrı	0	0-100
1073		Osmanthus decorus (Boiss. Et Bal.) Kasaplıgil			Poci	0	770
1074		Jasminum fruticans			Sarı çiçekli yasemin	0	6
1075		Vincetoxicum scandens Somm.			Mor gavurdikeni	0	1851
1076		Menyanthes trifoliata L.			Su Yoncası	0	
1077		Centaurium erythraea Rafn	erythraea		Kırmızı Kantaron	0	
1078		Centaurium sp. Hill.			(Gelindüğmesi)	0	1705

1079		C. erythraea	turcicum (Velen.) Melderis			Kırmızı kantaron	0	
1080		Swertia iberica Fischer				Safranca	1	2080
1081		S. hemshinica A. Güner					0	2080
1082	ONAGRACEAE	Circaea lutetiana L.				Kankurutan	0	
1083	OPHIOGLOSSACEAE	Botrychium lunaria (L.) Sw.				Gazaldili	0	
1084	ORCHIDACEAE	Listera ovata (L.) R. Br.				Çalı Salebi	0	
1085		Orchis palustris Jacq.				Çayır salebi	0	2090
1086		Dactylorhiza urvilleana (Steudel) Baumann				Bal Kaymak	0	2280
1087		D. euxina (Nevski) H. Baumann		euxina		Laz Salebi	0	1080
1088		D. euxina	var. markowitsvhii (Soo) Renz			Laz Salebi	0	2130
1089		D. x rizeana Renz				Rize balkaymağı	0	2142
1090	OROBANCHACEAE	Euphrasia rostkoviana Hayne	rostkoviana			Güzel Gözlükotu	0	910
1091		Orobanche caesia Reichb.				Mavi Veremotu	0	13
1092		O. alba Stephen				Boğasak	0	13
1093		O. minor Sm.				Göveotu	0	13
1094		O. fuliginosa Reuter				İsli Canavarotu	0	13
1095		O. hederae Duby				Tez Canavarotu	0	13
1096		O. caryophyllacea Smith				Kokulu süpürgeotu	0	13
1097		O. lutea Baumg				Sarı Canavarotu	0	13
1098		O. elatior Sutton				Boylu Canavarotu	0	13
1099	OSMUNDACEAE	Osmunda regalis L.				Kral eğrelti otu	0	
1100	OXALIDACEAE	Oxalİs acetosella L.				Ekşi yonca	0	180
1101		O. corniculata L.				Sarı ekşiyonca	0	83
1102		O. violaceae L. (Mor yonca)						
1103	PAEONIACEAE	Paeonia arientina (Anderson) (Sin.: Paeonia mascula subsp. arietina Cullen)				Ayıgülü	0	1886
1104		P. daurica Andrews (Sin.: P. wittmanniana var. nudicarpa Schipcz.)				Yörükgülü	0	1886
1105		Paeoni mascula(L.)Miller	subsp. mascula					
1106		Paenonia daurica ANDREWSLLER(Sin: P. Mycrophylla)				Şakayık	0	111
1107	PAPAVERACEAE	Chelidonium majus L.				kırlangıçotu	0	
1108		Glaucium flavum Crantz				Gündürme lalesi	0	
1109		Papaver lateritium Koch				Potot	0	2100
1110		P. fugax Poiret				Gelingülü	0	2100
1111		P. dubium L.				Köpekyağı	0	2100
1112		P. arenarium Bieb.				Zalla	0	2100
1113		Corydalis conorhiza Ledeb.				Yayla kazgagası	0	
1114		C. alpestris C. A. Meyer				Gök kazgagası	0	
1115		C. caucasica DC.				Çalıtarlakuşu	0	
1116		C. erdelii Zucc. (sin.:C. rutifolia subsp. erdelii (Zucc.) Cullen)				Şipirze	0	
1117	PHYTOLACCACEAE	Phytolacca americana L.				Şekerci Boyası	0	738
1118	PINACEAE	Abies nordmanniana (Stev.) Spach	nordmanniana			Kafkas göknarı	0	111
1119		Picea orientalis (L.) Peterm				Ladin	0	1407
1120		Pinus sylvestris L.				Sarı çam	0	1474
1121		Pinus pinea				Fıstıkçamı	0	88
1122		Cedrus atlantica glauca				Mavi Atlas Sediri	0	111
1123		Cedrus deodora				Sarkık Dallı Himalaya Sediri	0	111
1124		Cedrus libani A.Rich (Katranağacı)				Katranağacı	0	6
1125	PLANTAGINACEAE	Globularia trichosantha Fisch. & C.A.Mey.				Köseyayılımı		
1126		Plantago major L.	major			Sinirotu,	0	319
1127	PLATANACEAE	Platanus orientalis L.				Çınar	0	4,5
1128	POACEAE	Phyllostachys bambusoides Sieb.				gölge bambusu	0	
1129		Leersia oryzoides (L.) Swartz				Bıçakotu	0	
1130		Brachypodium sylvaticum (Hudson) P. Beauv.				Koru Kılcanı	0	
1131		Elymus panormitanus (Parl.) Tzvelev				Koru buğdayı	0	
1132		Sorghum halepensis (L.) Pers. (Ekin Süpürgesi)						
1133		E. caninus (L.) L.				Orman Buğdayı	0	
1134		E. lazicus (Boiss.) Melderis	lazicus			Yayla Buğdayı	0	
1135		E. sosnowskyi (Hackel) Melderis				Dadaş buğdayı	1	
1136		E. repens (L.) Gould.	repens			Sabankıran	0	
1137		Triticum durum Desf.				Makarnalık buğday	0	
1138		T. aestivum L.				Ekmeklik buğday	0	
1139		Secale montanum Guss.				Dağ Çavdarı	0	
1140		S. anatolicum Boiss.				Anadolu Çavdarı	0	
1141		S. cereale L.		cereale		Çavdar	0	
1142		Hordeum geniculatum All.				Yatık arpa	0	13
1143		H. marinum Hudson		marinum		Sahil Arpası	0	128
1144		H. marinum (Sin.: H. marinum var. pubescens)(Guss.) Nevski				Sihil arpası	0	13
1145		H. vulgare L.				Arpa	0	13
1146		Hordelymus europaeus (L.) Jessen				Odun Arpası	0	
1147		Henrardia persica		glaberrima (Hausskn. Ex Bornm.) C. E. Hubbard		Acem kuyrukotu	0	
1148		Bromus commutatus Schrader				Çayır Bromu	0	173
1149		B. hordeaceus L. subsp. hordeaceus				Başkotu	0	173
1150		B. arvensis L.				Tarla Bromu	0	173
1151		B. japonicus Thunb.	japonicus			İyeotu	0	173
1152		B. scoparius L.				İbubuk ekini	0	173
1153		B. danthoniae Trin.				İbubukotu	0	7
1154		B. tectorum L.				Kır bromu	0	7
1155		B. sterilis L.				Sağır ilcan	0	7
1156		B. diandrus Roth.				Kılçıkotu	0	7
1157		B. ramosus Hudson				Kaba Bromu	0	7
1158		B. benekenii (Large) Trimen				Sarkık Kılcan	0	7
1159		Bromus inermis Leyss.				Kılçıksız Brom	0	7
1160		B. lanceolatus (Sin.: B. Trinianus) Schultes				Kılıç bromu	0	467
1161		Avena fatua		glabrata Peterm.		Deli Yulaf	0	7
1162		A. sterilis L. subsp. sterilis				Şifan	0	7
1163		A. sterilis subsp. ludoviciana (Durieu) Gillet				horazotu	0	7
1164		A. sativa L.				Yulaf	0	7
1165		A. byzantina C. Koch				Kırmızı Yulaf	0	7
1166		Helictotrichon argaeum (Boiss.) Parsa				Erce Yulaf	0	
1167		H. pratense (L.) Besser				Yamaç yulafı	0	
1168		H. pubescens (Hudson)	pubescens			Kıllı Yulaf	0	
1169		H. versicolor (Vill.) Schultes				Alaca Yulaf	0	
1170		H. planiculme (Schrader) Besser				Cimil Yulafı	0	
1171		Ventenata dubia (Leers) Cosson				ventenotu	0	
1172		Gaudinopsis macra (Bieb.) Eig	macra			Som yulafi	0	
1173		Trisetum flavescens (L.) P. Beauv.				Palah	0	
1174		T. turcicum Chrtek				Ana Palah	0	
1175		Beckmania erusiformis (L.) Host.						
1176		Agropurum cristatum (L.) Gaertn.						
1177		Rostraria cristata		glabriflora (Trautv) M. Doğan		Gagaotu	0	
1178		Koeleria eriostachya (Sin.: Koeleria cristata) (L.) Pers.				yayla kırnası	0	270
1179		Deschampsia flexuosa (L.) Trin.				Eğri Çayırsaçı	0	
1180		D. caespitosa (L.) P. Beauv.				Çayır Saçı	0	
1181		Aira elegantissima Schurb.	alegantissima			Kuru Tül Çiçeği	0	
1182		Holcus lanatus L.				Kadifeotu	0	
1183		Calamagrostis canescens (Weber) Roth				Ak kandıraotu	0	
1184		C. epigejos (L.) Roth.				Bekar otu	0	
1185		C. pseudophragmites (Haller fil.) Koeler				Saz Çimi	0	
1186		C.arundinacea (L.) Roth				Kandıra Otu	0	
1187		Apera intermedia Hackel				pulsu ipekçimi	0	
1188		Agrostis olympica (Boiss.) Bor.				Ulu Tavusotu	0	
1189		A. planifolia C. Koch				Yassı Tavusotu	0	
1190		A. gigantea Roth				Koca Tavus Otu	0	
1191		A. capillaris L. var. capillaris				Karahasanotu	0	
1192		A. lazica Bal.				Bodur Tavusotu	0	
1193		A. balansae (Boiss.) Tzvelev				Yayla Tavusotu	0	
1194		A. stolonifera L.				Tavusotu	0	
1195		Polypogon viridis (Gouan) Breistr.				Tüylüceot	0	2003
1196		P. monspeliensis (L.) Desf.				Hıtır	0	1080
1197		Milium schmidtianum C. Koch				Hanım Darısı	0	
1198		Phalaris canariensis L.				Kuşyemi	0	
1199		Anthoxanthum odoratum L.	odoratum			kokuotu	0	

1200		A. odoratum	alpinum (A. et D. Love) B. Jones		Yayla Kokuotu	0	
1201		Alopecurus aequalis Sobol			Kınalı Tilkikuyruğu	0	
1202		A. arundinaceus Poiret			Kamış Tilkikuyruğu	0	
1203		A. vaginatus (Willd.) Boiss.			Benekli Tilki Kuyruğu	0	
1204		A. textilis Boiss. subsp. textilis			Saçaklı Tilkikuyruğı	0	
1205		A. glacialis C. Koch			.yayla Tilkikuyruğı	0	
1206		A. gerardii Vill var. gerardii			Köse Tilkikuyruğı	0	
1207		A. aucheri Boiss.			Kaba Tilkikuyruğı	0	
1208		A. laguroides Bal.			Kar Tilkikuyruğı	1	
1209		Phleum alpinum L.			Alp İtkuyruğu	0	1615
1210		P. pratense L.			çayır itkuyruğu	0	2643
1211		P. montanum C. Koch	montanum		dağ itkuyruğu	0	1000
1212		P. phleoides (L.) Karsten			Bayır İtkuyruğu	0	1930
1213		Festuca gigantea (L.) Vill.			Koca Yumak	0	2332
1214		F. drymeja Mertens			çalı yumağı	0	1943
1215		F. pratensis Hudson			çayır yumağı	0	1080
1216		F. arundinacea Schreber	arundinacea		kamış yumağı	0	1968
1217		F. Cyllenica	uluana Markgr.-Dannenb.		ulu yumuk	0	2142
1218		F. artvinensis Markgr.-Dannenb.			Livane Yumağı	0	2375
1219		F. anatolica Markgr.-Dannenb.	anatolica		yurt yumağı	0	2735
1220		F. anatolica	borealis Markgr.-Dannenb.		Kafçimi	0	7
1221		F. woronowii Hackel	woronowii		Yayla Yumağı	0	1070
1222		F. woronowii	turcica Markgr.-Dannenb.		Amasya yumağı	0	2506
1223		F. amethysina	orientalis	turcica Markgr.-Dannenb.	Zigana Yumağı	1	2332
1224		F. djimilensis Boiss.			Cimil Yumağı	0	497
1225		F. chalcophaea V. Krecz.	chalcophaea		Çayır Yumağı	0	2100
1226		F. heterophylla Lam.			dağ çayırı	0	2510
1227		F. sommieri R. Lit.			Kara Yumağı	0	2080
1228		F. bushiana (St.-yves) Tzvelev			Yastık Yumak	0	2080
1229		F. lazistanica Alexeev	lazistanica		Laz Yumağı	0	412
1230		F. elwendiana Markgr.-Dannenb.			Sürmeli Yumak	0	2060
1231		F. airoides Lam.			Tül Yumağı	0	2027
1232		F. pontica E. Alexeev			Taş yumağı	1	2105
1233		Festuca ovina L.			Yumak	0	2670-2700
1234		F. paphlagonica	villosula (St.-Yves.)		Az Yumak	0	2041
1235		Bellardiochloa polychroa (Trautv.) Roshev			Kurt Çimeni	0	
1236		Lolium perene L.			Çim	0	
1237		Vulpia bromoides (L.) S.P. Gray			Titrek Kirpikliçim	0	
1238		V. myuros (L.) C. C. Gmelin			Arsız Kirpikli Çim	0	
1239		V. ciliata Dumort	ciliata		Kirpikliçim	0	
1240		Catapodium rigidum (L.) C. E. Hubbard	rigidum var. rigidum		telekotu	0	
1241		Poa annua L.			Salkımotu	0	1980
1242		P. trivialis L.			Kaba Salkımotu	0	2027
1243		P. pratensis L.			çayır salkımotu	0	1760
1244		P. angustifolia L.			dar salkımotu	0	2445
1245		P. cenisia All.			Uslu Salkım	0	1705
1246		P. cenisia (Sin.: P. psychrophila) Boiss.			ulu alkım	0	2060
1247		P. longifolia Trin.			İpek Salkımotu	0	865
1248		P. chaixii Vill.			Zühre Salkımotu	0	2133
1249		P. diversifolia (Boiss. Et Bal.) Hackel			zafir salkımotu	0	2510
1250		P. compressa L.			Yassı Salkımotu	0	170
1251		P. nemoralis L.			Orman salkımı	0	2010
1252		P. alpina L.	fallax		Yayla salkımotu	0	1811
1253		P. bulbosa L.			Yumruklu Salkım	0	2553
1254		Eremopoa songarica (Schrenk) Roshev.			Dağ Salkımı	0	
1255		Catabrosella variegata (Boiss.) Tzvelev	var. variegata		Ala Çibilcik	0	
1256		C. variegata		leiantha (Hackel) Alexeev	Ala Çibilcik	0	
1257		Hyalopoa pontica (Bal.) Tzvelev			Zar Salkımotu	0	
1258		Catabrosa aquatica (L.) P. Beauv.			Çipil	0	
1259		Dactylis glomerata L.	glomerata		Domuzayrığı	0	1600
1260		Cynosurus cristatus L.			tarakoru	0	
1261		C. echinatus L.			top tarakotu	0	
1262		Briza media L.			Zembilotu	0	1811
1263		B. markowiczii Woronov			Çıngırdak	0	13
1264		B. maxima L.			Çıngırdak	0	7
1265		B. minor L.			Küçükzembil	0	1968
1266		Melica uniflora Retz.			Seyrek İnceotu	0	
1267		M. picta C. Koch			Orman inciotu	0	
1268		M. ciliata L.	ciliata		kiprikli inci	0	
1269		Glyceria arundinacea Kunth			Narin Tatlı Çim	0	
1270		G. nemoralis (Uechtr.) Uechtr.			Orman tatlıçimi	0	
1271		G. fluitans (L.) R. Br.			Dere Tatlıçim	0	
1272		G. plicata (Fries) Fries			Kıvrık Tatlıçim	0	
1273		Molinia caerulea (L.) Moenc			Isır çayırı	0	
1274		M. litoralis Host.			Orman Isırı	0	
1275		Nardus stricta L.			Kılotu	0	2332
1276		Stipa pontica P. Smirnov			Körpe kılaç	0	
1277		Arundo donax L.			karsı	0	
1278		Phragmites australis (Cav.) Trin.			Kamış	0	128
1279		Danthonia decumbens (L.) DC.			Bodur Deveotu	0	
1280		Eleusine indica (L.) Gaertner			Kazotu	0	
1281		Echinochloa crus-galli (L.) P. Beauv.			Darıcan	0	
1282		Oplismenus undulatifolius (Ard.) P. Beauv.			Fırfırlıot	0	
1283		Digitaria sanguinalis (L.) Scop.			Kızıl Çatalotu	0	60
1284		D. ischaemum		asiatica (Tzvelev) Tzvelev	Çatalotu	0	621
1285		Paspalum dictichum (Sin.: P. paspaloides) (michx.) Scribner			yalan darısı	0	
1286		P. dilatatum Poiret			Kürdan Darısı	0	
1287		Setaria glauca (L.) P. Beautv.			Sıçansaçı	0	7
1288		Arthraxon hispidus (Thunb.) Makino		hispidus	Çakıl Çimi	0	
1289		Hemarthria altissima (Poiret) Stapf			Sukızılotu	0	
1290		Zea mays L. subsp. mays			Mısır	0	23
1291		Eremopyrum sp. (Ledeb) Jaub. & Spach			Hanımtarağı	0	7
1292		Cynodon dactylon (L.) Pers			Köpekdişi	0	7
1293	POLYGALACEAE	Polygala major Jacq.			Koca Sütotu	0	
1294		Oxyria digyna (L.) Hill			Yayla kuzukulağı	0	
1295		Polypodium vulgare L.			Benli eğrelti	0	336
1296	POLYGONACEAE	Polygonatum verticillatum (L.) all.			Bol Boğum	0	423
1297		P. orientale Desf.			Boğumluca	1	23
1298		P. multiflorum (L.) All.			Mührü Süleyman	0	23
1299		A. schoenoprasum L.			Peynir Sirmosu	1	2880
1300		A. cepa L.			Soğan	0	2880
1301		A. balansae Boiss.			Çakıl Soğanı	1	23
1302		A. rupestre Steven			Taş Körmeni	0	23
1303		A. djimilense Boiss.			Cimil Soğanı	1	23
1304		A. sativum L.			Sarımsak	0	23
1305		A. ampeloprasum (Sin.:A. porrum) L.			Pırasa	0	
1306		A. scorodoprasum	rotundum (L.) Stearn		Delipırasa	0	
1307		A. ponticum Miscz.			Hemşin Körmeni	0	
1308		Galanthus alpinus (Sin.: Galanthus caucasicus)(Baker) Grossh.			Dağ kardeleni	0	
1309		G. rizehensis Stern			Rize Kardeleni	0	
1310		G. wotonowii (Sin.: G. ikariae) Baker			Akçabardak	0	
1311		S. winogradewii Sosn.			Sümbülcük	0	
1312		S. rosenii C. Koch			Gül sümbülü	0	
1313		S. monanthos C. Koch			Sümbülcük	0	
1314		S. siberica	armena (Grossh.) Mordak		Camışkıran	0	
1315		Polygonum alpinum All.			Elayaz	0	2064
1316		P. bistorta	carneum (Koch) Coode		Çimen eveleği	0	2142
1317		P. orienta L.			Hanım sallandı	0	1570
1318		P. lapathifolium L.			Tirşon	0	47
1319		P. persicaria L.			Söğüt otu	0	252
1320		P. hydropiper L.			Su biberi	0	1570
1321		P. minus Huds.			Küçük tene	0	168
1322		P. cognatum Meissn.			madımak	0	2100

1323		P. mesembricum Chrtek			Kuşbarik	0	2100
1324		P. arenastrum Bor.			Bezmeceotu	0	2200
1325		P. aviculare L.			Köyotu	0	2064
1326		P. convolvulus L.			Yayılgan	0	1965
1327		P. dumetorum L.			Çiyanotu	0	2090
1328		P. perfoliatum L.			Kapriçotu	0	2375
1329		P. thunbergii L.			Gül madımak	0	30
1330		Rumex acetosella L.			Kuzu kulağı	0	84
1331		R. scutatus L.			Ekşimen	0	1570
1332		R. tuberosus L.	tuberosus		Kuzukıkırdağı	0	2008
1333		R. tuberosus	horizontalis (Koch.) Rech.		Kömeturşusu	0	2450
1334		R. alpinus L.			Şorta	0	1630
1335		R. caucasicus Rech.			Tirişov	0	336
1336		R. ponticus E. H. L.			boçu	0	1886
1337		R. crispus L.			Labada	0	2105
1338		R. conglomeratus Murray			Ekşikulak	0	2370
1339		R. obtusifolius	subalpinus (Schur) Celak		Kökükızıl	0	2518
1340		R. pulcher L.			Ekşilik	0	670
1341	PORTULACACEAE	Portulaca oleracea L.	oleracea		Semizotu	0	
1342	POTAMEGETONACEAE	Potamogeton natans L.			Suotu	0	1872
1343	PRIMULACEAE	Primula veris L. subsp. columunae,					
1344		Primula acaulis (Sin.: P. vulgaris subsp. sibthorpii) (hoffmanns.) W.W.Sm.	rubra		Çuha çiçeği	0	319
1345	PTERİDACEAE (sin.:ADIANTACEAE)	Cryptogramma crispa (L.) R. Br.			Saklı eğrelti	0	
1346		Pteris cretica L.			Girit eğreltisi	0	6
1347		P. interjectum Shivas			Kaya elverdisi	0	2080
1348		Oreopteris limbosperma (All.) Holub (Sin.:Lastrea limbosperma (All.) Holub)			İfteri	0	
1349		Asplenium trichomanes L.	quadrivalens D. E. Meyer		Saçak otu	0	264
1350		A. ramosum L. (Sin.: Asplenium viride Huds.)			Yeşil baldıkara	0	822
1351		A. adiantum-nigrum L.			Kara saçakotu	0	2064
1352		A. onopteris L.			Kalkan eğreltisi	0	87
1353		A. septentrionale (L.) Hoffm.			Özge saçak otu	0	6
1354		A. septentrionale(L.) Hoffm. subsp. caucasicum Fraser			Deve sakalı	0	126
1355		A. x heufleri Reich.			İrefe otu	0	2360
1356		A. scolopendrium L. subsp. Scolopendrium			Saçak otu	0	1070
1357		Athyrium alpestre(Hoppe) Clairv.(Sin.: Athyrium distentifolium Tausch)			Yel eğreltisi	0	
1358		Cystopteris fragilis (L.) Bernh.			Gevrek eğrelti	0	
1359		P. woronowii Fomin			Çat Piluncu	0	
1360		P. aculeatum (L.) Roth			Sivri Pilunc	0	
1361		P. setiferum (Forssk.) Moore			Kızıl pirunç	0	
1362	RANUNCULACEAE	Helleborus orientalis Lam.			Çöpleme	0	
1363		Trollius ranunculinus (Smith) Stearn			Zarif çünkotu	0	
1364		Actaea spicata L.			Domuz Özümü	0	
1365		Caltha palustris L. (Sin.: Caltha polypetala Hochst.)			Lilpar	0	0-100
1366		Aconitum orientale Miller			Kurt Boğan	0	2172
1367		Delphinium formosum Boiss.			Gün Hezaren	1	2643
1368		D. crispulum (sin.:D. linearilobum Trautv. sin.:D. araraticum Busch)			Kırçıl hezaren	0	2080
1369		D. flexsuosum (Sin.: D. buschianum Grossh.)		buschianum	Hezaren	0	2172
1370		Delphinium ponticum L.			Hezaren	0	2142
1371		Delphinium dasystachyum Boiss.			Kirli Hezaren	1	2060
1372		D. longebracteatum (Boiss.) Rouy			Garip hezaren	0	2172
1373		Consolida orientalis (Gay) Schrod.			Morçiçek	0	7
1374		Anemone narcissiflora L.	narcissiflora		Mayısçiçeği	0	2080
1375		A. blanda Schott			Dağlalesi	0	1867
1376		Pulsatilla violaceae Rupr. (Sin.: A. blana subsp. armena (Boiss.) Smirn.)	armena Boiss		Rüzgargülü	0	
1377		Clematis vitalba L.			Akasma	0	13
1378		Adonis aestivalis L.	aestivalis		Kandamlası	0	
1379		Ranunculus cappadocicus Willd.			Yağlı Çanak	0	2332
1380		R. buhsei Boiss.			Çing Otu	0	128
1381		R. oreophilus Bieb.			Çingotu	0	319
1382		R. brachylobus Boiss.			Şellebung	0	187
1383		R. brachylobus	incisilobatus Davis		Turna ayağı	0	187
1384		R. caucasicus	subleiocarpus (Som. Et Lev.) Davis		Sarı yaraotu	0	14
1385		R. dissectus Bieb.			kebikeç	0	2142
1386		R. neapolitanus Ten.			Çiçeğeze	0	2510
1387		R. repens L.			Tiktakdana	0	270
1388		R. polyanthemos L.			Savotu	0	2003
1389		R. bulbosus L.	bulbosus		Düğmeli çingotu	0	1853
1390		R. kotschyi Boiss.			Girit lalesi	0	1750
1391		R. grandiflorus L.			Katırnalı	0	560
1392		R. constantinopolitanus (DC.) D'Urv.			Kağıthane çiçeği	0	1000
1393		R. marginatus		marginatus D'Urv.	Çırnıkotu	0	1740
1394		R. marginatus var.		trachycarpus (Fisch. Et Mey.) Azn.	Çırnıkotu	0	2080
1395		R. muricatus L.			Kutsal defne	0	2080
1396		R. arvensis L.			Mustafa çiçeği	0	412
1397		R. ficaria	bulbifera (Marsden-Jones) Lawalree		Buğdaycık	0	1055
1398		Aquilegia olympica Boiss.			Hasekiküpesi	0	
1399		Thalictrum foetidum L.			Maydanoz eğreltisi		
1400		Thalictrum foetidum L.,		minus	Delialan Madanozu	0	1811
1401		T. minus var. majus (Crantz) Crepin			Kaytaran		
1402		T. minus L.			Kaytaran	0	1497
1403	RESEDACEAE	Reseda lutea L.		lutea	Muhabbet çiçeği	0	
1404	RHAMNACEAE	Frangula alnus Miller	alnus		Barut ağacı	0	770
1405		Rhamnus imeretinus Booth.			Çat cehresi	0	532
1406		R. microcarpus Boiss.			Kaya cehresi	0	1310
1407		Hovenia dulcis Thunb.			Şeker ağacı	0	88
1408	ROSACEAE	Aruncus vulgaris Rafin			Hoşkeçisakalı	0	254
1409		Rubus uva-crispa L.			Bektaşi üzümü	0	425
1410		R. alpinum L.			Çalıçileği	0	425
1411		Sanicula europaea L.			Sanikel	0	
1412		Padus avium Miller			Kuş kirazı	0	
1413		Laurocerasus officinalis Roemer			Karayemiş	0	770
1414		Prunus x domestica L.			Erik	0	1621 (Köy içi)
1415		P. divaricata Ledeb.	divaricata		Yunus eriği	0	126
1416		Cerasus avium (L.) Moench			kiraz	0	738
1417		Cerasus mahleb (L.) Mill			Mahlep	0	423
1418		Persica vulgaris Miller			şeftali	0	180
1419		Filipendula ulmaria (L.) Maxim			Çayırkraliçesi	0	
1420		Rubus saxatilis L.			Köslek	0	1981
1421		Rubus canescens DC.			Çoban köstebeği	0	4,5
1422		R. idaeus L.			Ahududu	0	2643
1423		R. sanctus Schreber			Böğürtlen	0	76
1424		R. tereticaulis P. J. Mueller			Karantı	0	1800
1425		R. hirtus Waldst. & Kit			Tüntürük	0	18
1426		R. platyphyllos C. Koch			Siyah coh	0	364
1427		R. caucasicus Focke in Abh			Zarif böğürtlen	0	998
1428		Potentilla rupestris L.			Yaman parmakotu	0	52
1429		P. argentea L.			Gümüş parmakotu	0	2003
1430		P. lazica Boiss.			Laz parmakotu	0	270
1431		P. recta L.			Su parmakotu	0	2274
1432		P. ruprechtii Boiss.			Mis parmakotu	0	2506
1433		P. thuringiaca Bernh.			koç parmakotu	0	1340
1434		P. crantzii (Crantz) G. Beck		crantzii	Beş parmakotu	0	1705
1435		P. gelida C.A.Mey. (Sin.:Potentilla crantzii var. ternata (Blytt) Peşmen)			Buz parmakotu	0	275
1436		P. erecta (L.) Räuschel			Kurtpençesi	0	2360
1437		P. reptans L.			Reşatınotu	0	1600
1438		P. elatior Willd.			ak parmakotu	0	2700
1439		P. savvalensis B. Pawl.			köse parmakotu	1	2960
1440		P. doddsii Davis			Yayla parmakotu	0	2960
1441		P. micrantha Ramond			Cüce parnakotu	0	2960

1442		Fragaria vesca L.			Dağ çileği	0	322
1443		F. x ananassa Duchesne			çilek	0	260
1444		Sibbaldia parviflora		parviflora Willd.	Fındıkotu	0	2274
1445		S. parviflora		minor Boiss.	Fındıkotu	0	2670-2701
1446		Geum coccineum Sm.			Kızıl meryemotu	0	497
1447		G. urbanum L.			Meryemotu	0	497
1448		G. aleppicum Jacq.			Arapçiçeği	0	1886
1449		Agrimonia eupatoria L.			Fıtıkotu	0	254
1450		Sanguisorba minor	muricata (Spach) Briq.		Çayırdüğmesi	0	423
1451		Alchemilla sericea Willd.			Akpençe	0	1570
1452		A. rizensis B. Pawl.			Rize keltatı	1	236
1453		A. caucasica Buser			Kaf şebnemlisi	0	2700
1454		A. erythropoda Juz.			Al şebnemli	0	1872
1455		A. surculosa Fröhner			Dere keltatı	0	1020
1456		A. plicatissima Fröhner			Etekli pençe	0	2150
1457		A. stevenii Buser			Kaya keltatı	0	2360
1458		A. compactilis Juz.			Aslan pençesi	0	1570
1459		A. pseudocartalinica Juz.			Kartal Pençesi	0	2010
1460		A. ziganadagensis B. Pawl.			Zigana keltatı	1	2105
1461		A. hirtipedicellata Juz.			Kıllı pençe	0	2124
1462		A. mollis(Buser) Rothm.			Su keltatı	0	2627
1463		A. oriturcica Pawl.			Türk pençesi	0	1853
1464		A. barbatiflora Juz.			Aslan pençesi	0	2510
1465		A. stricta Rothm.			Şebnemli	0	1000
1466		A. transcaucasica Rothm.			Rize pençesi	0	2080
1467		A. retinervis Buser			Damarlı Keltat	0	1965
1468		A. ellenbergiana Rothm.			Çayır keltatı	0	1867
1469		A. hemsinica Kalheber			Hemşin keltatı	1	467
1470		A. elevitensis Kalheber			Yayla pençesi	1	2090
1471		A. cimilensis Kalheber			Cimil keltatı	1	2076
1472		A. ikizderensis Klaheber			Dere pençesi	1	2142
1473		A. kalkanderensis Kalheber			Keltat	1	236
1474		A. ancerensis Kalheber			Ancer pençesi	1	1930
1475		A. venosa Juz.			Otlak pençesi	0	2060
1476		Aphanes arvensis L.			Ters pençe	0	
1477		Aphenes minutiflora (Azn.) Holub. (Sin.:Alchemilla microcarpa Buser)			Tel pençe	0	
1478		Rosa mollis Sm. (sin.:Rosa villosa subsp. mollis (Sm.) Keller & Gams)			Cazı gülü	0	2050
1479		R. pulverulenta Bieb.			Bodur gül	0	1038
1480		R. boissieri Crép. (sin.:Ro montana subsp. woronowii (Lonacz.) Ö. Nilsson)			Has gül	0	0-100
1481		R. canina L.			Kuşburnu	0	23
1482		R. boissieri Crép. (sin.:Rosa dumalis subsp. boissieri var. boissieri (Crép.) Christ)			Has gül	0	1310
1483		Mespilus germanica L.			Muşmula	0	0-100
1484		Coteneaster integerrimus Medik.			Garagat	0	
1485		Crataegus monogyna Jacq.	monogyna		Yemişen	0	532
1486		C. microphylla C. Koch			Kocakarı armudu	0	1050
1487		Sorbus aucuparia L.			Kuş üvezi	0	1253
1488		S. subfusca (Ledeb.) Boiss.			Yayla üvezi	0	1998
1489		S. umbellata		cretica (Lindl.) Schneider	Geyik elması	0	1386
1490		S. torminalis (L.) Crantz		torminalis	pitlecen	0	1851
1491		S.caucasica		yaltirikii Gökşin	Dilburan	1	1950
1492		Malus sylvestris	mitis (Wallr.) Mansf.		Elma	0	1474
1493		Malus pumila Mill. Sin.: Malus domestica			Elma	0	23
1494		Pyrus domestica (Borkh.) Borkh.			Bey armudu	0	275
1495		Pyrus communis	communis L.		Bey armudu	0	180
1496		Amelanchier rotundifolia Dum.-Courset	İntegrifolia (Boiss & Hoken) Browicz		Tüylükaragöz	0	1950
1497		Cotoneaster integerrimus L. (Garagat)			Garagat	0	0-100
1498		Spirea margaritae (Keci sakalı)			Keci sakalı	0	111
1499		Eriobotria japonica (Thunb). Lindl. (Yenidünya)			Yenidünya	0	35
1500		Cydonia oblonga Mill.			Ayva	0	236
1501		Cydonia japonica (Japon ayvası)			Japon ayvası	0	111
1502		Crateagus monogyna Jacg (Yemişen)			Yemişen	0	411
1503		Eriobotrya arunsa				0	15
1504		Crategus sp. L.			Alıç	0	2360
1505		Spiraea japonica L			Keçi Sakalı	0	0-100
1506		Astrantia maxima	maxima Salisb.		Yıldızca	0	2080
1507	RUBIACEAE	Oldenlandia capensis		pleiosepala Bremekamp	Bataklıkotu	0	
1508		Galium rotundifolium L.			Koru yoğurtotu	0	425
1509		G. odoratum (L.) Scop.			Orman iplikçiği	0	336
1510		G. palustre L.			Su iplikçiği	0	13
1511		G. verum L.	verum		Boyalık	0	48
1512		G. album	prusense (C. A. Koch.)Ehrend.		Bursa iplikçiği	0	364
1513		G. fissurense Ehrend.			Yarık iplikçiği	1	270
1514		G. incanum Sm.	incanum		Külah iplikçiği	0	670
1515		G. incanum	elatius (Boiss.) Ehrend.		Gür iplikçik	0	1740
1516		G. spurium L.	spurium		Arsız iplikçik	0	1600
1517		G. tricornutum Dandy.			Havotu	0	2172
1518		G. divaricatum Pourr.			Kırk yoğurtotu	0	2142
1519		Cruciata laevipes Opiz			Sarılıkotu	0	
1520		C. taurica (Pallas ex Willd.) Ehrend.			Kırım güzeli	0	
1521		Rubia tinctorum L.			Kökboyası	0	493
1522		Sigesbeckia orientalis L.			Sarı Teçan	0	
1523	RUTACEAE	Citrus reticulata Blanco (Sin.:Citrus deliciosa Ten.)			Mandalina	0	7
1524		C. limon L.			Limon	0	7
1525		C. sinensis L.			Portakal	0	7
1526		C. reticulata Blanco (Sin..Citrus unshiu Marcow)			Mandalina	0	84
1527	SALICACEAE	Salix petandrioides A. Skv.			Dere Soyurganı	0	252
1528		S. alba L.			Aksöğüt	0	300
1529		S. babylonica L.			Salkım Söğüt	0	0-100
1530		Salix acmophyla Boiss.			Acem söğüdü	0	2150
1531		S. apoda Trautv.			Bodur söğüt	0	1977
1532		S. caucasica Andersson			Yayla söğüdü	0	2118
1533		S. caprea L.			Sorgun	0	1950
1534		S. rizeensis A. Güner			Rize Söğüdü	1	2076
1535		Populus alba L.			Akkavak	0	98
1536		Populus nigra L. (Kara Kavak)			Kara Kavak	0	3
1537		Populus tremula L.			Titrek kavak	0	2080
1538		Chamaerops humilis L.			Bodur palmiye	0	111
1539		Trachycarpus fortunei (Hooker) H. Wendl.			Yelpaze palmiyesi	0	
1540	SANTALACEAE	Thesium arvense Horvatovszky			Tezgüvelek	0	
1541	SAPINDACEAE (Sin.: ACERACEAE)	Acer heldreichii (Sin.. Acer trautvetteri Medw.)	trautvetteri (Medw.) A.E. Murray		Kafkas akçaağacı	0	1886
1542		Aesculus hippocastanum L. (Atkestanesi)			Atkestanesi	0	0-100
1543	SAXIFRAGACEAE	Saxifraga paniculata Miller	paniculata		Nasırlı taşkıran	0	187
1544	SAXIFRAGACEAE	Saxifraga paniculata Miller (Sin.: S. paniculata subsp. cartilaginea (Willd.)D.A.Webb.)	paniculata		Nasırlı taşkıran	0	187
1545		S. juniperifolia Adams			dağ taşkıranı	0	1705
1546		S. moschata Wulfen			Ak taşkıran	0	1705
1547		S. exarata Vill		exarata	Yivli taşkıran	0	2090
1548		S. exarata Vill. (Sin.: S. exarata var. adenophora (C. Koch) Engler)			Yivli taşkıran	0	2090
1549		S. sibirica	mollis (Sm.) Matthews		Hoş taşkıran	0	2445
1550		S. rotundifolia L.			benli taşkıran	0	2445
1551		S. cymbalaria L.			Sarı taşkıran	0	822
1552		S. cymbalaria L. (Sin.:Saxifraga cymbalaria var. huetiana (Boiss.) Engler & Irmscher)			Sarı taşkıran	0	822
1553		Chrysosplenıum dubium Gay			Çağançiçeği	0	
1554	SCROPHULARIACEAE	Verbascum speciosum Schrad.			Sığırkuyruğu		
1555		Verbascum oreophilum C. Koch,		oreophilum	Dağcısığır kuyruğu	1	2200
1556		V. blattaria L.			Tıtan sığırkuyruğu	0	2280
1557		V. pyramidatum Bieb.			Arsız Sığır Kuyruğu	0	2100
1558		V. thapsus L.			Burunca	0	670
1559		V. gnaphalodes Bieb.			Uslu Sığırkuyruğu	0	2064
1560		V. eriorhabdon Boiss.			Anzer Sığırkuyruğu	0	1290
1561		V. songaricum	subdecurrens Hub.-Mor.		Iraz sığırkuyruğu	1	18
1562		Scrophularia chrysantha Jaub.			Sarı Sıracaotu	0	2280

1563		S. kotschyana Bentham			Darbeotu	0	2510
1564		S. ilwensis C. Koch			Meşe Sıracası	0	2008
1565		S. capillaris Boiss.			Kıl Sıracaotu	1	2553
1566		S. scopolii hoppe		scopolii	Elköpürten	0	2274
1567		S. scopolii		adenocalyx Somm.	Elköpürten	0	2274
1568		S. nodosa L.			Tavuk Sıracası	0	2296
1569		S. olympica Boiss.			Ulu sıracaotu	0	2445
1570		S. cinerascens Boiss.			Gümüş sıracaotu	0	7
1571		S. canina	bicolor (Sm.) Greuter		İt sıracaotu	0	2510
1572		Lindernia procumbens (Krocker) Philcox			Kutuotu	0	
1573		Limosella aquatica L.			Çamurotu	0	
1574		Melampyrum arvense L.		arvense	İnek Buğdayı	0	2100
1575		M. arvense var. elatius Boiss.			İnek Buğdayı	0	2100
1576		Buddelja davidi			Kelebek çalısı	0	111
1577		Euphrasia manima Jacq. Ex DC			Gözlükkıran	0	2080
1578		E. pectinata Ten.			Gözotu	0	1570
1579		E. minima	davisii Yeo		Gözlük Kıran	0	1600
1580		E. petiolaris Wettst.			Mercan Gözü	0	1965
1581		E. lebardensis Kem.-Nath			Yamaç Gözotu	0	2090
1582		E. sevanensis Juz.			Dağ gözotu	0	2735
1583		E. amblyodonta Juz.			Kaçkar Gözotu	0	2000
1584		E. juzepczukii Denissova			Ağrı gözotu	0	2000
1585		Macrosyringion glutinosum (sin.:Odontites glutinosa)	(Bieb.) Bentham		Sarı gözotu	0	
1586		Parentucellia viscosa (L.) Caruel			Salgılı üçdilioty	0	732
1587		Pedicularis caucasica Bieb.			Kegerotu	0	1811
1588		P. pontica Boiss.			Şimal Bitotu	0	2100
1589		P. atropurpurea Nordm.			Zarif Bitotu	0	1740
1590		P. wilhelmsiana Fischer			Telekli Bitotu	0	2064
1591		P. condensata Bieb.			Kırk Bitotu	0	1705
1592		P. nordmanniana Bunge			Mevze otu	0	2090
1593		P. comosa		acmodonta (Boiss.) Boiss.	hotozlu bitotu	0	2323
1594		Rhinanthus angustifolius	grandiflorus (Wallr.) D.A. Webb.		Horozotu	0	2506
1595		Rhynchocorys elephas (L.) Griseb.	elephas		Filburnu	0	
1596		R. stricta (C. Koch) Albov			Hoş Filburnu	0	
1597		Lathraea squamaria L.			Gizliot	0	
1598		Rhamphicarpa medwedewii Albov			Şakşakotu	0	
1599		Vitex agnuscastus L.			Hayıt	0	60
1600		A. reptans L.			Meryem Saçı	0	322
1601		Paulownia tomentosa (Thunb.) Steud. (Tüylü mor çiçeği ağacı)					
1602	SELAGINELLACEAE	Selaginella helvetica (L.) Link			Selagin	0	128
1603	SIMAROUBACEAE	Ailanthus altissima (Miller) Swingle			Kokarağaç	0	128
1604	SMİLACACEAE (Sin.:LILIACEAE)	Smilax excelsa L.			Dikenucu	0	430
1605	SOLANACEAE	Solanum luteum (Sin.:Solanum nigrum L. subsp. nigrum)			Damar sirkeni	0	0-100
1606		Solanum decipiens (Sin.: S. nigrum subsp. schultesii) (Opiz) Wessely			Eceavlusu	0	83
1607		S. woronowii Pojark			İt üzümü	0	6
1608		S. luteum Miller			Dağmat Sirkeni	0	0-100
1609		S. dulcamara L.			Sofur	0	42
1610		S. tuberosum L.			Patates	0	2008
1611		Capsicum annuum L.			Biber	0	
1612		Lycopersicum esculentum Mill. (Domates)			Domates	0	23
1613		Physalıs alkekengi L.			Güveyfeneri	0	
1614		Atropa belladonna L.			Güzelavratotu	0	
1615		Datura stramonium L.			Boruçiçeği	0	
1616		Hyoscyamus niger L.			Banotu	0	1540
1617		Nicotiana tabacum L.			Tütün	0	
1618	STAPHYLEACEAE	Staphylea pinnata L.			Ağızlık çalısı	0	
1619	SRTURACACEAE	Styrax sp. L. (Ayıfındığı)			Ayıfındığı	0	7
1620	TAMARICACEAE	Tamarix tetrandra (Pembe Çiçekli Ilgın)			Pembe Çiçekli Ilgın	0	111
1621		Myricaria germanica (L.) Desv.			Harbakotu	0	
1622	TAXACEAE	Taxus baccata L.			Porsuk	0	1150
1623	THEACEAE	Camellia sinensis (L.) O. Kuntze			Çay	0	88
1624	THELYPTERIDACEAE	Phegopteris connectilis (Michx) Wutt			Papra	0	
1625	THYMELAEACEAE	Daphne mezereum L.			Kirkat	0	1570
1626	TYPHACEAE	Sparganium erectum L.	neglectum (Beeby) K. Richter		Şiritotu	0	
1627		Typha laxmannii Lepech.			Saz	0	2449
1628	ULMACEAE	Ulmus glabra Hudson			Dağ karaağacı	0	1144
1629		Ulmus densa Litv.			Gür karaağaç	0	7
1630		Ulmus canescens Melville			Karangiç	0	87
1631		U. minor	minor Miller		Ova karaağacı	0	1950
1632		Pterocarya pterocarpa (Sin.:Pterocarya fraxinifolia)	(Poiret) Spach		Yalankoz	0	
1633	URTICACEAE	Urtica dioica L.			Isırgan	0	2064
1634	VALERIANACEAE	Valeriana alliariifolia Adams			Pisot	0	822
1635		Valeriana officinalis L.			Kediotu	0	1930
1636		V. montana L.			Dağ kediotu	0	2051
1637		V. alpestris Stev.			Yayla kediotu	0	1740
1638		V. phu L.			Karabük kediotu	0	1705
1639		V. sisymbriifolia Vahl			İpar kediotu	0	2090
1640		Valerianella locusta (L.) Laterrade			Nazlı kuzugevreği	0	
1641		V. dentata (L.) Poll.			Dişli kuzugevreği	0	
1642	VERBENACEAE	Verbena officinalis L.			Mineçiçeği	0	
1643	VIOLACEAE	Viola odorata L.			Kokulu menekşe	0	180
1644		Viola suavis Bieb.			Akgöz menekşe	0	260
1645		V. alba	dehnhardtii (Ten.) Becker		Meşe Menekşesi	0	319
1646		V. rupestris F. W.			Ağrı menekşesi	0	1853
1647		V. reichenbachiana Jord.			Kayın Menekşesi	0	560
1648		V. sieheana Becker			Çayır menekşesi	0	254
1649		V. Altaica	oreades (Bieb.) Becker		Altay menekşesi	0	254
1650		V. parvula Tineo			Tüylü menekşe	0	254
1651		V. arvensis Murray			Tarla menekşesi	0	254
1652		V. tricolor L.			Hercai Menekşe	0	254
1653		P. vulgaris L.			Sütotu	0	
1654		P. alpestris Reichb.			Yayla Sütotu	0	
1655		A. serpyllifolia L.			Tarla Kumotu	0	
1656		Eremogone lychnidea Bieb. (Sin.: A. lychnidea Bieb.)			Topaç Kumotu	0	
1657	VITACEAE	Vitis sylvestris Gmelin			Deli asma	0	317
1658		V. vinifera L.			Asma	0	3
1659	XSANTHORRHOACEAE	Aloe barbadensis (Sarısabır)			Sarısabır	0	111
1660	ZOSTERACEAE	Zostera marina L.			Deniz Otu	0	
1661		L. clavatum L.			Göbektozu	0	1886
1662		L. tristachyum Pursh	chamaecyparissus		Kibrit otu	0	1886
1663		Huperzia selago (L.) Bernh (Sin.: Lycopodium selago L.)			Dik kibritotu	0	

Journal of Anatolian Environmental and Animal Sciences
(*Anadolu Çevre ve Hayvancılık Bilimleri Dergisi*)
DOI: https://doi.org/10.35229/jaes.1508808

JAES
Year: 9, No: 4, 2024 (558-569)
AÇEH
Yıl: 9, Sayı: 4, 2024 (558-569)

ARAŞTIRMA MAKALESİ RESEARCH PAPER

An Overview of the Impacts of Climate Change: Investigation of Precipitation, Temperature Anomaly and Effects on Water Resources in Turkey

Meral KORKMAZ*
Munzur Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü,62, Tunceli, Türkiye

Received: *02.07.2024* ***Accepted:*** *14.11.2024* ***Published:*** *31.12.2024*
How to cite: **Korkmaz, M. (2024).** An Overview of the Impacts of Climate Change: Investigation of Precipitation, Temperature Anomaly and Effects on Water Resources in Turkey. *J. Anatolian Env. and Anim. Sciences*, ***9***(4), 558-569. https://doi.org/10.35229/jaes.1508808
Atıf yapmak için: **Korkmaz, M. (2024).** İklim Değişikliğinin Etkilerine Genel Bir Bakış: Türkiye'de Yağış, Sıcaklık Anomalisi ve Su Kaynakları Üzerine Etkilerinin İncelenmesi. *Anadolu Çev. ve Hay. Dergisi*, ***9***(4), 558-569. https://doi.org/10.35229/jaes.1508808

*: https://orcid.org/0000-0001-5689-2560

***Corresponding author's:**
Meral KORKMAZ
Munzur University, Faculty of Engineering, Department of Civil Engineering, 62, Tunceli, Türkiye
✉: meralkorkmaz@munzur.edu.tr

Abstract: Climate change is a global issue that significantly impacts our daily lives and water resources. Understanding the complex relationship between climate change and water resources is vital for developing effective prevention and adaptation strategies. This study aims to investigate the impacts of climate change on water resources and emphasize the importance of this issue. Water is a finite resource, and its availability and quality have a direct impact on human well-being, agriculture, energy production and ecosystem health. However, climate change is altering the patterns and dynamics of precipitation, temperature and evaporation, leading to significant changes in the availability and distribution of water. Rising global temperatures are causing glaciers to melt, steadily reducing freshwater resources. As water scarcity becomes more widespread, competition for limited resources increases, potentially leading to conflict and social unrest. Given the importance of water resources and the decisive impact of climate change on their availability and quality, it is imperative that we understand this complex relationship in depth. This study aims to assess the socio-economic and environmental impacts of climate change on water resources. In conclusion, the impact of climate change on water resources cannot be overstated. This study examines the impacts of changing precipitation patterns and increasing temperatures caused by climate change on groundwater and surface water resources in Turkey. According to the results, the decrease in winter precipitation and increase in temperature exacerbate drought conditions, especially in the Mediterranean and Southeastern regions. Long-term satellite images of lakes, especially in the Mediterranean region, show a significant decrease. These changes lead to a decrease in groundwater and surface water resources and increase the risk of water scarcity.

Keywords: Climate change, precipitation, temprature, Türkiye, water resources.

İklim Değişikliğinin Etkilerine Genel Bir Bakış: Türkiye'de Yağış, Sıcaklık Anomalisi ve Su Kaynakları Üzerine Etkilerinin İncelenmesi

***Sorumlu yazar:**
Meral KORKMAZ
Munzur Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, 62, Tunceli, Türkiye
✉: meralkorkmaz@munzur.edu.tr

Öz: İklim değişikliği, günlük yaşamımızı ve su kaynklarımızı önemli ölçüde etkileyen küresel bir sorundur. İklim değişikliği ile su kaynakları arasındaki karmaşık ilişkiyi anlamak, etkili önleme ve adapte stratejileri geliştirmek açısından hayati önem taşımaktadır. Bu çalışma, iklim değişikliğinin su kaynakları üzerindeki etkilerini araştırmayı ve bu konunun önemini vurgulamayı amaçlamaktadır. Su, sınırlı bir kaynaktır ve erişilebilirliği ile kalitesi insan refahı, tarım, enerji üretimi ve ekosistem sağlığı üzerinde doğrudan etki etmektedir. Ancak, iklim değişikliği yağış, sıcaklık ve buharlaşma desenlerini ve dinamiklerini değiştirerek suyun erişilebilirliği ve dağılımında önemli değişikliklere yol açmaktadır. Küresel sıcaklıkların artması, buzulların erimesine yol açarak tatlı su kaynaklarını sürekli olarak azaltmaktadır. Su kıtlığı daha yaygın hale geldikçe, sınırlı kaynaklar için rekabet artmakta ve potansiyel olarak çatışmalara ve sosyal huzursuzluğa yol açmaktadır. Su kaynaklarının önemi ve iklim değişikliğinin erişilebilirliği ile kalitesi üzerindeki kesin etkisi göz önüne alındığında, bu karmaşık ilişkiyi derinlemesine anlamamız kaçınılmazdır. Bu çalışma, iklim değişikliğinin su kaynakları üzerindeki sosyo-ekonomik ve çevresel etkilerini değerlendirmeyi amaçlamaktadır. Sonuç olarak, iklim değişikliğinin su kaynakları üzerindeki etkisi abartılamaz. Bu çalışma, Türkiye'de iklim değişikliğinin neden olduğu değişen yağış desenleri ve artan sıcaklıkların yeraltı ve yüzey su kaynakları üzerindeki etkilerini incelemektedir. Araştırma sonuçlarına göre, kış yağışlarında azalma ve sıcaklık artışı, özellikle Akdeniz ve Güneydoğu bölgelerinde kuraklık koşullarını şiddetlendirmektedir. Özellikle Akdeniz bölgesindeki göllerin uzun dönem uydu görüntüleri incelendiğinde ciddi anlamda azalma görülmektedir. Bu değişimler, yeraltı ve yüzey su kaynaklarının azalmasına ve su kıtlığı riskinin artmasına yol açmaktadır.

Anahtar kelimeler: İklim değişikliği, yağış, sıcaklık, Türkiye, su kaynakları.

INTRODUCTION

In recent years, the direct and indirect effects of global climate change are being felt around the planet, with many of these impacts concentrating on our water resources. Climate change goes beyond mere increases in temperature and changes in the severity of weather events, deeply marking the hydrological cycle through alterations in precipitation patterns, evaporation rates, and snowmelt. These changes affect a wide range of water resources from river flow regimes to groundwater levels, and from drinking water supply to agricultural irrigation needs. Water security is already a serious issue for millions of people worldwide, and climate change exacerbates these existing problems and creates new challenges.

Climate change refers to the long-term changes in average weather conditions on Earth (Karaman & Gökalp, 2010). These changes are assessed over long periods, typically decades or longer. The current climate change refers to the changes that have been occurring since the early 1900s. Predominantly, modern climate change stems from human activities such as the burning of fossil fuels and deforestation (Partigöç & Soğancı, 2019; Frederick & Major, 1997). According to Arnell (1999), climate change, a term that has become widespread in recent years, refers to the long-term changes in temperature and typical weather conditions in a specific region or across the entire planet. This phenomenon primarily originates from human activities that release greenhouse gases into the atmosphere, leading to various harmful environmental consequences. These activities emit greenhouse gases that trap heat in the atmosphere, causing the planet to warm to dangerous levels (Arnell, 1999; Şahin et al., 2015). In this context, climate change, which is a very significant phenomenon today, will be presented in this section of the study in terms of its causes, impacts, and possible consequences, and will be assessed from a literature perspective.

Climate change represents long-term changes in weather conditions and patterns worldwide (İclal, 2021). This primarily arises from the increased levels of atmospheric carbon dioxide produced by the burning of fossil fuels. A review of the literature has identified many causes for the emergence of climate change (İclal, 2021; Yılmaz & Navruz, 2019; Zaimoğlu, 2019; Demir, 2009; Şen, 2005; Doğan & Tüzer, 2011; Tuğaç, 2014):

Burning coal, oil, and natural gas releases carbon dioxide and other greenhouse gases into the atmosphere. These gases trap heat from the sun, causing the planet to warm over time. More emissions mean more warming. Globally, as well as in Turkey, the energy sector is the most significant source of greenhouse gas emissions, with this sector's emissions comprising a large portion of the country's total greenhouse gas emissions. Turkey's total greenhouse gas emissions in 2016 showed an increase of 135.4% compared to 1990, calculated as a total of 496.1 Mt CO_2 equivalent. Although Turkey's share of CO_2 emissions is small compared to the global total, as a developing country, it bears significant responsibilities in managing its emissions and transitioning to sustainable energy sources. In this context, the rising trend of emissions in Turkey and the control of this increase will play a critical role in achieving national and global climate targets (Çapar, 2019).

Deforestation contributes to climate change. Trees absorb and store carbon dioxide from the atmosphere. When they are cut down and either burned or left to decay, the stored carbon is released back into the air. Fewer trees mean more accumulation of carbon dioxide. As the human population grows and countries develop, the demand for electricity and transportation also increases. Increased energy demand generally means more burning of fossil fuels, which leads to higher emissions. In summary, human activities such as burning fossil fuels, deforestation, agriculture, and waste production cause an increase in atmospheric greenhouse gas concentrations. This enhances the natural greenhouse effect, leading to higher global temperatures and altering climate patterns worldwide. It can be argued that there is an urgent need for action to reduce emissions and mitigate climate change (Shukla et al., 1990).

Climate change is linked to climatological variables such as temperature and precipitation, causing changes in these factors. These changes lead to excessive rainfall in some regions, droughts in others, and reductions in snow masses, resulting in water scarcity. Climate change continues to have far-reaching impacts on global living conditions (Yılmaz & Navruz, 2019). From increasing global temperatures to extreme weather events, the effects of climate change are becoming more pronounced each day (Köle, 2012). This section of the study will evaluate the impacts of climate change.

One significant consequence of climate change is the rising global sea levels. As the world warms, sea ice melts, oceans expand and warm up. This leads to higher sea levels, causing coastal flooding and erosion, displacing millions of people, and threatening coastal properties and infrastructure. Many islands and coastal cities are already experiencing the detrimental effects of rising sea levels (Öztürk, 2002; Demircan, 2022).

Another significant result of climate change is the increased frequency and intensity of extreme weather events. As the climate continues to change, heatwaves, droughts, wildfires, hurricanes, and severe rainfall events are becoming more intense and more common. These extreme weather events can lead to loss of life, and damage to agriculture, property, and the environment. Some extreme weather events, like hurricanes, can disrupt lives significantly and cause long-term damage (Gleick, 1989; Şahin et al., 2019).

Turkey has substantial water resources that are strategic due to regional water scarcity. Despite considerable efforts in resource planning and development since the mid-20th century, less than half of the potential has been developed. Rapid population growth and expanding agricultural and industrial demands are putting pressure on both the quantity and quality of these resources (Bayazit & Avci, 1997). A comprehensive review of Turkey's water resources reveals key issues including the physical characteristics that shape water resources, usage patterns (domestic, agricultural, hydroelectric), and challenges such as river basin management, legal frameworks, and sustainability concerns (Harmancioglu & Altinbilek, 2020). Evaluation of water resources potential and management practices highlights the need for better management to address challenges related to distribution and sustainability of water resources in Turkey. Critical concerns include the effects of global warming, ancient water works, transboundary basins, and future water needs and management strategies (Selek & Aksu, 2019).

Water is one of the most important natural resources on Earth (Bayraç & Doğan, 2016). All living organisms require water to survive, making the availability of clean and fresh water essential for sustaining life (Çakmak & Gökalp, 2011). It is also necessary for supporting agriculture and food production. The agricultural industry, encompassing irrigation, crop cultivation, industry, energy production, and livestock, critically depends on water. Without adequate water resources, it would not be possible to produce enough food to feed the world's population (Frederick & Major, 1997; İclal, 2021). According to Melese (2016), water resources are crucial as they are the main source of drinking water essential for human health and survival. Wetlands, rivers, ponds, lakes, and oceans provide vital habitats for fish, waterfowl, and countless other species. The conservation of water ecosystems helps prevent the loss of biological diversity (İclal, 2021; Frederick & Major, 1997; Haddeland et al., 2014; Demircan, 2022).

Groundwater resources are critical during drought processes, as they respond to climate changes more slowly than surface water systems. In Turkey, declining trends of groundwater levels in Central Anatolia are closely associated with increasing drought events, reflecting the regional impacts of climate change. Research indicates that spring recharge of many aquifers around the world has shifted towards winter and summer recharge has decreased significantly. These changes show the impacts of climate change on both the quantity and quality of groundwater resources (Şen, 2022).

Turkey's geographical diversity and climatic conditions pose unique challenges for water resources. As the country lies at the intersection of both continental and maritime climatic influences, rainfall and evaporation rates vary greatly from region to region. Most of Turkey's water resources are used for agricultural irrigation, drinking water supply and industrial use. However, factors such as climate change, population growth and urban sprawl put pressure on water resources. Drought periods, especially in the Southeastern Anatolia Region and increasing temperatures in the Mediterranean Region increase water stress and fuel competition for water resources. In combating the impacts of climate change, Turkey's water policies integrate adaptation and mitigation strategies and thus develop long-term plans to protect water resources. These strategies are critical for the protection and management of water resources at both local and national levels. In this process, various scientific research and technological developments are also influential in shaping water management policies (Aktaş, 2014); (Ertürk et al., 2014).

Climate is defined by the average and variability of meteorological elements like temperature, humidity, atmospheric pressure, wind, and precipitation over a long period in a given area. Factors such as latitude, elevation, and proximity to oceans significantly shape a region's climate by influencing these elements. For example, latitude affects solar radiation received, elevation impacts atmospheric pressure and temperature, and proximity to oceans moderates temperature fluctuations and increases moisture availability. These factors collectively define the climatic conditions of a region over time (Flannigan & Wotton, 2001); (Bonacina, 1923).

Climate change significantly impacts water quality by enhancing pollution, increasing salinization, and altering the ecological status of water bodies. These changes necessitate improved management practices and adaptation strategies to safeguard water resources for ecological, agricultural, and human needs. The comprehensive management of water resources is crucial for mitigating the adverse effects of climate change on water quality.

Both drought and floods have significant impacts on water quality. Drought can lead to the concentration of pollutants in water sources, while floods can result in the spread of contaminants and pathogens. This poses a risk to the health and well-being of many people, especially those living in developing countries where access to clean water is already limited (Şen, 2013; Şen, 2005). Climate change also has a significant impact on aquatic ecosystems. Drought can cause rivers and lakes to dry up, leading to habitat and biodiversity loss. Floods, on the other hand, can result in habitat destruction and the displacement of wildlife (Bayraç & Doğan, 2016). Overall, it can be said that climate change has a profound impact on water resources worldwide. The increasing frequency and severity of droughts and floods affect the availability and quality of water, endangering the health and well-being of millions of people and causing serious damage to ecosystems and biodiversity. At this point,

it becomes imperative to take action to mitigate the effects of climate change and to ensure the transfer of water resources to future generations (Taşkın et al., 2022; Partigöç & Soğancı, 2019).

Climate change significantly affects water resources globally, and Turkey, with its geographical and climatic diversity, faces particular challenges. The impact of climate change on Turkey's water resources is increasingly evident, influencing temperature, precipitation, and ultimately the availability of water across different regions. Studies indicate that Turkey, located in the Mediterranean Basin, is experiencing changes in temperature and precipitation patterns due to climate change, which directly affects water resources. Notably, an increase in temperature and variability in precipitation has been observed, leading to water scarcity in some areas and flooding in others (Aktaş, 2014). Climate change affects hydrological cycles in Turkey, necessitating updated water management strategies to cope with decreased river flows and reservoir levels, and increased incidence of droughts and floods. These changes demand a reevaluation of water resource management and infrastructure to ensure sustainability and resilience (Yılmaz & Yazicigil, 2011). Effective governance and policy frameworks are critical in managing the impacts of climate change on water resources. Turkey has been urged to enhance its water management policies, focusing on both mitigation strategies and adaptation measures to better handle the expected changes and to safeguard water resources for future generations (Yılmaz & Imteaz, 2014).

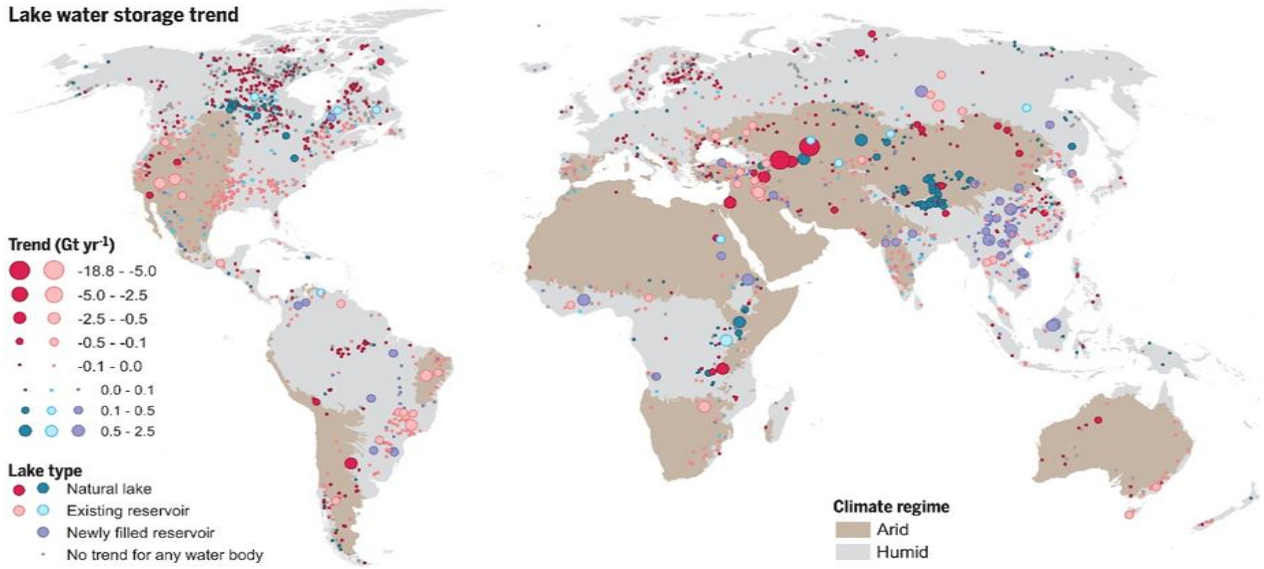


Figure 1. Extensive decrease in water storage in large global lakes from October 1992 to September 2020 (Yao etc., 2023).

Yao et al. have studied the global lake water storage (LWS) using satellite observations and investigated the trends and causes of changes in lake volumes worldwide. In their study, they identified a widespread decline in global lake water storage over the past 28 years. They observed significant water losses in more than half of the large lakes (53% ± 2%) ($p < 0.1$) (Figure 1). This paper analyzes the changes in water storage of 1,972 large lakes around the world during the period 1992-2020 using three decades of satellite observations, climate data, and hydrological models. The results reveal statistically significant declines in water storage in 53% of the lakes studied. The main causes of water volume declines in natural lakes include climate warming, increased evaporation demand, and human water consumption. Reservoir water losses were found to be mostly due to sedimentation. Additionally, it is estimated that approximately one-quarter of the world's population lives in a drying lake basin. These findings emphasize the need to consider the effects of climate change and sedimentation for the sustainable management of water resources. The study is highly significant for a detailed analysis of natural and human-induced variables that have important impacts on the global water cycle and freshwater resource management (Yao et al., 2023).

Yao et al. also studied the global lake water storage in Turkey using satellite observations and examined changes in lake volumes worldwide. The results reveal statistically significant declines in water storage in 53% of the lakes studied. The main causes of water volume declines in natural lakes include climate warming, increased evaporation demand, and human water consumption. Reservoir water losses were found to be mostly due to sedimentation. Additionally, it is estimated that approximately one-quarter of the world's population lives in a drying lake basin. These findings emphasize the need to consider the effects of climate change and sedimentation for the sustainable management of water resources. The study is highly significant for a detailed analysis of natural and human-induced variables that have

important impacts on the global water cycle and freshwater resource management. The study also indicates that Turkey, except for the Black Sea region, falls within the arid zone (Yao et al., 2023).

The research by Doğrul and Alkan (2022), which examines the water loss in lakes and dams in Turkey as a result of climate change using remote sensing technology, is an important contribution to the existing literature. Using multi-temporal satellite imagery, the researchers documented the changes in different water bodies such as Lake Duden, Gölköy Reservoir, Bademli Reservoir and Lake Burdur. In particular, the calculation of the surface areas of these lakes between 2011, 2015 and 2021 with Google Earth software and the comparison of the measurements obtained with SPI data is remarkable in terms of the methods used to determine the decreases in water resources (Doğrul & Alkan, 2022). This study is considered as a critical reference in understanding the impacts of climate change on water resources and demonstrating the potential uses of satellite technology.

MATERIAL AND METHOD

Study Area: Turkey's annual average rainfall is approximately 574 mm, with a total annual precipitation amount reaching 450 billion cubic meters. The country's surface area has been calculated to be 783,577 km². The annual surface runoff has been determined to be 186 billion cubic meters, with 94 billion cubic meters of this water identified as usable surface water. In terms of groundwater, the annual extractable amount has been determined to be 18 billion cubic meters. In total, surface and groundwater together provide a usable water potential of 112 billion cubic meters (Table 1).

Table 1. Turkey's water resources potential (DSİ, 2022).

Water Resources Potential	Value	Unit
Annual average rainfall	574	mm/year
Area of Turkey	783,577	km²
Annual rainfall amount	450	billion m³
Surface Water		
Annual surface runoff	186	billion m³
Usable surface water	94	billion m³
Groundwater		
Annual extractable groundwater	18	billion m³
Total Usable Water (surface + groundwater)	112	billion m³
Development Status		
Irrigation Water	44	billion m³
Drinking, Usage, and Industrial Water	13	billion m³
Total Used Water	57	billion m³

Turkey's geographical diversity and climatic conditions present unique challenges for its water resources. Positioned at the intersection of continental and maritime climate influences, the country experiences significant regional variations in precipitation and evaporation rates. A large portion of Turkey's water resources are used for agricultural irrigation, drinking water supply, and industrial use. However, factors such as climate change, population growth, and urban sprawl exert pressure on these resources. Particularly, the Southeastern Anatolia Region experiences periods of drought, and rising temperatures in the Mediterranean Region exacerbate water stress, fueling competition over water resources. In the fight against the impacts of climate change, Turkey's water policies integrate adaptation and mitigation strategies, thereby developing long-term plans to protect water resources. These strategies are critical for the preservation and management of water resources at both local and national levels. During this process, various scientific research and technological advancements also play a significant role in shaping water management policies (Aktaş, 2014; Ertürk et al., 2014).

Figure 2. Map of water resources in Türkiye.

In Figure 2, the water resources in Turkey are shown. Turkey hosts 25 distinct river basins, each with its own characteristics. Most of these rivers originate within Turkey's borders and flow into the seas around Turkey. Among the longest rivers in the country are the Kızılırmak (1151 km), Sakarya (824 km), Büyük Menderes (584 km), Seyhan (560 km), Yeşilırmak (519 km), Ceyhan (509 km), Gediz (275 km), and Küçük Menderes (129 km). The Orontes (88 km in Turkey) and Maritsa (187 km in Turkey) rivers originate in foreign countries and reach the coasts of Turkey. The variability of precipitation across seasons and regions in Turkey causes annual fluctuations in the flow and speed of these rivers. The steep gradients of river beds provide great potential for hydroelectric power production, yet these same gradients make river navigation challenging.

Turkey is home to 320 natural lakes, many of which are subject to seasonal variations. The largest lakes include Lake Van (3713 km²), Lake Tuz (1300 km²), Beyşehir Lake (656 km²), and Eğirdir Lake (482 km²). There are 861 operational dams in Turkey. The largest by surface area include the Atatürk Dam (817 km²), Keban Dam (675 km²), Ilısu Dam (313 km²), Karakaya Dam (268 km²), and Hirfanlı Dam (263 km²) (DSİ, 2024).

Table 2. Annual Groundwater Potential by Basins, 2013-2022 (DSİ, 2022).

Basin No	Basin Name	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
		Groundwater Recharge (hm³/year)									
1	Meriç-Ergene	508	508	508	508	508	508	508	508	508	508
2	Marmara	242	242	242	242	242	242	242	242	242	242
3	Susurluk	740	780	780	780	780	780	780	780	780	780
4	Kuzey Ege	289	289	289	289	289	289	289	289	289	289
5	Gediz	555	555	1156	1156	1156	1156	1156	1156	1156	1156
6	Küçük Menderes	179	179	179	179	179	179	179	179	179	179
7	Büyük Menderes	1045	1045	1045	1045	1045	1045	1045	1045	1045	1045
8	Batı Akdeniz	473	473	473	473	473	473	473	473	473	473
9	Antalya	1093	1093	1165	1165	1165	1165	1165	1165	1165	1165
10	Burdur Göller	106	106	106	106	106	106	106	106	106	106
11	Akarçay	188	345	345	345	345	345	345	345	345	345
12	Sakarya	2197	2197	2197	2197	2197	2197	2197	2197	2197	2197
13	Batı Karadeniz	442	442	641	641	641	641	641	641	641	641
14	Yeşilırmak	907	907	907	907	907	907	907	907	907	907
15	Kızılırmak	2003	2003	2003	2003	2003	2003	2003	2003	2003	2003
16	Konya Kapalı	2525	2525	2597	2597	2597	2597	2597	2597	2597	2597
17	Doğu Akdeniz	97	97	97	97	97	97	97	97	97	97
18	Seyhan	839	839	839	839	839	839	839	839	839	839
19	Asi	393	393	393	393	393	393	393	393	393	393
20	Ceyhan	985	985	985	985	985	985	985	985	985	985
21	Fırat - Dicle	4737	4737	4995	4995	4995	4995	4995	4995	4995	4995
22	Doğu Karadeniz	491	491	491	491	491	491	491	491	491	491
23	Çoruh	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30
24	Aras	304	406	389	389	389	389	389	389	389	389
25	Van Gölü	179	179	179	179	179	179	179	179	179	179
Total		**21548**	**21848**	**23032**	**23032**	**23032**	**23032**	**23032**	**23032**	**23032**	**23032**

Table 2 shows the annual renewable groundwater potential (hm³/year) in different basins in Turkey between 2013 and 2022. Understanding how the potential of groundwater resources in various regions of Turkey has changed over the years is critical for sustainable water management. The table includes both basins that have remained stable and those that have shown marked changes, indicating that changes on water resources are regionally differentiated.

According to the data in the table, significant increases have been observed in some basins over the years. For example, while groundwater potential in Gediz Basin was 555 hm³ in 2013 and 2014, it increased to 1156 hm³ as of 2015.

Euphrates-Tigris, Konya Closed and Kızılırmak basins stand out as the basins with the highest groundwater potential in Turkey. Euphrates-Tigris Basin has a potential between 4737-4995 hm³ from 2013 to 2022. In Konya Closed Basin, this value is between 2525-2597 hm³ and it is one of the largest basins of Turkey and has strategic importance in terms of groundwater. Kızılırmak Basin also offers a high potential with 2003 hm³.

Turkey's total groundwater potential increased from 21,548 hm³ in 2013 to 23,032 hm³ by 2022. When the observed increase in Turkey's total groundwater potential from 2013 to 2022 is evaluated together with the increasing population and demand pressure on water resources, it is necessary to determine the impacts on future water resources. Especially the fluctuations observed in the population growth rate between 2007 and 2023 in the TUİK database once again reveals the importance of population growth on water resources. Considering the increase in population, it emphasises the necessity of long-

term management of groundwater potential and precautions.

This study emphasises the importance of monitoring Turkey's water resources on a regional and annual basis. Especially the protection of basins with high potential will play a critical role in adaptation to climate change impacts.

Research Methods and Dataset: For this study, meteorological data such as temperature and precipitation have been sourced from the Turkish State Meteorological Service (MGM) and various international climate databases. This information is crucial for understanding the climatic trends across different regions of Turkey. Additionally, data on surface and groundwater levels, as well as flow regimes, have been obtained from the State Hydraulic Works (DSİ).

The collected data were analyzed to assess long-term climatic and hydrological trends. This involved a detailed examination of the tendencies in the meteorological variables and their impact on water resources. The methodology employed includes both statistical analysis to identify trends and anomalies in the climate data and hydrological assessments to evaluate changes in water regimes.

Furthermore, remote sensing technologies and satellite imagery have been utilized to gather data on water coverage and land use changes. This data has been processed and analyzed using ArcGIS software, allowing for precise mapping and analysis of spatial and temporal changes in water resources and land use patterns.

This comprehensive approach ensures a robust analysis of the impacts of climate change on Turkey's water resources, providing valuable insights into the regional variations and trends over time.

Describe the geographical location and characteristics of the study area in Turkey, focusing on its climatic conditions, hydrological features, and relevant environmental aspects.

RESULTS AND DISCUSSION

Investigation of the Effects of Climate Change on Temperature and Precipitation

Detailed Analysis of Temperature: Studies on temperature trends and climate change in Turkey show a clear warming trend, especially in the last half century. The figure 3 shows Turkey's annual average temperature values between 1971 and 2023 in order (MGM, 2024). The horizontal axis of the graph shows years and the vertical axis shows temperature values (°C). On the far left, the red bar for 2023 shows the highest annual average temperature with a value of 15.1 °C. This is the most striking element of the visual. Another red bar representing the average between 1991 and 2020 is marked with 13.9°C. This represents the long-term average temperature and indicates that 2023 is significantly higher than this average.

This ranking illustrates the temperature increase in Turkey and clearly shows how temperature values have changed in recent years. In particular, the year 2023 seems to have set a record with a temperature well above the long-term average.

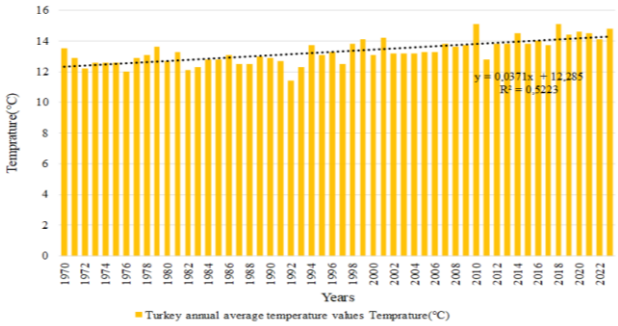


Figure 3. Annual average temperature data obtained from 239 major climate stations across Turkey from 1970 to 2023.

Figure 3 shows how the annual average temperature data from 239 major climate stations across Turkey changed between 1970 and 2023 (MGM, 2024). The horizontal axis shows years and the vertical axis shows temperature values (°C). The red line in the graph represents Turkey's annual average temperature and the blue line represents the periodic trend (linear regression line) of these values. Equation of the trend line y=0.0372x+12.285. This means that there is a positive slope (0.037) indicating that temperature values increase as the years progress. In other words, Turkey's average temperature has increased by about 0.037°C every year. The graph shows a significant temperature increase especially since the 1980s. The fluctuations in temperature values in recent years are also noteworthy; these fluctuations may be due to seasonal effects, natural climate events or other environmental factors. In conclusion, the graph shows that temperatures in Turkey have been on an upward trend in the long term and this trend has become more pronounced in recent years.

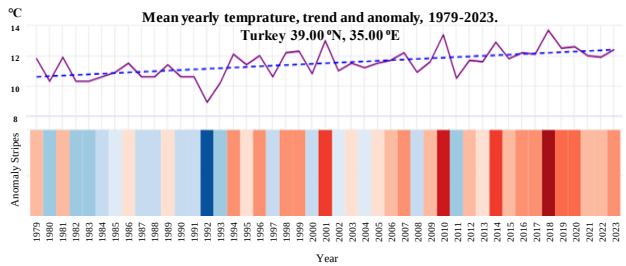


Figure 4. Mean yearly temperature, trend and anomaly, 1979-2023.

Figure 4 shows the average annual temperatures, temperature trend, and anomalies in Turkey from 1979 to

2023 (Meteoblue, 2024). Upon examining the graph, it is evident that the trend of annual average temperatures has increased over time. Analyzing the annual temperature anomalies, the blue bars indicate years below the average temperature, while the red bars indicate years above the average temperature. In recent years, particularly after 2010, there has been a general upward trend in temperature anomalies. This increase in temperature anomalies can be attributed to the effects of climate change.

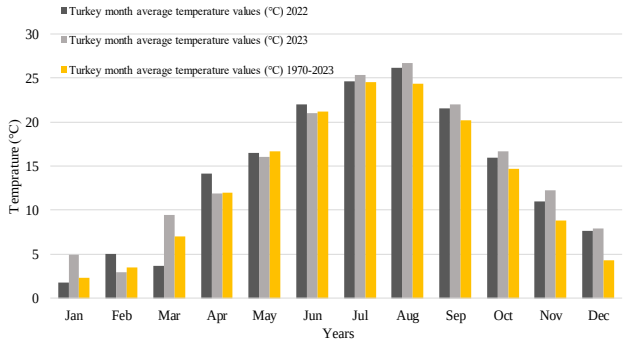


Figure 5. Comparison of the average temperature values of Turkey in 2023 and 2022 with the long-term average between 1991-2020.

Figure 5 shows that when examining the monthly average temperature values for the years 2023 and 2022 in Turkey, higher temperatures are observed compared to the long-term average from 1970 to 2023. The temperature differences are particularly more pronounced during the summer months and in May, the last month of spring. July exhibits the highest temperature increase. These temperature rises demonstrate the effects of climate change, indicating long-term changes.

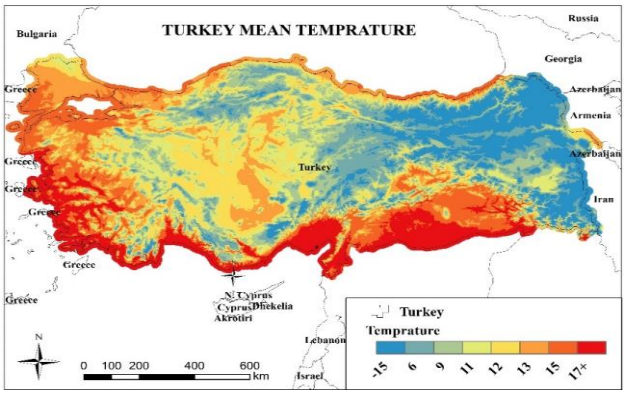


Figure 6. Turkey's average temperature distribution between 1970-2023.

Figure 6 shows the average temperature distribution of Turkey between 1970 and 2023. The southern and southwestern regions, especially the Mediterranean coast, have higher temperatures (shades of red and orange), while the eastern regions and the northeastern highlands have lower temperatures (shades of blue). The Mediterranean region, showing high temperatures (shades of red), is generally recognized as one of the hottest regions of Turkey. Central Anatolia and Eastern Anatolia have colder temperatures (shades of green and blue), especially in high altitude areas. The Black Sea Region, on the other hand, is in the middle temperature range (shades of green) and exhibits temperate climate characteristics due to both the sea effect and high humidity.

In conclusion, the average temperature in Turkey for the year 2023 was 15.1°C, which is 1.2°C above the 1991-2020 average of 13.9°C. Since 2007, there have been positive temperature anomalies in Turkey's average temperatures, except for the year 2011. The average temperatures for 2023 have been above the long-term averages.

Detailed Analysis of Precipitation: Approximately 40% of the annual total precipitation in Turkey occurs in winter, 27% in spring, 10% in summer, and 23% in autumn, with regional variations. Changes in winter and spring precipitation significantly impact water quantities. The precipitation patterns during these seasons are crucial for the continuity of water resources. Long-term precipitation data across Turkey indicate significant decreases in winter precipitation. There are slight, non-significant increases in precipitation during spring and autumn, with regional differences. It is well-known that prolonged droughts over the past 20-30 years have greatly affected water resources in Turkey (Demir et al., 2008). Therefore, understanding and examining precipitation trends is vital when conducting studies related to climate change.

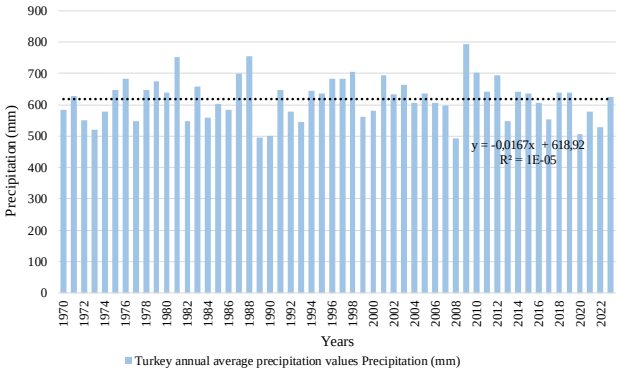


Figure 7. The annual average precipitation data from 224 major climate stations across Turkey changed between 1970-2023.

Figure 7 shows the distribution and trend of the annual total precipitation amounts obtained from 224 major climate stations across Turkey from 1970 to 2023. It is observed that precipitation amounts have fluctuated since 1970. Some years have seen significantly high precipitation (e.g., 1974, 1981, 1998, and 2010), while others have experienced notably low precipitation (e.g., 2001, 2007, and 2014).

The precipitation trend equation is given as $y = -0.0592x + 620.64$. This indicates that, on average, precipitation amounts decrease by 0.0592 mm each year, and this negative slope shows a decline in Turkey's long-

term precipitation trend. This trend could be particularly concerning for sectors such as water resource management and agriculture. Decreasing precipitation amounts may require additional measures in regions experiencing increased water stress. Furthermore, these data should be considered when developing climate change mitigation and adaptation strategies.

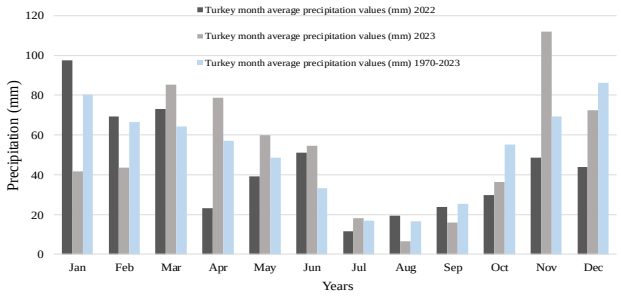


Figure 8. Compares Turkey's monthly avarage precipitation amounts for the year 2023 with those of 2022 and the long-term average from 1970 to 2023.

Figure 8 compares Turkey's monthly total precipitation amounts for 2023 with the long-term average between 2022 and 1970-2023. When the graph is examined, it is seen that 2023 received higher rainfall in March, April and May compared to 2022. However, it has become clear that the precipitation in 2023, especially in June and August, will be lower than both 2022 and the long-term average. It is noteworthy that the precipitation in September 2023 is significantly higher, well above the long-term average. These data are important to observe the effects of climate change on precipitation distribution. Additionally, it is among the variables that should be taken into account when planning in areas such as water resources management, agriculture and urban planning.

Figure 9. Turkey's average precipitation distribution between 1970-2023.

Figure 9 shows the annual total precipitation distribution according to geographical regions of Turkey between 1970-2023. The color scale expresses the total amount of precipitation in each region in mm, with increasing precipitation amounts from light green to dark green. It reflects the typically humid and rainy climate of the Black Sea. Central Anatolia and Southeastern Anatolia regions are shown in lighter shades of green. These regions are generally drier and annual rainfall is less. The Aegean and Mediterranean coasts also appear with dark green tones, indicating that these regions receive high rainfall. However, the amount of precipitation decreases as you move inland. Such data is of great importance for the development of water management strategies and the planning of rainfall-dependent agricultural activities, especially in the central and southeastern regions where water resources are scarce.

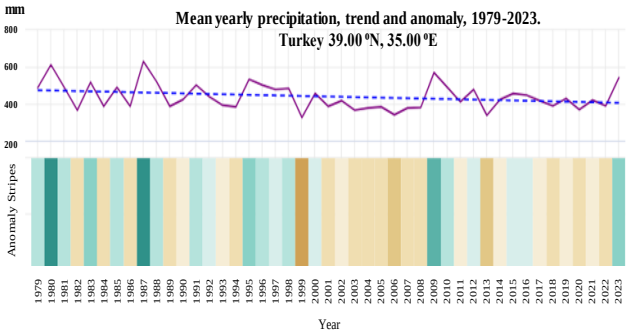


Figure 10. Mean yearly precipitation, trend and anomaly, 1979-2023.

Figure 10 shows Turkey's average annual precipitation, precipitation trend and anomalies from 1979 to 2023. When the graph is examined, it is seen that the annual average precipitation trend decreases over time. It can be said that this decrease in precipitation anomaly is the effects of climate change.

As a result, the areal average precipitation in 2023 was 641.5 mm, approximately 12% above the long-term average (1991-2020 period) of 573.4 mm.

Lake Boundary Changes Under Climate Change in Turkey: The effects of climate change on lake areas in Turkey over the years were analysed using satellite images. Within the area of the study, the boundary changes of Salda, Burdur, Beyşehir, Eğridir, İznik, Hazar, Gölbaşı, İnekli and Azaplı lakes in Turkey were analysed by comparing satellite images of 1988 and 2024. This analysis reveals the potential consequences of the decreases in lake water levels caused by climate change on ecosystem, agriculture and economic activities. On the map, the lake boundaries of 2024 are shown with blue lines, while the boundaries of 1988 are shown with red lines.

The boundaries of Salda, Iznik and Hazar Lakes, which were examined within the scope of this study, have changed over the years, revealing the significant changes observed in the lake surface areas. It was observed that there was no change in the boundaries of Iznik and Hazar Lake. In Salda lakes, the maps of 1988 and 2024 show the shrinkage in the boundaries of the lakes in detail. The fact that the boundaries of Salda Lake in 2024 are narrower compared to previous years shows that there is a decrease in water level due to climate change-related factors such as

increased evaporation rates and decreased precipitation. This indicates that the amount of water in the lake is decreasing over time and that this change is potentially due to climate change. At the same time, this also indicates a decline in the water resources of the Mediterranean region.

(a)

(b)

(c)

Figure 11.a.b.c. Satellite views of Salda, Hazar and İznik lakes in 1988 and 2024.

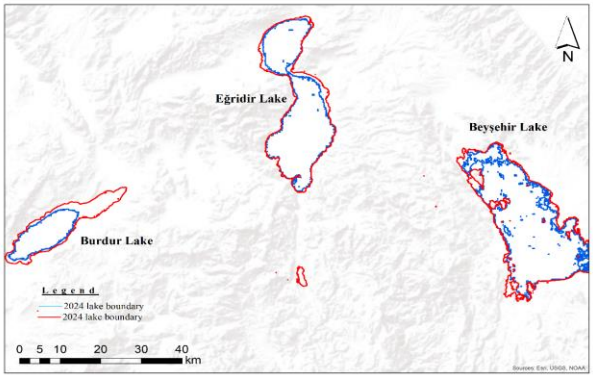


Figure 12. Satellite views of Burdur, Eğridir and Beyşehir lakes in 1988 and 2024.

Figure 12 shows how lake ecosystems have been affected by factors such as climate change, drought and the use of water resources when satellite images of Burdur, Eğridir and Beyşehir lakes from 1988 and 2024 are analyzed. Water losses or narrowing of shorelines, especially at the borders of Lake Burdur, may indicate that these lakes have experienced serious declines in water levels. Such changes can have significant consequences for local ecosystems, agriculture and economic activities based on water resources. Furthermore, these findings may contribute to identifying the necessary steps for sustainable management and conservation of water resources.

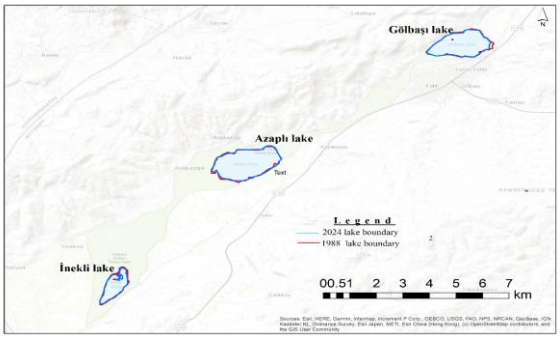


Figure 13. Satellite views of İnekli, Azaplı and Gölbaşı lakes in 1988 and 2024.

Figure 13 shows the boundaries of Gölbaşı, Azaplı and İnekli lakes in 1988 and 2024. Looking at the map, it can be observed that there is a shrinkage in the water areas around the lakes. This could be an indication of a drop in the water level or a shrinking lake area. These shrinkages around the lakes may indicate the decline of water resources and the impact of factors such as evaporation, reduced precipitation or human interventions on the lakes.

These observed changes have important implications for the ecological balance around the lakes and the management of water resources. Changes in lake boundaries can have direct impacts on water quality and regional climatic conditions. These impacts of climate change on natural water reservoirs are critical in determining the measures to be taken for the sustainable management and conservation of water resources.

In conclusion, these changes in the boundaries of lakes in Turkey provide a better understanding of long-term environmental trends and the impacts of climate change

CONCLUSION

As a result, this study has highlighted the significant impact of climate change on global water resources. Increasing global temperatures lead to changes in precipitation patterns, an increase in the frequency of droughts and floods, melting glaciers, and reduced snow

cover. These changes threaten the availability and quality of water essential for drinking, agriculture, industry, and ecosystems.

To better understand these effects, further research is needed in several key areas. Firstly, long-term monitoring of rainfall, soil moisture, river flow, and groundwater levels in various regions will provide more information for evolving hydrological models. Secondly, studies are needed on how climate change affects water quality through increased water temperatures, sedimentation, and pollutant concentrations. Thirdly, assessments are critical on how water management systems and policies can be adapted to enhance resilience against the impacts of climate change. Models integrating climate, hydrological, ecological, and socioeconomic factors will be beneficial for water resources planning and management.

Examining the effects of climate change on Turkey in this study, recent meteorological data shows increasing temperatures and decreasing rainfall. This reflects the impacts of global warming, and recent studies also indicate Turkey experiencing drought conditions. Groundwater use in Turkey will reduce the capacity of water resources to regenerate, increasing pressure on basins. Additionally, increasing per capita water consumption will exacerbate pressures on basins. Efforts should focus on the effective and efficient use of water resources to alleviate these pressures.

In this study, the changes in lake areas in Turkey over the years were examined and the effects of climate change on these natural water reservoirs were revealed. Water losses observed especially in important lakes such as Salda, Burdur and Beyşehir lakes are associated with climate change, increased evaporation rates and decreased rainfall. These changes emphasize the need to take urgent measures for the sustainable management of water resources. Understanding the long-term impacts of climate change on lakes is critical for future water management strategies.

The findings of this study emphasize the urgency and importance of taking action to mitigate these changes and adapt to them. It is evident that a comprehensive approach involving not only governments and policymakers but also individuals, communities, and organizations at all levels is necessary.

On a broader scale, aggressive reduction policies for greenhouse gas emissions and limiting global temperature rise are crucial. Conserving water, improving irrigation techniques, harvesting rainwater, recharging aquifers, water reuse and recycling, and public education can help reduce sensitivity to the impacts of climate change on water. Addressing climate change and its effects on water resources will require determined and coordinated efforts from governments, industries, agriculture, communities, and individuals at all levels. Through informed and timely action, we can work to preserve this most valuable resource.

ACKNOWLEDGEMENTS

I would like to sincerely thank the General Directorate of State Hydraulic Works (DSİ) and the MEVBİS (Meteorology Data Information System) website for their invaluable support in providing meteorological and hydrological data for this study. These data formed the foundation of my research and greatly assisted me in the analyses.

REFERENCES

Aktaş, Ö. (2014). Impacts of climate change on water resources in Turkey. *Environmental Engineering & Management Journal (EEMJ),* ***13***(4). DOI: 10.30638/eemj.2014.092

Arnell, N.W. (1999). Climate change and global water resources. *Global Environmental Change,* ***9***, S31-S49. DOI: 10.1016/s0959-3780(99)00017-5

Bayazit, M. & Avci, I. (1997). Water resources of Turkey: Potential, planning, development and management. *International Journal of Water Resources Development*, 13, 443-452. DOI: 10.1080/07900629749566

Bayraç, N.H. & Doğan, E. (2016). Türkiye'de iklim değişikliğinin tarım sektörü üzerine etkileri. *Anadolu Üniversitesi Dergisi.* ***12***(2), 67-79.

Bonacina, L. (1923). Climatic continentality and oceanity. *Nature,* ***111***, 549-549. DOI: 10.1038/111549A0

Çakmak, B. & Gökalp, Z. (2011). İklim Değişikliği Ve Etkin Su Kullanımı. *Tarım Bilimleri Araştırma Dergisi, (1)*, 87-95.

Çapar Gökşen, (2019). Climate change water and resources management. *Project for Supporting Joint Actions in the Field of Climate Change (iklimİN)*, Ankara.

Demir, A. (2009). Küresel iklim değişikliğinin biyolojik çeşitlilik ve ekosistem kaynakları üzerine etkisi. *Ankara Üniversitesi Çevrebilimleri Dergisi,* ***1***(2), 37-54. DOI: 10.1501/Csaum_0000000013

Demir, İ., Kılıç, G., Coşkun, M. & Sümer, U. M. (2008). Türkiye'de maksimum, minimum ve ortalama hava sıcaklıkları ile yağış dizilerinde gözlenen değişiklikler ve eğilimler. *TMMOB İklim Değişimi Sempozyumu, Bildiriler Kitabı, 69*, 84.

Demircan, M. (2022). İklim, iklim değişikliği ve su ilişkisi. *Küresel İklim Değişikliği Ve Sosyo-Ekonomik Etkileri.* ***7***(8), 89-99.

Doğan, S. & Tüzer, M. (2011). Küresel İklim Değişikliği ve Potansiyel Etkileri. *Cü İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi,* ***12***(1), 21-34.

Doğrul, G. & Alkan, M. (2022). İklim değişikliğinin su kaynaklarına etkisinin çok zamanlı uydu

görüntüleri ile incelenmesi. *Politeknik Dergisi*, ***25***(3), 1349-1358.

DSİ. (2022). 2022 Yılı Resmi Su Kaynakları İstatistikleri, https://www.dsi.gov.tr/Sayfa/Detay/1847

Ertürk, A., Ekdal, A., Gürel, M., Karakaya, N., Guzel, C. & Gönenç, E. (2014). Evaluating the impact of climate change on groundwater resources in a small Mediterranean watershed. *Science of the Total Environment*, ***499***, 437-447. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2014.07.001

Flannigan, M. & Wotton, B. (2001). Climate, Weather, and Area Burned. *351-373*. DOI: 10.1016/B978-012386660-8/50012-X

Frederick, K. D. & Major, D. C. (1997). Climate Change and Water Resources. *Climatic Change*, ***37***(1), 7-23.

Gleick, P.H. (1989). Climate Change, Hydrology, and Water Resources. *Reviews of Geophysics*, ***27***(3), 329-344. DOI: 10.1029/RG027i003p00329

Haddeland, I., Heinke, J., Biemans, H., Eisner, S., Flörke, M., Hanasaki, N., ... & Wisser, D. (2014). Global Water Resources Affected by Human İnterventions and Climate Change. *Proceedings of The National Academy of Sciences*, ***111***(9), 3251-3256. DOI: 10.1073/pnas.1222475110

Harmancioglu, N. & Altinbilek, D. (2020). Evaluation of water resource plans in Turkey based on sustainable water management principles. *Sustainable Water Resources Management*, ***6***: 91, 1-13. DOI: 10.1007/s40899-020-00444-1

İclal, A. (2021). Su, toprak ve iklim değişikliğinin güvenli gıdanın sürdürülebilirliği üzerine etkileri ve bazı tespitler. *Rahva Teknik Ve Sosyal Araştırmalar Dergisi*, ***1***(1), 13-23.

Karaman, S. & Gökalp, Z. (2010). Küresel ısınma ve iklim değişikliğinin su kaynakları üzerine etkileri. *Tarım Bilimleri Araştırma Dergisi,* ***3***(1), 59-66.

Köle, M.M. (2012). Ankara örneklemi üzerinde iklim değişikliğinin su kaynakları yönetimine etkisi. *Türk Bilimsel Derlemeler Dergisi.* ***9***(7), 17-31.

Melese, S.M. (2016). Effect of climate change on water resources. *Journal of Water Resources and Ocean Science*, ***10***(1), 14-21. DOI: 10.11648/j.wros.20160501.12

Meteoblue. (2023). Climate change Tunceli https://www.meteoblue.com/en/climate-change/tunceli_republic-of-türkiye_298846

MGM. (2024). Meteoroloji Genel Müdürlüğü, Resmi istatistikler, https://www.mgm.gov.tr/veridegerlendirme/il-ve-ilceler istatistik.aspx?k=parametrelerinTurkiyeAnalizi

Öztürk, K. (2002). Küresel iklim değişikliği ve Türkiye'ye olası etkileri. *Gazi Üniversitesi Gazi Eğitim Fakültesi Dergisi,* ***22***(1).

Partigöç, N. S., & Soğancı, S. (2019). Küresel iklim değişikliğinin kaçınılmaz sonucu: Kuraklık. *Resilience*, ***3***(2), 287-299. DOI: 10.32569/resilience.619219

Şahin, M., Topal, E., Özsoy, N., & Altunoğlu, E. (2015). İklim değişikliğinin meyvecilik ve arıcılık üzerine etkileri. *Anadolu Doğa Bilimleri Dergisi,* ***6***(2), 147-154.

Şahin, Ü. A., Onat, B. & Ayvaz, C. (2019). Climate change and greenhouse gases in Turkey. *Recycling and Reuse Approaches for Better Sustainability*, 201-214.

Selek, B. & Aksu, M. (2019). Estimation of water budget components of the Sakarya river basin by using the WEAP-PGM Model. *Water*, ***11***(2), 271. DOI: 10.3390/W11020271

Şen, Ö.L. (2013). Türkiye'de iklim değişikliğinin bütünsel resmi. *Türkiye'de İklim Değişikliği Kongresi (Tikdek 2013)*, 3-5.

Şen, Z. (2005). İklim değişikliği ve su kaynaklarına etkisi. ***7***(7), 89-95.

Şen, Z. (2022). İklim değişikliği ve Türkiye. *Çevre Şehir ve İklim Dergisi*, ***1***(1), 1-19.

Shukla, J., Nobre, C. & Sellers, P. (1990). Amazon deforestation and climate change. *Science*, ***247***, 1322-1325. DOI: 10.1126/science.247.4948.1322

Taşkın, Ö., Somuncu, M. & Çapar, G. (2022). İklim Değişikliğinin Türkiye'de su kaynakları ve tarım sektörüne etkileri üzerine bir değerlendirme. *Sosyal Bilimler Dergisi*, 67-79.

Tuğaç, Ç. (2014). İklim güvenliği açısından su kaynaklarının yönetimi. *Çağdaş Yerel Yönetimler Dergisi*, ***23***(3), 1-30.

Yao, F., Livneh, B., Rajagopalan, B., Wang, J., Crétaux, J. F., Wada, Y. & Berge-Nguyen, M. (2023). Satellites reveal widespread decline in global lake water storage. *Science, 380*(6646), 743-749. DOI: 10.1126/science.abo2812

Yılmaz, A. & Imteaz, M. (2014). Climate change and water resources in Turkey: a review. *International Journal of Water, 8*, 299. DOI: 10.1504/IJW.2014.064222

Yılmaz, F. H. & Navruz, M. (2019). Küresel iklim değişikliği, iklim mültecileri ve güvenlik. *Assam Uluslararası Hakemli Dergi, 13*, 255-270.

Yımaz, K., & Yazıcıgil, H. (2011). *Potential impacts of climate change on Turkish water resources: A review.* In: Baba, A., Tayfur, G., Gündüz, O., Howard, K., Friedel, M., Chambel, A. (eds) Climate Change and its Effects on Water Resources. NATO Science for Peace and Security Series C: Environmental Security, vol 3. Springer, Dordrecht. *105-114*. DOI: 10.1007/978-94-007-1143-3_12

Zaimoğlu, Z. (2019). İklim değişikliği ve Türkiye tarımı etkileşimi. *İklim Değişikliği Eğitim Modülleri Serisi, 7*.

Journal of Anatolian Environmental and Animal Sciences
(*Anadolu Çevre ve Hayvancılık Bilimleri Dergisi*)
DOI: https://doi.org/10.35229/jaes.1559848

JAES
Year: 9, No: 4, 2024 (570-576)
AÇEH
Yıl: 9, Sayı: 4, 2024 (570-576)

ARAŞTIRMA MAKALESİ **RESEARCH PAPER**

Determination of the Entomopoxviruses Viral Titer by Quantitative Real Time PCR (qPCR)

Erkan Anil AYDIN[1] **Cihan INAN**[1]*
[1]*Karadeniz Technical University, Faculty of Science, Department of Molecular Biology and Genetics, Trabzon, Türkiye*

Received: *02.10.2024* ***Accepted:*** *18.11.2024* ***Published:*** *31.12.2024*
How to cite: **Aydin, E.A. & Inan, C. (2024).** Determination of the Entomopoxviruses Viral Titer by Quantitative Real Time PCR (qPCR). *J. Anatolian Env. and Anim. Sciences*, ***9***(4), 570-576. https://doi.org/10.35229/jaes.1559848
Atıf yapmak için: **Aydin, E.A. & Inan, C. (2024).** Entomopoxvirüslerin Viral Titresinin Kantitatif Gerçek Zamanlı PCR (qPCR) ile Belirlenmesi. *Anadolu Çev. ve Hay. Dergisi*, ***9***(4), 570-576. https://doi.org/10.35229/jaes.1559848

*: https://orcid.org/0000-0003-0288-5917
: https://orcid.org/0009-0003-3117-3844

***Corresponding author's:**
Cihan INAN
Karadeniz Technical University, Faculty of Science, Department of Molecular Biology and Genetics, Trabzon, Türkiye
✉: c.inan@ktu.edu.tr

Abstract: Poxviruses are large double-stranded DNA (dsDNA) viruses that infects both human, animals and insects. Most known member of this viruses is Variola virus that caused pox disease and eradicated by vaccination. While other members still infect their hosts, it is important to detect, isolate and fight with this viruses. For this purpose, determining the titers of viruses is important. Virus titers are used for vaccine development, antiviral activity, genetic engineering, gene therapy and disease treatment studies. Despite all these uses, the methods used to determine virus titer are tedious and time-consuming. We developed a method using quantitative real-time PCR to improve the speed and efficiency of titer determination. In this method, we used a known single-copy gene from AMEV virus, cloned it into a plasmid and generated standard graphs. We measured the virus titer was unknown using the standard graph. As a result, a method was developed that can be used to determine the titer of Poxviruses in a simple, fast and effective way.

Keywords: AMEV, DNA, poxvirus, qPCR, virus titer.

Entomopoxvirüslerin Viral Titresinin Kantitatif Gerçek Zamanlı PCR (qPCR) ile Belirlenmesi

***Sorumlu yazar:**
Cihan INAN
Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Fakültesi, Moleküler Biyoloji ve Genetik Bölümü, Trabzon, Turkiye
✉: c.inan@ktu.edu.tr

Öz: Poksvirüsler, hem insanları hem hayvanları hem de böcekleri enfekte eden büyük çift sarmallı DNA (dsDNA) virüsleridir. Bu virüslerin en bilinen üyesi, çiçek hastalığına neden olan ve aşılama ile ortadan kaldırılan Variola virüsüdür. Diğer üyeler hala konakçılarını enfekte ederken, bu virüsleri tespit etmek, izole etmek ve onlarla savaşmak önemlidir. Bu amaçla virüslerin titrelerini belirlemek değerlidir. Virüs titreleri aşı geliştirme, antiviral aktivite, genetik mühendisliği, gen terapisi ve hastalık tedavi çalışmaları için kullanılır. Tüm bu kullanımlara rağmen, virüs titresini belirlemek için kullanılan yöntemler sıkıcı ve zaman alıcıdır. Bu çalışmada titre belirlemenin hızını ve verimliliğini artırmak için kantitatif gerçek zamanlı PCR kullanan bir yöntem geliştirilmiştir. Bu yöntemde, AMEV virüsünden bilinen tek kopyalı bir gen kullanılarak, bir plazmite klonlandı ve standart grafikler oluşturuldu. Titresi bilinmeyen virüsü standart grafik kullanarak analiz edildi. Sonuç olarak Poxvirüslerin titresi basit, hızlı ve etkili bir şekilde belirlenebileceği bir metod geliştirildi.

Anahtar kelimeler: AMEV, DNA, poksvirus, qPCR, virus titresi.

INTRODUCTION

Poxviruses are large double-stranded DNA (dsDNA) viruses that can cause infection in both human, animals and insects. It is a family of DNA viruses that replicate in the cytoplasm of both vertebrates and invertebrates (Moss, 2006). Poxviruses are divided into two subfamilies; Chordopoxvirinae, which infects vertebrates, and Entomopoxvirinae subfamily, which infects insects, have been isolated from insects belonging to the orders Lepidoptera, Orthoptera, Coleoptera, Diptera and Hymenoptera (Haller et al., 2014). Virions of entomopoxviruses are oval-shaped and 150-470 nm long and 165-300 nm wide (Sezen and Demirbağ, 2005). The Entomopoxvirus (EPV) virion consists of a central region containing dsDNA, an inner membrane covered with proteins that surround the genetic material, lateral

structures on the sides, and an outer membrane surrounding all of them.

EPVs have structural similarities with Orthopoxviruses and have been found to show gene similarities with vertebrate poxviruses (Bawden et al., 2000). *Amsacta moorei* entomopoxvirus (AMEV) is a virus that causes infection in insects belonging to the Entomopoxvirinae subfamily of the Poxviridae family (Inan et al., 2018). It is the type species of the Betaentomopoxvirus genus that infects the orders Lepidoptera (Moths) and Orthoptera (Grasshoppers). Although the natural host of AMEV is *Amsacta moorei* (Red-hairy caterpillar) it has also been isolated from agricultural pests such as *Estigmena acrea* and *Lymantria dispar* (Hall and Hink, 1990). Unlike other EPVs, AMEV can also replicate in Ld652, Sf9 and EAA-BTI cell lines (Granados and Naughton, 1975; Marlow et al., 1993; Perera et al., 2013). For this reason, studies with AMEV are important in understanding the molecular mechanisms of Entomopoxviruses.

The whole genome sequencing studies of AMEV were performed in 2000 and it was shown that its genome consists of 232 kb length, encoding 279 open reading frames (ORFs) larger than 60 amino acids (Bawden et al., 2000). After that, 256 of these ORFs were subsequently shown to be active proteins by Guo and Yu (2007). Additionally, AMEV has the highest A+T content among the poxviruses with a rate of 82.2% (Bawden et al., 2000).

Success in viral infection depends on the infection capacity and viral titer in the inoculum. It is not enough to know the number of infective viruses in stock, since not all virus particles are infective due to problems and mutations that occur in the viral replication process or environmental factors such as pH, light and temperature can affect the viral infection capacity. However, in viral infection experiments, it is important to determine the titer of the infective virus particles in the stock. The most basic methods used to determine the number of infective viruses are end point dilution assay (EPDA), tissue culture infective dose 50 (TCID50) and plaque assays (Reed and Muench, 1938; Baer and Kehn-Hall, 2014; Darling et al., 1998). Using these methods, the TCID50 value is determined by EPDA, and the plaque formation unit (PFU) is determined by the plaque test. Another method that can be used to determine the number of physical virus particles is the electron microscopy technique, transmission electron microscopy (TEM) is used for this purpose. Titration methods fall into two categories: infectious or particulate (infectious plus non-infectious) titer determination (Thomas et al., 2007). In this way, the total number of viruses, not the number of infective particles, can be determined. In a study, it was observed that the number of physical virus particles was 10-100 times higher than the number of infective viruses (Bhat et al., 2022).

While counting viral titer with EPDA, the experimental success dependent to the cytopathic effects of the virus. The cytopathic effect refers to the morphological and physiological changes that occur in the cells infected by the virus and usually includes cell death, swelling or other morphological changes. But also, there are some viruses that do not show cytopathic effects in cell cultures. For example, Classical swine flu viruses (CSFV) and Rabies virus (RV) from the Rhabdoviridae family are non-cytopathic viruses (Itakura et al., 2020, Plesa et al., 2006). Also, *Murine leukemia virus* (MLV), a member of retrovirus, may not cause cytopathic effects in cell culture, but they can cause very severe and fatal infections in animals (Sliva et al., 2004). These viruses do not cause obvious morphological changes in the cells they infect, making their titers difficult to determine using traditional plaque formation methods. In this case, viruses can be identified using other diagnostic methods, such as viral particle detection or isolating and multiplying the virus.

Amsacta moorei entomopoxviruses are not producing plaques but the infection can be screened using light microscope. Virus causes cytopathic effects like viral factories in the cytoplasm and this process occurs late in the infection (approx 5 dpi). Thus, it is difficult to determine whether these effects caused by viruses or because of other stresses and needs expertise.

In the literature, it was shown that the titer of some other viruses was determined by qPCR analysis. To overcome microscope screening problems of AMEV, a qPCR based methodology was developed to quantify AMEV virus for the first time in this study.

MATERIAL AND METHOD

***Cell Line, Virus and Vector*:** *Lymantria dispar* (Ld652) insect cell line obtained from the stocks of KTU Department of Molecular Biology and Genetics, Molecular Virology Laboratory. Cells were grown in T25 flasks with medium containing 10% FBS, 45% Excell-400, 45% Grace's Insect Medium in an incubator at 28°C. (Muratoğlu et al., 2010).

Recombinant AmΔsph/gfp AMEV virus, in which the spheroidin gene was deleted and replaced with the green fluorescent protein (GFP) gene region, taken from the stocks of the Molecular Virology Laboratory of KTU Molecular Biology and Genetics Department, was used for infection experiments.

The pGAD186 vector taken from of KTU Molecular Biology and Genetics Department, Molecular Virology Laboratory stocks was used to create the standard graph in qPCR experiments.

Thawing and Passaging of Cells from Stock: Cells were frozen using freezing media (Containing 20% FBS, 10% DMSO) and stored in liquid nitrogen. Cells were removed from the liquid nitrogen tank and allowed to thaw in a water bath set at 28°C. The thawed cells were precipitated by centrifugation at 230 g for 5 minutes. Cells from the stock were dissolved in growth medium, transferred to a T25 culture dish and allowed to grow in an incubator at 28°C.

Propagation of AMEV in Cell Culture: The Ld652 cell line was used to propagate the AmΔsph/gfp AMEV virus. This recombinant virus has a green fluorescent protein (GFP) marker protein for observation of the infected cells via fluorescent microscopy. In the incubation period viral infection followed by GFP expression via Zeiss Axiovert Inverted fluorescent microscope. After that, the cell-virus suspension was centrifuged at 3,000 rpm for 10 minutes to remove the virus from cell residues. The virus suspension was stored at +4°C without exposure to light for later use.

Firstly, Ld652 cells were counted using a hemocytometer. The counted cells were diluted to $1x10^6$ cells and seeded to a T-25 culture dish. Cells were expected to be 90%-100% confluent. Then the medium covering the entire surface was removed, 1 ml of infection mixture including virus was added onto the cells. The infection continued for 2 hours by shaking the flask at 10-minute intervals. At the end of the incubation period, the infection mixture was removed, and the cells were washed with PBS to remove unattached viruses, then 5 ml of fresh medium was added to the cells. Cells were incubated in an incubator at 28 °C for 5 days.

In the incubation period viral infection followed by green fluorescent protein expression via Zeiss Axiovert Inverted fluorescent microscope. After signs of infection were observed in most of the cells, T25 flask placed in the refrigerator at -80 ºC. The cells were kept at -80 ºC overnight and then kept at room temperature to thaw quickly. The thawed cells were subjected to three freeze-thaw cycles of one hour each. After that, the cell-virus suspension was centrifuged at 3,000 rpm for 10 minutes to remove the virus from cell residues. The virus suspension was stored at +4°C for later use.

Determining the Concentration of the Replicated Virus: The concentration of the replicated virus was determined by the endpoint dilution method (EPDA) (Reed and Muench, 1938).

In the experiment, 10 microcentrifuge tubes were numbered 1 to 10 and 90 µl of the growth medium was added into the tubes. 10 µl sample from the virus stock was placed in the first tube and diluted 1/10 by serial dilution until the ninth tube. The 10th tube was used as a control and no virus was added to this tube. Ld652 cells were suspended to contain $2x10^6$ cells/ml. 90 µl of the cell suspension was added into each tube. Then tubes were mixed thoroughly by pipetting and ensured homogeneity. In each row of a Terasaki plate (60 wells), 10µl of the same concentration of cell virus suspension was added from A to F. The Terasaki plate (3 replicates) was placed in a bag and incubated in an incubator at 28°C. Incubation was continued for 5 days until signs of infection appeared.

Preparation of Competent Cells and Propagation of the pGAD-186 Vector by Transformation: The pGAD-186 vector was used to create the qPCR standard graph. This vector has 8327 bp length and contains viral replication A28-like protein of AMEV genome (amv186) that is essential for viral growth and has only one copy in each virus genome. DH5α competent cells prepared for propagation of pGAD-186 vector. Heat shock transformation method was used for transformation.

To prepare competent cells, DH5α overnight culture was performed. The next day, measurements were taken on a spectrophotometer and the bacterial density was diluted to 0.1 OD. The dilutions were incubated in incubator with shaker until the OD value reached between 0.45-0.55. When the desired value was reached, the culture was centrifuged at 4500 rpm at +4°C for 5 minutes. The supernatant was removed, and the pellet was dissolved with 10 ml of cold $CaCl_2$ (100mM) and kept at ice for 30 minutes and the suspension was centrifuged at 4500 rpm at +4°C for 5 minutes. The supernatant was removed, and the pellet was dissolved with 2 ml of cold $CaCl_2$. Competent cells are kept at +4°C for 2 hours.

In heat shock transformation, pGAD186 plasmid DNA was added to the previously prepared competent cells. The tubes were kept on ice for 30 minutes. Heat shock was applied at 42°C for 2 min. It was kept on ice for 1 minute. A tube containing 1ml LB Broth was prepared for each sample. Samples were transferred to tubes containing LB Broth and gently pipetted. Cells were incubated at 37°C for 1-1.5 hours. At the end of the incubation, the cells were precipitated by centrifugation at 6000xg for 3 minutes. The supernatant was removed, leaving approximately 50 µl, and the pellet was dissolved in the remaining liquid. Bacteria were planted on LB agar solid medium containing ampicillin. Petri dishes were incubated in an incubator at 37°C for 16 hours.

Plasmid Isolation: After transformation, bacterial colonies growing on medium containing ampicillin were selected and used for plasmid isolation. Plasmid was isolated using the protocol of E.Z.N.A. Endo-free plasmid DNA mini kit 1 (D6948-02), plasmid DNA isolation kit from Omega Bio-tek.

pGAD186 plasmid validated stocks were incubated for 12-16 hours. After incubation, the culture was precipitated by centrifugation at 10,000× g for 1

minute at room temperature. The supernatant was removed and 250 µl Solution 1 RNase A was added to the pellet. The pellet was mixed thoroughly by pipetting. The suspension was transferred to a clean centrifuge tube and 250µl Solution 2 was added. The tube was inverted several times to obtain clear lysate. 2-3 minutes of incubation may be required. 350µl of Solution 3 was added and inverted several times until a white precipitate formed. It was centrifuged at 13,000x g for 10 min. A white pellet was formed. The DNA mini column was placed in a 2ml collection tube. After centrifugation, the cleared supernatant was carefully transferred to the column. It was centrifuged for 1 minute at maximum speed. The supernatant was discarded, and the collection tube was reused. 500µl HBC buffer was added and centrifuged for 1 minute at maximum speed. The supernatant was discarded, and the collection tube was reused. 700µl DNA wash buffer was added and centrifuged for 1 minute at maximum speed. The supernatant was discarded and centrifuged for 2 minutes at maximum speed to dry the column. The column was transferred to a 1.5 ml eppendorf and 30-100µl Elution buffer was added directly to the column membrane. Mixture incubated for 1 minute at room temperature and then centrifuged for 1 minute at maximum speed.

Isolated plasmid DNAs were visualized on a 1% agarose gel and stored at -20°C.

DNA Isolation and Visualization of DNA with Agarose Gel Electrophoresis: Viral DNA isolation was performed from the viral fluid, which was multiplied in cell culture and separated from the contaminant by centrifugation. Viral DNA was extracted using the kit (MasterPure™ DNA Purification Kit, MCD 85201). The protocol of the kit was modified and followed for isolation.

1 µl Proteinase K and 150 µl 2x T and C Lysis solution were mixed and 150 µl Virus fluid was added. Incubated in a 65°C heater block for 15 minutes by vortexing every 5 minutes. The sample was then cooled to 37 °C. After the samples were cooled to 37 °C, 1 µl of 5 µg/µl RNase A was added and incubated at 37 °C for 30 minutes. After incubation, the samples were kept in ice for 3-5 minutes. 175 µl of MPC Protein precipitation solution was added and vortexed for 10 seconds. It was then centrifuged at 4°C 10,000 × g for 10 min to precipitate impurity. The supernatant was transferred to a new tube and 500 µl isopropanol was added and mixed by inverting 30-40 times. It was then centrifuged at 4°C, 10,000 × g for 10 minutes. Isopropanol was removed by pipetting without disturbing the pellet. The pellet was washed twice with 70% ethanol. Alcohol was removed and the pellet was dissolved in 35 µl TE buffer. The concentration of isolated DNAs was measured in the nanodrop (Thermo). The isolated DNAs were visualized on a 1% agarose gel at 95V. Imaging of DNAs run on agarose gel were visualized under UV light (BioRad ChemiDoc MP Gel Imaging System).

Determining Standard Graphs by Real Time PCR Using pGAD186 Plasmid: In our study, we aimed to determine the copy number of viral DNA using the qPCR technique. For this purpose, qPCR standard graphs were created using a plasmid (pGAD186) containing a viral gene *amv186* that has only one copy in the viral genome. This vector has 8327 bp length. The vector was isolated after cloning in *E.coli DH5α* cells. The copy number of the isolated plasmid was determined using the following formula and 10-fold serial dilutions of this plasmid was prepared (Palacios et al., 2017).

$$\text{DNA (copy number)} = \frac{6.02 \times 10^{23} \left(\frac{\text{copies}}{\text{mol}}\right) \times \text{concentrationg (g/µ)}}{\text{Number of Basepairs (Vector + Insert)} \times 660 \text{ (g/mol)}}$$

To determine copy number of the amv186 gene the primers AMV186-qFW (5' TTAACTGTTTTTGATCCCAACG 3'), AMV186-qRV (5' AAAAATCCAAAAGTTGAAACTGC 3') were used. The reaction mixture prepared with adding 0.4 µl forward and 0.4 µl reverse primers, 1 µl Template DNA, 10 µl qPCR mixture and 8.2 µl ddH2O.The quantitative PCR conditions were followed as: 95 °C 3', then 39 cycles of 95 °C 10", 60 °C 30" while fluorescent measured in each cycle. To create melting curve: the temperature of the tube increased from 65°C to 95°C in increments of 0.5°C.

Validation of the Stock Viral Titer Using qPCR: Using the standard graph, the amount of viral samples of unknown quantity was quantitatively determined. DNA isolated from the viral fluid was amplified by qPCR. The amount of viral DNA was determined using the standard graph. Thus, the number of virus particles in the isolated volume was determined. To determine the number of viruses per ml, the total volume isolated was calculated by multiplying the total volume isolated by the dilution factor. In our study, we isolated DNA from 150µl of viral fluid. The number of viral particles in 150µl was determined using the standard graph. To compare with the result obtained in EPDA, the number of virus particles per ml was calculated by multiplying by the dilution factor. The results obtained were compared with each other.

RESULTS

Propagation of AMEV in Cell Culture: Our fluorescent microscopy studies showed that AmΔsph/gfp AMEV was propagated in Ld652 cells (Figure 1). Under a fluorescent microscope, GFP protein was visualized 2 days after infection. The produced virus was obtained by freeze-thaw technique and centrifugation.

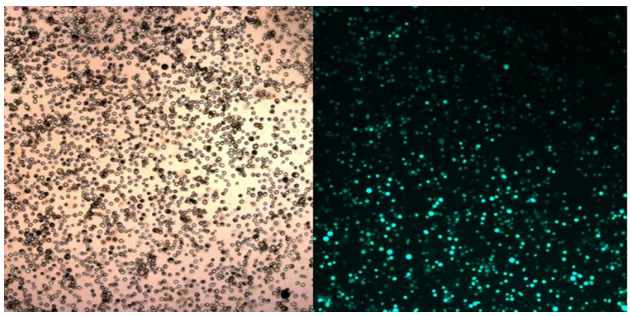


Figure 1. Fluorescence microscope image (Zeiss Axiovert) of the gfp protein produced by AmΔsph/gfp AMEV day 5 post infection (dpi). A: Image of Ld652 cells under halogen light, 50x. B: Image of gfp protein produced by recombinant virus under a fluorescent microscope, 50x.

Determination the Concentration of Virus: The concentrations of viruses were determined by the EPDA method. A + (positive) or – (negative) value was given for each well according to the infection status seen from the fluorescence microscope. Virus concentration (titer) was calculated by the formula in Reed and Muench, (1938) and values were obtained.

Titer (pfu/ml)=10(a+x) x 100/ml

n=highest dilution at which the infection value is 50% or greater than 50%;

a=log n; b=% of n dilution,

c = % value below n dilution.

x = (b-50%)/(b-c).

According to the calculations, the titer of the produced AmΔsph/gfp AMEV virus suspension was calculated as $6*10^6$ pfu /ml.

Plasmid Isolation: The accuracy of the isolated plasmid DNA was screened in agarose gel electrophoresis (Figure 2).

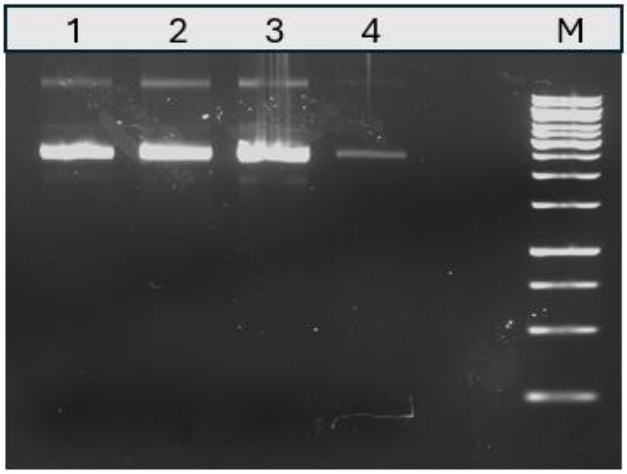


Figure 2. Agarose gel electrophoresis image of the isolated pGAD186 plasmid DNA. M: Marker, 1,2,3: İsolated pGAD186 plasmid DNA, 4: Stock pGAD186 plasmid DNA.

DNA Isolation and Visualization of DNA with Agarose Gel Electrophoresis: DNA of the AMEV virus were isolated using a kit (MasterPure™ DNA Purification Kit). Isolated DNAs were used as template in a PCR reaction and the amplicon were run on a gel containing 1% agarose at 95 volts and screened (BioRad ChemiDoc MP Gel Imaging System) (Figure 3).

Real-Time PCR Concentration Graph: To create a standard graph from plasmid DNA, firstly the copy number of the plasmid DNA were determined using the formula. Our calculations showed that the copy number of the 99.2 ng/µl pGAD186 plasmid stock was found to be 10,835,742,268. Based on this 10-fold serial dilutions using stock plasmid DNA were made and plasmid DNA copy numbers of each standard dilution were calculated (Table 1).

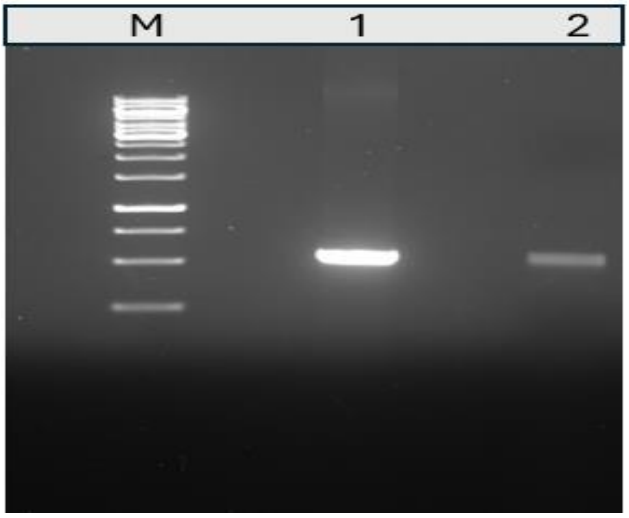


Figure 3. Agarose gel electrophoresis image of isolated viral DNA. M: Marker,1: Stock AMEV DNA, 2: İsolated Viral DNA

Table 1. Copy number calculations of each dilution made using pGAD186 Vector.

Sample Name	Concentration (Plasmid DNA)	Number of Copies /µl
Std-1	99.2ng/µl	10,835,742,268
Std-2	9.92ng/µl	1,083,574,226.8
Std-3	0.992 ng/µl	108,357,422.68
Std-4	99.2pg/µl	10,835,742.268
Std-5	9.92 pg/µl	1,083,574.2268
Std-6	0.992 pg/µl	108,357.42268
Std-7	99.2fg/µl	10,835.742268
Std-8	9.92 fg/µl	1,083.5742268
Std-9	0.992 fg/µl	108.35742268

Validation of the Stock Viral Titer Using qPCR: Based on the standard graph (Figure 4), the amount of unknown virus was calculated.

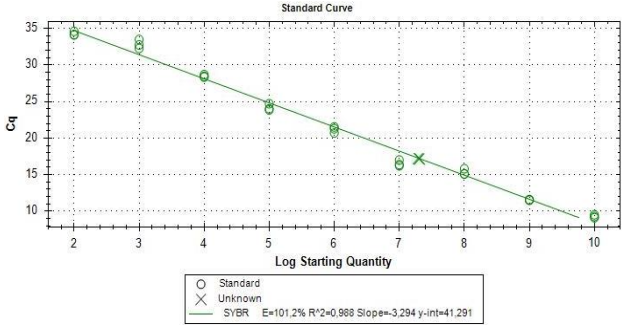


Figure 4. Standard curve graph of the pGAD186 vector generated using qPCR.

The amount obtained from the Cq values was determined by converting the isolation volume to ml and multiplying by the dilution factor. Isolation was made from 150 µl of viral fluid. The result was multiplied by 6.67 to complete to ml volume. The number of virus particles in 1 ml was calculated as **$1.3*10^8$** based on the data obtained from the qPCR standard graph and the described calculations. qPCR-based titer determination and EPDA testing were compared using different virus stocks and similar results were obtained. Thus, the sustainability of the technique was established.

DISCUSSION

Poxviruses are double-stranded DNA (dsDNA) viruses. These DNA viruses have a wide host range depending on the organism they infect. Variola virus, which causes smallpox in humans, is one of these viruses and has had a fatal effect on humans for many years. Poxviruses that cause infection in insects are called Entomopoxviruses (EPV). To be able to track replication in cell culture, recombinant AMEV (AmΔsph/gfp) is used in which the *spheroidin* (*sph*) gene, which has no effect on virus replication in cell culture, is deleted and replaced with a green fluorescent protein gene (GFP) were used in the experiments. (Palmer et al., 1995) Entomopoxviruses has potential to be used as an agent in the biological control of insect pests that cause significant losses in agricultural areas and forests (Sezen and Demirbağ, 2005). Also, EPVs have the potential to be used as gene expression and gene transfer vectors. Due to these features, intensive studies are being carried out on Amsacta moorei entomopoxvirus (AMEV), which is an important type of EPVs. The concentration of the replicated virus was determined by the end-point dilution method (EPDA) used in the study. Although this method takes a long time, it is a reliable method and is still used in the literature. (Muratoğlu et al., 2010; Reed and Muench, 1938).

There are routinely used methods to determine virus concentration. These can be listed as plaque assay, TCID50, EPDA, hemagglutination assay, flow cytometry and electron microscopy (Baer and Kehn-Hall, 2014; Darling et al., 1998). For many years, the plaque assay and the endpoint dilution method (EPDA) have been the most accurate and reliable methods used to determine virus concentration. However, the results obtained from these methods vary in different laboratories. The reliability of these methods decreases due to differences in chemicals and protocols used. At the same time, the time and workload required for the application of these methods, which are based on determining the amount of virus in cell culture, is quite high.

Many DNA and RNA viruses can be quantified rapidly and accurately by using Real Time quantitative PCR. Lo and Chao (2004) determined the titer of baculovirus by RT-PCR method. Thomas et al. (2007) determined adenovirus titer by RT-PCR method. Fajardo et al. (2017) quantified 5 different viruses in grapevines from viral RNAs. Keyaerts et al. (2006) and Jiang et al. (2004) determined the amount of SARS-Coronavirus virus in infected organisms using an RT-PCR-based method. The titer of SARS-CoV-2 (severe acute respiratory syndrome coronavirus 2), which caused a worldwide pandemic in 2019, was determined by a one-step RT-PCR study by Jiang et al (2021).

In our study, we used the quantitative RT-PCR technique to determine the amount of AMEV, which is in the same family as Variola virus, which causes fatal infections in humans. We chose a single-copy gene of the virus genome for the generation of standard graphs. A plasmid vector containing this gene was created and used to create a standard graph. A standard formula was used to determine the plasmid DNA copy number. According to the result obtained from this formula, 10-fold dilutions were made starting from the stock. Cq values of these dilutions were determined by real-time PCR. Based on these values, a standard plasmid DNA copy number graph was created. With this standard graph, the number of virus particles in the stock was quantitatively determined as $1.3*10^8$ per mililiter. According to the EPDA, the titer of the virus suspension was calculated as $6*10^6$ pfu /ml.

CONCLUSION

In this work, infection of AmΔsph/gfp AMEV was observed in cell culture and visualized under a fluorescent microscope. In order to increase the efficiency of virus propagation, the cells that did not lyse were exploded by the freeze-thaw method and the virus particles inside were allowed to pass into the liquid. The concentration of AmΔsph/gfp AMEV propagated by the EPDA method was determined.

To generate a standard graph, the pGAD186 plasmid was used to improve the accuracy of the standard curve. qPCR reactions were performed using the BioRad CFX Connect Real-Time PCR Detection System. Standard graphs were created from plasmid DNA and the number of physical virus particles in the unknown amount of virus fluid was calculated using this standard graph. The number of infective virus particles determined by the EPDA method, and the number of physical virus particles determined by the qPCR method were compared. In conclusion, this study has shown that the amount of AMEV virus can be successfully determined using qPCR. With this methodology, the viral titer of all entomopoxviruses,

which capable of infecting cell culture can be determined with using a set of primers belonging to any viral gene

REFERENCES

Baer, A. & Kehn-Hall, K. (2014). Viral concentration determination through plaque assays: Using traditional and novel overlay systems. *Journal of Visualized Experiments*, ***93***, e52065, 1-10. DOI: 10.3791/52065

Bawden, A.L., Glassberg, K.J., Diggans, J., Shaw, R., Farmerie, W. & Moyer, R.W. (2000). Complete genomic sequence of the Amsacta moorei entomopoxvirus: Analysis and comparison with other poxviruses. *Virology*, ***274***, 120-139. DOI: 10.1006/viro.2000.0449

Bhat, T., Cao, A. & Yin, J. (2022). Virus-like particles: measures and biological functions. *Viruses*, ***14***, 383. DOI: 10.3390/v14020383

Darling, A. J., Boose, J. A. & Spaltro, J. (1998). Virus assay methods: accuracy and validation. Biologicals : *journal of the International Association of Biological Standardization*, ***26***(2), 105-110. DOI: 10.1006/biol.1998.0134

Granados, R.R. & Naughton, M. (1975). Development of Amsacta moorei entomopoxvirus in ovarian and hemocyte cultures from estigmene acrea larvae. *Intervirology* ***5***, 62-68. DOI: 10.1159/000149881

Guo, F.B. & Yu, X.J. (2007). Re-prediction of protein-coding genes in the genome of Amsacta moorei entomopoxvirus. *J Virol Methods*, ***146***, 389-392. DOI: 10.1016/j.jviromet.2007.07.010

Hall, R. L. & Hink, W. F. (1990). Physical mapping and field inversion gel electrophoresis of Amsacta moorei entomopoxvirus DNA. *Archives of virology*, ***110***(1-2), 77-90. DOI: 10.1007/BF01310704

Haller, S.L., Peng, C., McFadden, G. & Rothenburg, S. (2014). Poxviruses and the evolution of host range and virulence. *Infection, Genetics and Evolution*, ***21***, 15-40. DOI: 10.1016/j.meegid.2013.10.014

Inan, C., Muratoglu, H., Arif, B.M. & Demirbag, Z. (2018). Amsacta moorei entomopoxvirus encodes a functional heparin-binding glycosyltransferase (AMV248). *Virus Genes* ***54***, 438-445. DOI: 10.1007/s11262-018-1561-4

Itakura, Y., Matsuno, K., Ito, A., Gerber, M., Liniger, M., Fujimoto, Y., Tamura, T., Kameyama, K. ichiro, Okamatsu, M., Ruggli, N., Kida, H. & Sakoda, Y. (2020). A cloned classical swine fever virus derived from the vaccine strain GPE− causes cytopathic effect in CPK-NS cells via type-I interferon-dependent necroptosis. *Virus Res.*, ***276***. DOI: 10.1016/j.virusres.2019.197809

Marlow, S.A., Billam, L.J., Palmer, C.P. & King, L.A. (1993). Replication and morphogenesis of Amsacta moorei entomopoxvirus in cultured cells of Estigmene acrea (salt marsh caterpillar). *The Journal of general virology*, ***74***(Pt 7), 1457-1461. DOI: 10.1099/0022-1317-74-7-1457

Moss B. (2006). Poxvirus entry and membrane fusion. *Virology*, ***344***(1), 48-54. DOI: 10.1016/j.virol.2005.09.037

Muratoğlu, H., Nalçacıoğlu, R. & Demirbağ, Z. (2010). Transcriptional and structural analyses of Amsacta moorei entomopoxvirus protein kinase gene (AMV197, pk). *Ann. Microbiol.*, ***60***, 523-530. DOI: 10.1007/s13213-010-0082-8

Palacios, J. del C.A., Barreto, C.A.B., Lara, J.S.M. & Navas, Á.M.L. (2017). Standardization of DNA Residual Quantification Method of Vero Cell Rabies Vaccine for Human Use. *Open Med. Chem. J.*, ***11***, 66-80. DOI: 10.2174/1874104501711010066

Palmer, C.P., Miller, D.P., Marlow, S.A., Wilson, L.E., Lawrie, A.M. & King, L.A. (1995). Genetic modification of an entomopoxvirus: deletion of the spheroidin gene does not affect virus replication in vitro. *The Journal of general virology*, ***76***(Pt 1), 15-23. DOI: 10.1099/0022-1317-76-1-15

Perera, S., Krell, P., Demirbag, Z., Nalçacioğlu, R. & Arif, B. (2013). Induction of apoptosis by the Amsacta moorei entomopoxvirus. *Journal of General Virology* ***94***, 1876-1887. DOI: 10.1099/vir.0.051888-0

Plesa, G., McKenna, P.M., Schnell, M.J. & Eisenlohr, L.C. (2006). Immunogenicity of cytopathic and noncytopathic viral vectors. *Journal of virology*, ***80***(13), 6259-6266. DOI: 10.1128/JVI.00084-06

Reed, L.J. & Muench, H. (1938). A Simple Method of Estimating Fifty Percent Endpoints. *American Journal of Hygiene*, ***27***, 493-497.

Sezen, K. & Demirbağ, Z. (2005). Entomopoksvirüsler ve Biyolojik Kontrol. *Turkish Journal of Parasitology*, ***29***(4), 280-286.

Sliva, K., Erlwein, O., Bittner, A. & Schnierle, B.S. (2004). Murine leukemia virus (MLV) replication monitored with fluorescent proteins. *Virol. J.*, ***1***. DOI: 10.1186/1743-422X-1-14

Fajardo, T. V. M., Vanni, M. F. & Nickel, O. (2017). Absolute quantification of viruses by TaqMan real-time RT-PCR in grapevines. *Ciência Rural*, ***47***(6), 1–5. https://doi.org/10.1590/0103-8478cr20161063

Jiang, S. S., Chen, T. C., Yang, J. Y., Hsiung, C. A., Su, I. J., Liu, Y. L., Chen, P. C. & Juang, J. L. (2004). Sensitive and Quantitative Detection of Severe Acute Respiratory Syndrome Coronavirus Infection by Real-Time Nested Polymerase Chain Reaction. *Clinical Infectious Diseases*, ***38***(2), 293–296. https://doi.org/10.1086/380841

Jiang, Y., Zhang, S., Qin, H., Meng, S., Deng, X., Lin, H., Xin, X., Liang, Y., Chen, B., Cui, Y., Su, Y. H., Liang, P., Zhou, G. Z. & Hu, H. (2021). Establishment of a quantitative RT-PCR detection of SARS-CoV-2 virus. *European Journal of Medical Research*, ***26***(1), 1-7. DOI: 10.1186/s40001-021-00608-5

Keyaerts, E., Vijgen, L., Maes, P., Duson, G., Neyts, J. & Van Ranst, M. (2006). Viral load quantitation of SARS-coronavirus RNA using a one-step real-time RT-PCR. *International Journal of Infectious Diseases*, ***10***(1), 32-37. DOI: 10.1016/j.ijid.2005.02.003

Lo, H. R. & Chao, Y. C. (2004). Rapid titer determination of baculovirus by quantitative real-time polymerase chain reaction. *Biotechnology progress*, ***20***(1), 354-360. DOI: 10.1021/bp034132i

Thomas, M.A., Lichtenstein, D.L., Krajcsi, P. & Wold, W.S. (2007). A real-time PCR method to rapidly titer adenovirus stocks. *Methods in molecular medicine*, ***130***, 185-192. DOI: 10.1385/1-59745-166-5:185

Journal of Anatolian Environmental and Animal Sciences
(*Anadolu Çevre ve Hayvancılık Bilimleri Dergisi*)
DOI: https://doi.org/10.35229/jaes.1560033

JAES
Year: 9, No: 4, 2024 (577-581)
AÇEH
Yıl: 9, Sayı: 4, 2024 (577-581)

DERLEME MAKALESİ **REVIEW PAPER**

Su Ürünleri Yetiştiriciliğinin Bölgesel Kalkınmada Önemi: Elazığ İli Örneği [*]

Hamdi AYDIN[1]* İlhan YANDI[2]
[1]*Kocaeli Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi, Biyoloji Bölümü, Kocaeli, Türkiye*
[2]Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi, Turgut Kıran Denizcilik Fakültesi, Deniz Ulaştırma İşletme Mühendisliği, Rize, Türkiye

Geliş Tarihi: *02.10.2024* ***Kabul Tarihi:*** *18.11.2024* ***Basım Tarihi:*** *31.12.2024*

Atıf yapmak için: **Aydın, H. & Yandı, İ. (2024).** Su Ürünleri Yetiştiriciliğinin Bölgesel Kalkınmada Önemi: Elazığ İli Örneği. *Anadolu Çev. ve Hay. Dergisi, **9**(4), 577-581. https://doi.org/10.35229/jaes.1560033*
How to cite: **Aydın, H. & Yandı, İ. (2024).** The Importance of Aquaculture in Regional Development: The Case of Elazığ Province. *J. Anatolian Env. and Anim. Sciences, **9**(4), 577-581. https://doi.org/10.35229/jaes.1560033*

*: https://orcid.org/0000-0002-3854-6047
: https://orcid.org/0000-0003-1780-3654

***Sorumlu yazarın:**
Hamdi AYDIN
Kocaeli Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi, Biyoloji Bölümü, Kocaeli, Türkiye
✉: aydin@kocaeli.edu.tr

Öz: Elazığ, sahip olduğu su kaynakları ile Türkiye'nin en zengin su potansiyeline sahip illerinden biridir. Bu su kaynaklarının su ürünleri üretiminde kullanılmasıyla birlikte, üretimde ciddi artışlar meydana gelmiş 2019 yılından sonra Elazığ ilindeki alabalık üretimi Türkiye de birinci sıraya yerleşmiştir. Mart 2024 tarihi itibarı ile ilde su ürünleri üretimi yapan 176 işletme bulunmaktadır. Bu işletmelerin % 99'u (176 işletme) ağ kafeslerde alabalık üretimi yaparken, bir işletmede ise mersin balığı üretimi yapılmaktadır. Elazığ ilinde alabalık üretimi, 1996 yılında 10 ton ile başlayıp, 2000 yılında 330 tona, 2005 yılında 463 tona, 2010 yılında 8.010 tona, 2015 yılında 9.756 tona, 2020 yılında 23.000 tona, 2021 yılında 26.500 tona, 2022 yılında 31.100 tona ve 2023 yılında 39.195 tona ulaşmıştır. Elazığ ilindeki su ürünleri avcılığı, üretimi ve işleme tesislerinde yaklaşık 3000 kişi istihdam edilmektedir. Elazığ ilinde üretilen alabalıklar büyük oranda Rusya, Avrupa Birliği Ülkeleri, Japonya ve ABD ye ihraç edilmektedir ve 2023 yılı ihracat rakamı 61.408.248 ABD doları olarak gerçekleşmiştir. İldeki mevcut işletmelerin proje kapasiteleri toplamı 41.780 tondur ve 2024 yılı sonuna kadar yeni kurulacak tesislerle toplam kapasitenin 50.000 tonu aşacağı öngörülmektedir. Elazığ'daki mevcut su kaynakları, maksimum düzeyde su ürünleri üretiminde kullanıldığında, yılda 200.000 tonun üzerinde bir üretim yapılabileceği ve bu üretimin hem Elazığ ili hem de Türkiye ekonomisi için ciddi katkılar sağlayacağı öngörülmektedir. Bu potansiyelin değerlendirilmesi, bölgesel kalkınmayı hızlandırarak, hem iç pazarda hem de ihracatta önemli bir büyüme sağlayacaktır.

Anahtar kelimeler: Su ürünleri, bölgesel kalkınma, Elazığ ili, Türkiye.

The Importance of Aquaculture in Regional Development: The Case of Elazığ Province

Abstract: Elazığ is one of the provinces with the richest water potential in Türkiye with its water resources. With the use of these water resources in aquaculture production, there has been a significant increase in production, and after 2019, trout production in Elazığ province ranked first in Turkey. As of March 2024, there are 176 enterprises producing aquaculture in the province. 99% of these enterprises (176 enterprises) produce trout in net cages, while one enterprise produces sturgeon. Trout production in Elazığ province started with 10 tons in 1996, reached 330 tons in 2000, 463 tons in 2005, 8,010 tons in 2010, 9,756 tons in 2015, 23,000 tons in 2020, 26,500 tons in 2021, 31,100 tons in 2022 and 39,195 tons in 2023. Approximately 3,000 people are employed in fishing, fish production and processing facilities in Elazığ province. Trout produced in Elazığ province is largely exported to Russia, European Union Countries, Japan and the USA, and the export value for 2023 was realized as 61,408,248 US dollars. The total project capacity of the existing enterprises in the province is 41,780 tons and it is anticipated that the total capacity will exceed 50,000 tons with the newly established facilities by the end of 2024. It is foreseen that if the existing water resources in the province of Elazig are used in the production of aquaculture at the maximum level, a production of over 200,000 tons can be made per year and this production will make a serious contribution to the economy of Elazığ province and Türkiye. Evaluating this potential will accelerate regional development and provide significant growth in both the domestic market and exports.

***Corresponding author's:**
Hamdi AYDIN
Kocaeli University, Faculty of Arts and Sciences, Department of Biology, Kocaeli, Türkiye
✉: aydin@kocaeli.edu.tr

Keywords: Aquaculture, regional development, Elazığ Province, Türkiye.

GİRİŞ

Tarih boyunca okyanuslar ve denizler, tükenmez gıda kaynağı olarak kabul edilmiş ve dünya nüfusunun hızlı artan talepleri karşılayabileceği düşünülmüştür. Ancak son yıllarda, okyanus, deniz ve göllerdeki balık stoklarının, artan talepleri karşılayamaz hale geldiği görülmüştür. Bitmez tükenmez besin kaynağı olarak kabul edilen bu su kaynaklarındaki balık ve diğer su ürünleri miktarları, her geçen gün artan av gücü, aşırı avcılık ve kirlenme nedeniyle hızla azalmaktadır. Bu durum, ülkeleri kültür balıkçılığına yönlendirmiştir. 1980'li yıllardan itibaren, deniz ve iç sulardan avlanan su ürünleri miktarında artış meydana gelmezken, kültür balıkları üretiminde her geçen yıl ciddi bir artış gözlemlenmektedir. Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü'nün (FAO) verilerine göre, dünya su ürünleri yetiştiriciliği üretimi 2022 yılında 130,9 milyon tonluk yeni bir rekoruna ulaşmıştır. Bu üretimin ticari değeri ise 313 milyar ABD doları değerinde olup 94,4 milyon tonunu balık ve diğer su canlıları, 36,5 milyon tonunu ise deniz yosunu ve mikro algler oluşturmuştur. Asya ülkeleri, toplam üretimin %91,4'üne katkıda bulunurken, bunu Latin Amerika ve Karayipler (%3,3), Avrupa (%2,7), Afrika (%1,9), Kuzey Amerika (%0,5) ve Okyanusya (%0,2) izlemiştir. Önde gelen on ülke ise (Çin, Endonezya, Hindistan, Vietnam, Bangladeş, Filipinler, Kore Cumhuriyeti, Norveç, Mısır ve Şili) toplam üretimin %89,8'ini üretmiştir (FAO, 2024). Su ürünlerine olan talebin her geçen gün artması ve 2019-2021 yılları arasında su ürünleri üretimindeki ortalama artış hızıyla 2031 yılında dünya toplam su ürünleri üretiminin 203 milyon tona ulaşacağı tahmin edilmektedir (OECD/FAO, 2022). Dünya genelinde artan talepler doğrultusunda uluslararası balık fiyatları 2021 yılında bir önceki yıla göre %7 oranında artmıştır ve bu artışın gelecek yıllarda daha da artacağı öngörülmektedir (Anonim, 2023a).

Türkiye'de de dünya genelinde olduğu gibi su ürünleri üretimi her geçen yıl artış göstermektedir. 2004 yılında 94.010 ton olan kültür balıkları üretimi, 2010 yılında 167.141 tona, 2015 yılında 240.334 tona, 2020 yılında 421.411 tona 2021 yılında 471.686 tona, 2022 yılında 514.805 tona ve 2023 yılında 553.862 tona kadar ulaşmıştır. Türkiye'de 2023 yılında yetiştirilen en önemli balık türleri iç sularda 154.006 ton ile alabalık, denizlerde ise 160.802 ton ile levrek ve 154.011 ton ile çipura olmuştur (TUİK, 2024). Türkiye'de 2019 yılından itibaren iç sularda alabalık üretiminde ilk sıraya yerleşen il Elazığ oluştur. Bu araştırmada, Elazığ ilinin su kaynakları, bu kaynakların su ürünleri ve özellikle alabalık üretiminde tam kapasite ile kullanım olanakları ve su ürünleri üretiminin ilin ekonomisine olan katkıları hakkında bilgi verilmesi amaçlanmıştır.

Elazığ İlinin Coğrafi Konumu ve Su Kaynakları: Elazığ ili, Doğu Anadolu Bölgesi'nin güneybatısında, Yukarı Fırat Havzasında yer almaktadır. Toplam su yüzeyi 9151 km^2' lik olan Elazığ, Türkiye yüz ölçümünün yaklaşık binde 12'si kadardır. Coğrafi olarak, Doğu Anadolu Bölgesi'ni batıya bağlayan yolların kavşak noktasında bulunan il, doğuda Bingöl, kuzeyde Keban Baraj Gölü aracılığıyla Tunceli, batı ve güneybatıda Karakaya Baraj Gölü ile Malatya, güneyde ise Diyarbakır illeri çevrilidir (Mor ve Çiftçi, 2002).

Elazığ, üç tarafı sularla çevrili doğal ve baraj gölü alanı itibariyle Türkiye'nin en zengin su potansiyeline sahip illerinden biridir. Keban, Karakaya, Kralkızı, Kalecik, Özlüce, Pembelik, Tatar, Beyhan Baraj gölleri ile Hazar Gölünün, ilin sınırları içerisinde kalan kısmının toplam yüzey alanı ise 68.011 hektardır (Tablo 1).

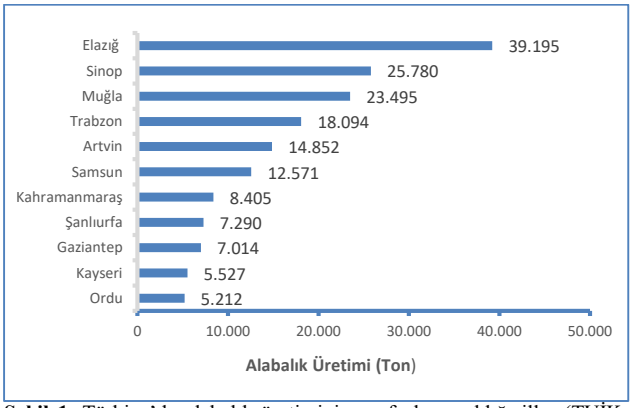
Tablo 1. Elazığ ilindeki su rezervuarları ve alanları (Yılmaz, 2023).
Table 1. Water reservoirs and their areas in Elazığ province (Yılmaz, 2023).

No	İlçe	Rezervuar Adı	Alanı (ha)	No	İlçe	Rezervuar Adı	Alanı (ha)
1	Ağın	Keban 2	9.300	13	Baskil	Karakaya 9	2.700
2	Keban	Keban 3	7.400	14	Keban	Karakaya 10	608
3	Aydıncık	Keban 6	7.900	15	Karakoçan	Özlüce	920
4	Güzelyalı	Keban 9	3.100	16	Karakoçan	Kalecik	116
5	Koçkale	Keban 10	3.200	17	Sivrice	Hazar Gölü	8.100
6	İçme	Keban 11	2.800	18	Maden	Kralkızı 3	235
7	Şeyhhacı	Keban 12	800	19	Maden	Kralkızı 4	240
8	Uzunova	Keban 13	500	20	Maden	Kralkızı 5	445
9	Yollüstü	Keban 14	900	21	Karakoçan	Pembelik	1.257
10	Gülüşkür	Keban 15	3.600	23	Kovancılar	Tatar	1.190
11	Yurtbaşı	Keban 16	3.500	23	Palu	Beyhan	2.500
12	Baskil	Karakaya 8	6.700	**TOPLAM**			**68.011**

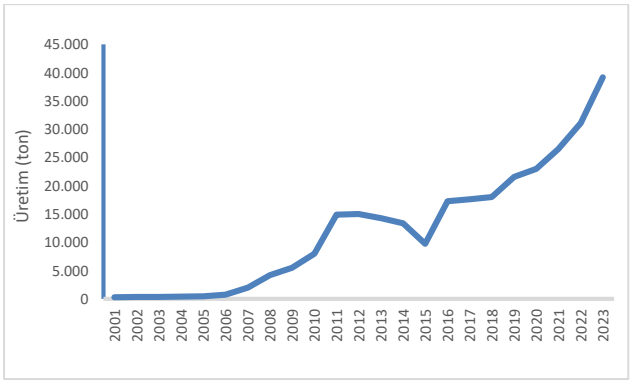
Elazığ İlinde Su Ürünleri Üretimi: Elazığ ili, sahip olduğu su kaynakları sayesinde son yıllarda özellikle alabalık üretiminde Türkiye'de birinci sıraya yerleşmiştir. Üç tarafı su ile çevrili olan Elazığ, Keban ve Karakaya baraj gölleri gibi önemli su kaynaklarına sahip olup, ülkemizin en zengin su potansiyeline sahip illerindendir. Elazığ'da balık yetiştiriciliği son yıllarda büyük bir gelişme göstermiş ve yüksek kapasite artışlarıyla birlikte üretim miktarında önemli artışlar. Tarım ve Orman Bakanlığı (TOB) Elazığ İl Tarım ve Orman Müdürlüğü 02.03.2022 tarihli verilerine göre, Elazığ ilinde su ürünleri üretimi yapan 176 işletme bulunmaktadır. Bu işletmelerden 173 tanesi ağ kafeslerde alabalık üretimi yaparken, bir işletmede ise sadece mersin balığı üretimi gerçekleştirmektedir. Alabalık üretimi yapan işletmelerin proje kapasiteleri toplamı 41.780 ton, mersin balığı üretimi yapan işletmenin kapasitesi ise 950 tondur. Sadece yavru alabalık üretimi yapan 3 işletme ve porsiyon boy alabalık üretiminin yanı sıra yavru alabalık üretimi yapan 27 adet işletmenin yıllık toplam yavru balık üretim kapasiteleri toplamı da 183.000.000 adettir. Bu üretim kapasiteleri ile hem porsiyon boy hem de yavru balık üretiminde Elazığ ili Türkiye'de birinci sırada yer almaktadır.

Türkiye İstatistik Kurumu (TUİK) verilerine göre, Elazığ'daki alabalık üretimi ilk defa 1991 yılında 5 ton

olarak kaydedilmiştir. 1996 yılında 10 tona yükselen alabalık üretimi, 1997 yılında hızla artarak 180 tona ulaşmıştır. Daha sonraki yıllarda da bu hızlı yükselişini devam ettirerek 2000 yılında 330 tona, 2005 yılında 463 tona, 2010 yılında 8.010 tona, 2015 yılında 9.756 tona, 2020 yılında 23.000 tona ve 2021 yılında 26.500 tona, 2022 yılında 31.106 tona ulaşmıştır. 2023 yılında ise, bir önceki yıla göre % 26 oranında artış göstererek 39.195 tona yükselmiştir (Şekil 1, 2, TUİK, 2024).



Şekil 1. Türkiye'de alabalık üretiminin en fazla yapıldığı iller (TUİK, 2024).
Figure 1. Provinces with the highest trout production in Turkey (TUIK, 2024)



Şekil 2. Elazığ ilinde yıllara göre alabalık üretimi.
Figure 2. Trout production by years in Elazığ province.

Elazığ ilinde alabalık üretiminin hızla artmasının en büyük nedeni, üretimin büyük oranda ağ kafeslerde yapılmasıdır. Baraj ve göllerde kurulan ağ kafeslerde, karada kurulan beton havuzlara kıyasla çok yüksek oranlarda balık üretimi yapmak mümkündür. Elazığ ilinde alabalık üretimi yapan işletmelerin kapasitelerine baktığımızda en düşük kapasite (20 ton/yıl) ile üretim yapan işletme 1 adettir. En fazla işletme sayısı 25 ton/yıl kapasite ile üretim yapan işletmelerdir ve bu işletmeleri toplam kapasiteleri 1.600 ton/yıldır. Diğer işletmelerin kapasiteleri şu şekildedir: 100 ton/yıl kapasiteli 14 adet, 200 ton/yıl kapasiteli 40 adet, 450 ton/yıl kapasiteli 9 adet ve 950 ton/yıl kapasiteli 18 adet tesisi bulunmaktadır. Diğer tesislerin yıllık üretim kapasiteleri ve miktarları Tablo 2'de detaylı olarak gösterilmiştir. Elazığ'daki 173 işletmenin toplam kapasiteleri 41.780 ton/yıldır.

Tablo 2. Elazığ ilinde proje kapasitelerine göre alabalık tesislerinin sayısı ve kapasiteleri
Table 2. Number and capacities of trout facilities according to project capacities in Elazığ province.

Proje Kapasite (ton/yıl)	İşletme Sayısı	Toplam Kapasite (ton/yıl)	Proje Kapasitesi (ton/yıl)	İşletme Sayısı	Toplam Kapasite (ton/yıl)
20	1	20	260	1	260
25	64	1.600	300	4	1.200
50	4	200	400	2	800
100	14	1.400	450	9	4.050
125	1	125	500	2	1.000
150	3	450	650	2	1.300
200	40	8.000	750	2	1.500
225	1	225	900	2	1.800
250	3	750	950	18	17.100
			TOPLAM	**173**	**41.780**

ELAZIĞ İLİNDE SU ÜRÜNLERİ AVCILIĞI

Elazığ ilindeki su kaynaklarından yılda 400 ton düzeyinde ticari değeri yüksek olan birçok tatlısu balığının avcılığı da yapılmaktadır. En önemli türleri arasında sazan, siraz, yayın, karabalık, gümüşi havuz balığı ve tatlısu istakozu yer almaktadır. Elazığ'daki su kaynaklarında, su ürünleri avcılığı yapan balıkçı tekneleri şu şekilde dağılmaktadır: Keban Baraj Gölü'nde 104, Karakaya Baraj Gölü'nde 29, Sivrice Hazar Gölü'nde 11, Kalecik Baraj Gölü'nde 1 ve Özlüce Baraj Gölü'nde 2 olmak özere toplamda 147 adet balıkçı teknesi faaliyettedir. Her teknede iki kişinin istihdam edildiği göz önüne alındığında, yaklaşık 300 kişi su ürünleri avcılığından gelir elde ettiği görülmektedir (Anonim, 2013b).

Su Ürünlerinin Elazığ Ekonomisine Katkısı: Elazığ ilindeki su ürünleri üretim ve işleme tesislerinin sayısı her yıl artış göstermektedir. Yıldırım ve Cantaş (2022), 2021 yılında Elazığ'da faaliyet gösteren 152 işletmede toplam 26.500 ton alabalık üretimi gerçekleştirildiğini ve bu üretimin Türkiye'deki toplam alabalık üretiminin %19,75'ine karşılık geldiğini rapor etmiştir. 2023 yılı itibarıyla ise alabalık üretimi yapan işletme sayısı 176'ya yükselmiş, üretim miktarı bir önceki yıla kıyasla %26 artış göstererek 39.195 tona ulaşmıştır. Üretim ve işleme tesislerindeki artışa paralel olarak bu tesislerde ve bağlı iş kollarında da önemli düzeyde istihdam sağlanmaktadır. 2023 yılı mart ayı itibarı ile Elazığ ilindeki alabalık işletmelerinde 2000 kişi, 42.000 ton işleme kapasitesine sahip 4 tane balık işleme tesisinde ise yaklaşık 1200 kişi çalışmaktadır. İlde proje ve kurulum aşamasındaki yeni tesisler ve işleme fabrikalarının faaliyete geçmesiyle birlikte çalışan personel sayısında da ciddi artışalar söz konusu olacaktır. Elazığ ilindeki balık üretim tesisleri ve işleme fabrikaları ildeki birçok kişiye direkt istihdam sağlamakla beraber, çok sayıda kişinin (300 kişi) de lokanta, restoran ve sektöre bağlı işlerde çalıştığı düşünülmektedir. Bu durum, su ürünlerinin Elazığ ekonomisine sağladığı katkıyı daha da artırmaktadır.

İşletmelerde üretilen alabalıklar hem iç piyasaya satıldığı gibi önemli bir kısmı da yurt dışına ihraç edilmektedir. Elazığ ilinde üretilen alabalıklar başta Avrupa Birliği Ülkeleri, Rusya, Japonya ve ABD ye ihraç edilmektedir. 2018 yılında Elazığ ilinin su ürünleri ihracat rakamı 5.012.148,00 ABD doları düzeyinde iken, 2023 yılı ihracat rakamı 61.408.248,00 ABD doları olarak gerçekleşmiştir (Tablo 3). İlde yeni kurulacak olan üretim tesislerinin ve yeni işleme fabrikalarının da faaliyete geçmesi ile gelecek yıllarda ihracatta ciddi artışların olacağı beklenmektedir.

Tablo 3. Elazığ ili alabalık ihracatı (Anonim, 2024)
Table 3. Elazığ province trout exports (Anoymous, 2024)

Yıllar	Miktar (ton)	Değer (ABD Doları)
2018	1.634,00	5.012.148,00
2019	927,00	3.177.702,00
2020	3.822,00	16.643.890,00
2021	5.548,00	28.579.525,00
2022	9.202,00	59.810.010,00
2023	10.304,00	61.408.248,00

Önceki yıllarda Elazığ ilinde su ürünleri çoğunlukla taze balık olarak satılmakta iken, son yıllarda şoklanmış, temizlenmiş buzlanmış ve füme balık gibi farklı işleme yöntemleri ile satışlar yapılmaktadır. Artan taleplerle birlikte talep biçimlerinde de artış söz konusudur. Ayrıca avcılıkta yakalanan sazan vs. gibi balık türlerinin Suriye ve Irak'a gönderildiği bilinmektedir. Yine ildeki kuluçkahanelerde üretilen alabalık yumurtaları da 2021 yılından itibaren yurtdışına ihraç edilmeye başlanmıştır (Tablo 4).

Tablo 4. Elazığ ili alabalık yumurta ihracatı (Anonim, 2024).
Tablo 4. Elazığ province trout eggs exports (Anonymous, 2024).

Yıl	Miktar (Adet)
2021	41.310.000
2022	53.050.000
2023	46.535.000

Elazığ ilindeki kuluçkahanelerde üretilen yavru alabalıkların bir kısmı da çevre illere ve Türkiye'nin diğer bölgelerine satışı yapılmaktadır. İldeki potansiyel su kaynakları alabalık üretiminde tam kapasitede kullanıldığı takdirde, ileriki yıllarda ildeki işletmelerin ihtiyacı olacak yavru balık üretiminin de arttırılması gerekecektir.

Elazığ ilinin ekonomik ve sosyal yapısında son derece olumlu katkıları olması beklenen su ürünleri üretimi T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı tarafından desteklenmektedir (Tablo 5). Bu desteklemeler, ildeki üretim kapasitesinin ve kalitesinin ve üretilen ürünlerin ihracat potansiyelini arttırmaktadır. Elazığ ili su ürünleri ihracatında rekabet gücünü artırarak dünya pazarlarında daha fazla yer edinebilecektir.

Tablo 5. Elazığ ili alabalık desteklemeleri (Anonim, 2024).

Table 5. Elazığ province trout subsidies (Anonymous, 2024).

Yıllar	Porsiyon Alabalık (kg)	Ödenen miktar (TL)
2018	10.647.817,00	6.974.300,50
2019	7.909.716,00	5.974.929,75
2020	8.271.899,97	7.070.711,88
2021	8.495.442,24	7.569.972,80
2022	9.984.901,23	13.417.361,15
2023	8.812.242,64	11.276.726,69

Elazığ ilinde alabalık üretimi yapan 177 tesisin yanı sıra, bir işletme de 950 ton/yıl kapasiteli mersin balığı üretim tesisine sahiptir. Ayrıca, 25 milyon/yıl yavru üretim kapasitesine sahip bir sazan balığı üretim işletmesi bulunmaktadır. Mersin balığı, özellikle son derece kıymetli olan havyarı ve eti için üretilmektedir. İşletmenin havuzlarında bulunan mersin balıklarının ortalama ağırlığı 25-30 kg'a ulaşmış düzeydedir. İşletmenin hedefi bölgede bir kuluçkahane kurarak aynı zamanda bu balıkların üretimini de yapmaktır. İşletmenin bu hedefleri gerçekleştiği takdirde il ekonomisine önemli katkılar sağlayacağı kesindir.

TARTIŞMA VE SONUÇ

Elazığ alabalık üretiminin bugünkü mevcut üretim artışının sürekliliği sağlanırsa, bölgedeki su kaynağı yönünden kısıtlayıcı bir etken görünmemektedir. Baraj göllerinde potansiyel olarak kullanılabilecek alanlarda 200.000 ton/yıl üretim yapabilme olanağı mevcuttur. Yeni üretim tesislerinin kurulmasıyla birlikte, üretilen balıkların işlenmesi, depolanması, taşınması ve diğer bağlı işkollarında yeni istihdam olanaklarının artması il ekonomisi ve kalkınması için son derece önemlidir. Bu potansiyel değerlendirildiği takdirde hem iç piyasadan hem de ihracattan elde edilecek gelir, Elazığ ilinin kalkınmasında son derece etkili olacağı görülmektedir. Diğer taraftan hastalık, pazarlama, yeterli yavru temini, nitelikli personel ve altyapı sorunları da dikkate alınmalıdır.

Sanayi ve hizmetler sektöründeki istihdamın küçüldüğü, işsizlik oranın yükseldiği günümüzde alabalık yetiştiriciliği işletmelerinin sağladığı istihdam olanağı ilin sosyal ve ekonomik yapısı için anlamlı olduğu kadar, bölge illeri için de anlamlıdır. Keban alabalık işletmesinin uyguladığı profesyonel bir yaklaşım olan, Doğu ve Güneydoğu Anadolu bölgesinde canlı alabalık satış ve hizmet sağlayabilecek noktaların tespit edilmesi ve buralara canlı alabalık sevki, işleme ve paketleme artı katma değer ve istihdam açısından bölge illeri için kaynak oluşturmaktadır. Bu yaklaşım bölge alabalık talebini artırdığı gibi yörede düşük düzeyde olan kişi başı balık tüketimini de artırmaktadır (Gökhan, 2010).

Elazığ, Türkiye sosyo-ekonomik gelişmişlik sıralamasında 36. ve bölgede birinci sıradadır. 550.667 kişilik nüfusu ve %5,7 nüfus artış hızı ile bölgede dinamik ve büyüyen bir şehirdir. Elazığ'da işsizlik önemli

sorunlardan biridir ve işsizlik oranı Türkiye ortalamasına yakındır. Buna paralel olarak Elazığ'da istihdam oranı %34,1 ile Türkiye ortalamasının (% 41,7) önemli ölçüde altındadır. Sosyal güvenlik kapsamında aktif çalışanların il nüfusuna oranı yalnızca % 15,66'dır ve bu oran Türkiye ortalaması olan % 20,66'nın oldukça altındadır. İşletmelerin yarısı 1-9 kişi arasında istihdam sağlayan küçük işletmeler şeklinde, 50 kişi ve üstü istihdam sağlayan firmaların oranı ise %3 düzeyindedir (Anonim, 2023c).

Elazığ ilinde kültür balıkçılığının gelişmesi, bölgesel istihdamı artırmada önemli katkılar sağlayacaktır. Bu sektör, doğrudan üretim tesislerinde çalışan işçiler, teknik personel ve uzmanlarla istihdam yaratırken; yem üretimi, lojistik, işleme ve ambalajlama gibi alanlarda dolaylı iş fırsatları sunacaktır. Ayrıca kadınlar ve gençler için istihdam olanakları yaratarak toplumsal kalkınmaya destek olacaktır. Kültür balıkçılığı, yerel ekonomi için gelir artışı sağlarken, su ürünleri ihracat potansiyeliyle döviz geliri kazandırarak ekonomik büyümeyi teşvik edecektir. Bölgenin doğal kaynaklarının etkin kullanımı, turizm ve eğitim faaliyetlerini desteklerken, sürdürülebilir üretimle yerel kalkınmayı hızlandıracaktır. Bu bağlamda, kültür balıkçılığı sektörü Elazığ'ın ekonomik ve sosyal yapısına çok yönlü katkılar sunmaktadır.

Yukarıda da bahsedildiği gibi Elazığ ili, sahip olduğu su kaynaklarının su ürünleri üretiminde kullanılması ile birlikte Türkiye'nin alabalık üretiminde lider şehir konumuna gelmiştir. Gelecek yıllarda yeni kurulacak balık üretim ve işleme tesisleri ile bölge ve Türkiye ekonomisine önemli katkılar sağlayacağı tahmin edilmektedir.

Su ürünleri üretim ve işleme tesislerine yönelik desteklemelerin artırılması, ekonomik ve çevresel açıdan önemli kazanımlar sağlayacaktır. Bu tür destekler, sektörün sürdürülebilir bir şekilde büyümesine, istihdam olanaklarının genişlemesine ve yerel ekonomilerin güçlenmesine önemli katkılar sunmaktadır. Gelecek dönemlerde, su ürünleri üretim çiftliklerinin altyapısının ve kapasitesinin geliştirilmesine yönelik mevcut sübvansiyon politikalarının güçlendirilerek sürdürülmesi ve bölgenin üretim ile istihdam potansiyelinin etkin bir şekilde değerlendirilmesi gereklidir.

KAYNAKLAR

Anonim. (2023a). European Fishmeal and Fish Oil Producers**.** https://effop.org (Erişim tarihi 27.02.2023).

Anonim. (2023b). Elazığ İl Tarım ve Orman Müdürlüğü. Balıkçılık ve Su Ürünleri Şube Müdürlüğü Kayıtları.

Anonim. (2024). Elazığ İl Tarım ve Orman Müdürlüğü. Balıkçılık ve Su Ürünleri Şube Müdürlüğü Kayıtları.

Anonim. (2023c). T.C. Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı, Kalkınma Ajansları Genel Müdürlüğü, Fırat Kalkınma Ajansı. http://fka.gov.tr/elazigda-yatirim (Erişim tarihi: 03.03.2023).

FAO. 2024. In Brief to The State of World Fisheries and Aquaculture 2024. Blue Transformation in action. Rome. DOI: 10.4060/cd0690en

Gökhan, E.E. (2010). Elazığ İli Alabalık Yetiştiriciliğinde Üretim ve Pazarlamanın Sürdürülebilirliği. *Veteriner Hekimler Derneği Dergisi*, ***81***(2), 3-8.

Mor, A. & Çitçi, M.D. (2002). Elazığ'ın Su Problemleri Ve Su Kirliliği. *Fırat Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, ***12***(2), 63-82.

OECD/FAO. (2022). OECD-FAO Agricultural Outlook 2022-2031, OECD Publishing, Paris, DOI: 10.1787/f1b0b29c-en

TUİK. (2024). Türkiye İstatistik Kurumu. Su Ürünleri İstatistikleri. https://biruni.tuik.gov.tr/medas/?kn=97&locale=tr (Erişim tarihi:27.09.2024).

Yilmaz, C. (2023). Elazığ İlindeki Alabalık Yetiştiriciliğinin Mevcut Durumu ve 2023 Vizyonu. https://arastirma.tarimorman.gow.tr (Erişim tarihi:27.02.2023).

Yıldırım, Ö. & Çantaş, İ. B. (2022). Türkiye'de Gökkuşağı Alabalığı yetiştiriciliğinin üretim ve ekonomik göstergelerinin incelenmesi. *Acta Aquatica Turcica*, ***18***(4), 461-474. DOI: 10.22392/actaquatr.1101098

Journal of Anatolian Environmental and Animal Sciences
(*Anadolu Çevre ve Hayvancılık Bilimleri Dergisi*)
DOI: https://doi.org/10.35229/jaes.1573899

JAES
Year: 9, No: 4, 2024 (582-589)
AÇEH
Yıl: 9, Sayı: 4, 2024 (582-589)

ARAŞTIRMA MAKALESİ RESEARCH PAPER

Determination of Antimicrobial Activity and MIC Value of Tannic Acid Against Four Different Fish Pathogens

Zeynep DENGİZ BALTA[1] **Fikri BALTA**[1]*

[1]*Recep Tayyip Erdogan University, Faculty of Fisheries, Aquaculture, Department of Diseases, Zihniderin Campus, Fener Mah. Rize, Türkiye*

Received: *25.10.2024* ***Accepted:*** *22.11.2024* ***Published:*** *31.12.2024*

How to cite: **Dengiz Balta, Z. & Balta, F. (2024).** Determination of Antimicrobial Activity and MIC Value of Tannic Acid Against Four Different Fish Pathogens. *J. Anatolian Env. and Anim. Sciences*, ***9***(4), 582-589. https://doi.org/10.35229/jaes.1573899

Atıf yapmak için: **Dengiz Balta, Z. & Balta, F. (2024).** Tannik Asidin Dört Farklı Balık Patojenine Karşı Antimikrobiyal Aktivitesinin ve MİK Değerinin Belirlenmesi. *Anadolu Çev. ve Hay. Dergisi*, ***9***(4), 582-589. https://doi.org/10.35229/jaes.1573899

*: https://orcid.org/0000-0002-1823-5823
: https://orcid.org/0000-0002-7795-828X

***Corresponding author's:**
Fikri BALTA
Recep Tayyip Erdogan University, Faculty of Fisheries, Aquaculture, Department of Diseases, Zihniderin Campus, Fener Mah. Rize, Türkiye
✉: fikri.balta@erdogan.edu.tr

Abstract: In this study, the antimicrobial susceptibility of Silvafeed TSP (tannic acid) obtained from chestnut tree using natural extraction method and used as a feed sweetener in aquaculture against some fish pathogens was investigated. Antimicrobial susceptibility of different concentrations of tannic acid was determined against fish pathogens that cause significant economic losses by bacteria such as *Aeromonas hydrophila, Pseudomonas fluorescens, Yersinia ruckeri* and *Vibrio anguillarum*. According to the antimicrobial test results, it was determined that all isolates to tested antibiotics were resistant to ampicillin; however, all isolates were susceptible to other antibiotics except for the *P. fluorescens* isolate. It was determined that the *P. fluorescens* isolate was resistant to other antibiotics except gentamicin and doxycycline. According to the antimicrobial susceptibility test results of tannic acid against *E. coli* and four different fish pathogens, *P. fluorescens* and *V. anguillarum* were found to be sensitive above 125 µg/ml concentrations. In the same study, *E. coli, A. hydrophila,* and *Y. ruckeri* were found to be sensitive above 250 µg/ml concentrations. It was determined that *P. fluorescens* and *V. anguillarum* were resistant to tannic acid concentrations below 62.5 µg/ml. Moreover, *E. coli, A. hydrophila,* and *Y. ruckeri* were resistant to tannic acid concentrations below 125 µg/ml. The MIC value of tannic acid was determined in tubes with a concentration of 187.5 µg/ml for *E. coli*, 125 µg/ml for *Y. ruckeri*, 31.25 µg/ml for *P. fluorescens*, and 375 µg/ml for *V. anguillarum*.

Keywords: Antimicrobial susceptibility, aquaculture, fish pathogens, tannic acid, treatment.

Tannik Asidin Dört Farklı Balık Patojenine Karşı Antimikrobiyal Aktivitesinin ve MİK Değerinin Belirlenmesi

***Sorumlu yazar:**
Fikri BALTA
Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi, Su Ürünleri Fakültesi, Su Ürünleri, Hastalıklar Bölümü, Zihniderin Yerleşkesi, Fener Mah. Rize, Türkiye
✉: fikri.balta@erdogan.edu.tr

Öz: Bu çalışmada, kestane ağacından doğal ekstraksiyon yöntemi ile elde edilen ve su ürünleri yetiştiriciliğinde yem tatlandırıcı olarak kullanılan Silvafeed TSP'nin (tannik asit) bazı balık patojenlerine karşı antimikrobiyal duyarlılığı araştırılmıştır. *Aeromonas hydrophila, Pseudomonas fluorescens, Yersinia ruckeri* ve *Vibrio anguillarum* gibi bakteriler tarafından önemli ekonomik kayıplara neden olan balık patojenlerine karşı farklı konsantrasyonlarda tannik asidin antimikrobiyal duyarlılığı belirlendi. Antimikrobiyal test sonuçlarına göre, test edilen antibiyotiklere karşı izolatların tamamının ampisiline dirençli olduğu, ancak *P. fluorescens* izolatı hariç diğer antibiyotiklere duyarlı olduğu belirlendi. *P. fluorescens* izolatının gentamisin ve doksisiklin hariç diğer antibiyotiklere dirençli olduğu belirlendi. Tannik asidin *E. coli* ve dört farklı balık patojeni olan *P. fluorescens* ve *V. anguillarum*'a karşı antimikrobiyal duyarlılık test sonuçlarına göre, 125 µg/ml konsantrasyonun üstünde duyarlı olduğu bulundu. Aynı çalışmada *E. coli, A. hydrophila* ve *Y. ruckeri*'nin 250 µg/ml konsantrasyonun üzerinde duyarlı olduğu bulunmuştur. *P. fluorescens* ve *V. anguillarum*'un 62,5 µg/ml'nin altındaki tannik asit konsantrasyonlarına dirençli olduğu belirlendi. Ayrıca, *E. coli, A. hydrophila* ve *Y. ruckeri*'nin 125 µg/ml'nin altındaki tannik asit konsantrasyonlarına dirençli olduğu belirlendi. Tannik asidin MİK değeri, E. coli için 187,5 µg/ml, Y. ruckeri için 125 µg/ml, P. fluorescens için 31,25 µg/ml ve V. anguillarum için 375 µg/ml konsantrasyona sahip tüplerde belirlendi.

Anahtar kelimeler: Antimikrobiyal duyarlılık, balık patojenleri, su ürünleri yetiştiriciliği, tannik asit, tedavi.

INTRODUCTION

In rainbow trout farming, fish disease problems are frequently encountered due to the increasing stock density in fish ponds in order to meet increasing consumer demands. Intensive fish stocking in fish farms often leads to the emergence of stress-related diseases. The absence of early diagnosis and treatment of these diseases cause great economic losses like weight loss and mass deaths. This case significantly affects sustainable production in aquaculture. Antibiotics are used to treat bacterial agents because they are generally the most effective and cheapest according to the antimicrobial test results. In recent years, it has been reported that bacteria have become resistant to antibiotics used in aquaculture and have caused residual problems in terms of human health (Balta, 1999; Balta & Çağırgan, 2007; 2019). Disease problems are encountered in rainbow trout farms in terrestrial and marine environments in the Black Sea region due to intensive production and environmental stress. In particular, furunculosis, yersiniosis, vibriosis and pseudomonas disease agents have been isolated in rainbow trout in net cages in the Black Sea (Altinok et al., 2007; Balta, 2016; 2020; Balta & Dengiz Balta, 2016; 2017; Balta et al., 2016; Balta & Yılmaz, 2019; Kacar & Balta, 2017). It has been reported that they are water-soluble polyphenolic compounds that group chemicals with important biological properties such as tannins (tannic acids), antimicrobial, anti-inflammatory, anti-viral, antioxidant, and anti-parasitic activities (Alavinia et al., 2018; Pérez-Fonseca et al., 2016). It was reported that polyphenol tannic acid (TA) was 100% effective on *Ichthyophthirius multifiliis* theronts and tomonts by damaging the plasma membrane depending on dose and time. It has been notified that tannins are commonly found in different parts of the bark, fruit, leaves, and roots of various plants (EL-Hefny et al., 2017). There are two different types of tannins that can be hydrolyzed and condensed. It has been reported that tannins have major functions such as binding and precipitating proteins and other macromolecules (Brooker et al., 1994). The European Community banned the use of antibiotics as growth promoters in animal nutrition in 2006. As a result, many approaches have been tried to control or prevent subclinical diseases in animals as well as to improve growth performance and maximize economic sustainability (Schiavone et al., 2008). In the study, tannic acid, which is a natural feed additive of plant origin (chestnut tree), was considered an alternative to antibiotics in order to eliminate these problems and raise fish in a healthy way. The tannic acid is a tannin compound with a sour taste, in brown powder form, with a minimum of 75% polyphenol content, pH 3-5 in its 10% solution and a maximum of 8% humidity (Balta, & Tekin, 2021). It has been shown that tannin has an inhibitory effect on microorganisms by decreasing enzyme activity, dysfunction of the cell membrane, as well as deprivation of substrate, metal ions and minerals (Cipriano-Salazara et al., 2018; Goel et al., 2005).

In this study, it was aimed to determine the antimicrobial activity of silvafeed (tannic acid) against *Aeromonas hydrophila*, *Pseudomonas fluorescens*, *Yersinia ruckeri*, and *Vibrio anguillarum* isolated from disease cases in rainbow freshwater trout farms and sea trout farms in the Black Sea region.

MATERIAL AND METHOD

Silvafeed TSP (Tannic Acid): Silvafeed TSP used in this study was obtained from Profeed Food and Chemical Substances Industry and Trade Ltd. Şti. Silvafeed TSP is marketed as a commercial product in the form of a water-soluble powder obtained using natural extraction processes from plants. To determine the antimicrobial activity of silvafeed, 0.1 g and 0.2 g were weighed on a precision balance (0.0001 g) and dissolved in 100 ml of a suitable solvent. Ten-fold dilutions of Silvafeed were prepared in 20 ml glass bottles.

Test Microorganisms: In the study, four different Gram-negative bacteria isolated from disease outbreaks in rainbow trout farms in the Eastern Black Sea Region were used. *A. hydrophila (*A08, A25, A53, A61) (Balta, 2020), *P. fluorescens* (P08, P29, P57, P73) (Kacar & Balta, 2017), *V. anguillarum* (V87, V140, V823, V976) (Balta, 2016; Balta & Dengiz Balta, 2017; Balta & Yılmaz, 2019), and *Y. ruckeri* (Y15, Y25, Y35, Y61) isolates (Balta et al., 2010; 2016), which were identified in previous studies and stocked at -80°C in a medium containing 1.5% glycerol, were grown on Tryptic Soy Broth (TSB). The effectiveness of dilutions of tannic acid in different concentrates was determined by preliminary studies on the diameters of the inhibition zones formed against the quality control strainof *E. coli* (ATCC 25922). Zone diameters formed by fish pathogens were compared with standard of quality control strain *E. coli* zone diameters. The bacterial density used in the study was adjusted according to McFarland 0.5 density. The bacterial isolates and their origins tested in the study are given in Table 1.

Chemicals: Tannic acid was weighed in three different amounts (0.1 g, 0.2 g and 0.3 g) on a precision balance. Tannic acid was dissolved in a 100 ml flask with 2% methanol containing 0.1M HCl. A magnetic bar was placed in the flasks containing tannic acid and homogenized with a magnetic stirrer. Tannic acid solutions were sterilized with sterile 0.45 µm membrane filters

(Merck-Millipore) with injector attachment. Tannic acid solutions were divided into sterile 20 ml bottles of 5 ml each and stored at -20°C. During the study, tannic acid stock solutions were removed from the deep freezer at -20°C. It was melted at room temperature. Tannic acid was diluted from the main stock solution with the help of sterile distilled water and different concentrations of tannic acid were prepared distinct solutions, which are given in Table 2. Antibiotic discs (Bioanalysis) used in the antimicrobial tests were purchased from a commercial company.

Table 1. The location and origin of bacterial isolates used in this study.

No	Bacteria species	Origins	Location
E1	*E. coli*	ATCC 25922	American Type Culture
A08	*A. hydrophila*	Kidney of rainbow trout	Fish farm / Artvin
A25	*A. hydrophila*	Kidney of rainbow trout	Fish farm / Erzurum
A53	*A. hydrophila*	Kidney of rainbow trout	Sea Fish farm / Rize
A61	*A. hydrophila*	Kidney of rainbow trout	Sea Fish farm / Trabzon
P08	*P. fluorescens*	Kidney of rainbow trout	Fish farm / Artvin
P29	*P. fluorescens*	Kidney of rainbow trout	Fish farm / Gümüşhane
P53	*P. fluorescens*	Kidney of rainbow trout	Fish farm / Rize
P58	*P. fluorescens*	Kidney of rainbow trout	Fish farm / Sivas
V08	*V. anguillarum*	Kidney of rainbow trout	Sea Fish farm / Artvin
V52	*V. anguillarum*	Kidney of rainbow trout	Sea Fish farm / Ordu
V53	*V. anguillarum*	Kidney of rainbow trout	Sea Fish farm / Trabzon
V61	*V. anguillarum*	Kidney of rainbow trout	Sea Fish farm / Rize
Y08	*Y. ruckeri*	Kidney of rainbow trout	Fish farm / Artvin
Y25	*Y. ruckeri*	Kidney of rainbow trout	Fish farm / Erzurum
Y28	*Y. ruckeri*	Kidney of rainbow trout	Fish farm / Giresun
Y61	*Y. ruckeri*	Kidney of rainbow trout	Sea Fish farm / Trabzon

Table 2. Concentrations of two-fold serial dilutions of tannic acid.

Tubes	Two-fold serial dilutions of tannic acid	Concentration
1.	1 ml→ 2 mg(=2000 µg)	2000 µg TA
2.	1 ml 2000 µg TA + 1 ml sterile water	1000 µg TA
3.	1 ml 1000 µg TA + 1 ml sterile water	500 µg TA
4.	1 ml 500 µg TA + 1 ml sterile water	250 µg TA
5.	1 ml 250 µg TA + 1 ml sterile water	125 µg TA
6.	1 ml 125 µg TA + 1 ml sterile water	62,5 µg TA
7.	1 ml 62,5 µg TA + 1 ml sterile water	31,25 µg TA
8.	1 ml 31,25 µg TA + 1 ml sterile water	15,625 µg TA
9.	1 ml 15,625 µg TA + 1 ml sterile water	7,8125 µg TA
10	1 ml 7,8125 µg TA + 1 ml sterile water	3,90625 µg TA
11.	0,1 M HCl + methanol	Control

Media Preparation: In this study, the method used by Arret et al. in 1971 was modified to determine the antimicrobial susceptibility of tannic acid (Balta, 1999; Balta & Çagırgan, 2007; Balta & Çagırgan, 2010). Briefly, Mueller Hinton Agar (MHA) instead of Antibiotic Medium No: 2 was used for antimicrobial testing. Zone diameters formed by tannic acid for five different bacteria were measured using a digital compass (Mitutoyo). MHA and MHA with 1.5% added salt were prepared for the microorganisms to be tested. The sensitivity of tannic acid to *V. anguillarum* was performed in saline MHA. The sensitivity of other microorganisms was tested in MHA. Briefly, four petri dishes were placed on A4 paper and four circles were drawn. Then, with the help of a ruler and digital caliper, a template was prepared by marking the places where six porcelain beads would be placed at equal distances from each other. Six sterile porcelain beads were placed evenly in the petri dish, then poured and cooled to 50°C sterile MHA into petri dish. After the Mueller Hinton agars were frozen, the porcelain beads were removed with the help of sterile forceps and kept in the refrigerator at +4°C for a maximum of 10 days until used.

Disk Diffusion Test: In addition, the sensitivity of the same bacterial strains to eight different antibiotics was determined. Disc diffusion method was used to determine the antibiotic susceptibility of these microorganisms (CLSI, 2006). For this purpose, overnight cultures of each bacterial isolate and quality control strain used in the study were homogenized in tubes containing 2 ml FTS and adjusted to Mc Farland No 0.5 density. Then, 0.1 ml of the prepared bacterial suspensions were taken and inoculated into MHA. Antibiotic discs were placed on the MHA with the help of an automatic dispenser. In the study, 8 different antibiotics, namely ampicillin (10 µg), gentamicin (10 µg), doxycycline (30 µg), enrofloxacin (5 µg), oxytetracycline (30 µg), sulfamethoxazole (100 µg), and trimethoprim/sulfamethoxazole (1.25/23.75 µg) disk (Bioanalysis) were used. MHA were incubated for 24 hours at 28°C (CLSI, 2006). After incubation, the diameters of the inhibition zones where the bacteria formed around the antibiotic discs did not grow were measured with the help of a digital caliper. Standard zone diameters formed by different antibiotics are given in Table 3.

Table 3. Zone diameter standards of different antibiotics.

Antimicrobial agents	Measured inhibition zone diameter (mm)			
	R	I	S	Literature
AM-10 µg	≤ 13	14-16	≥ 17	CLSI, 2014
CN-10 µg	≤ 12	13-14	≥ 15	CLSI, 2014
DO-30 µg	≤ 10	11-13	≥ 14	CLSI, 2013
ENR-5 µg	≤ 16	17-20	≥ 21	CLSI, 2014
FFC-30 µg	≤ 14	15-18	≥ 19	CLSI, 2014
T-30 µg	≤ 14	15-18	≥ 19	CLSI, 2014
SMZ-100 µg	≤ 12	13-16	≥ 17	CLSI, 2014
SXT-25 µg	≤ 10	11-15	≥ 16	CLSI, 2014

AM: Ampicillin, CN: Gentamicin, DO: Doxycycline, ENR: Enrofloxacin, FFC: Florfenicol, T: Oxytetracycline, SMZ: Sulfamethoxazole, SXT: Trimethoprim/Sulfamethoxazole,
R: Resistant, I: Intermediate, S: Sensitive.

Determination of Antimicrobial Susceptibility of Tannic Acid: This study was carried out to determine the antimicrobial susceptibility of five different Gram-negative bacterial isolates to tannic acid. Microorganisms to be tested were removed from the deep freezer at -80°C. *E. coli*, *A. hydrophila*, *P. fluorescens*, and *Y. ruckeri* were seeded into TSA. *V. anguillarum* was inoculated into TSA supplemented with 1.5% salt. The seeded media were incubated for 48 hours in a refrigerated incubator at 20°C. These media were incubated for 24 hours in a refrigerated incubator at 20°C. Pure bacterial colonies in fresh cultures were received by loop and adjusted to McFarland 0.5 turbidity in sterile 1.5 ml physiological saline (0.9% NaCl). The pre-prepared MHA with wells was removed from the refrigerator and dried in an incubator at 36°C for 30 minutes. 1.5 ml of bacterial suspension adjusted to McFarland 0.5 turbidity was poured onto dried MHA and spread over the medium for a period of 30 seconds by wrist movement. Excess bacterial suspensions were collected in a beaker to be sterilized in an autoclave. 100 µl of each of

the 10-fold dilutions prepared at different concentrations from the tannic acid stock solution was added to the well created in MHA using a micropipette. Each different concentration was studied in triplicate. MHA media with different concentrations of tannic acid were incubated for 24 hours in a cooling incubator at 28°C. The diameters of the zones where bacteria did not grow around each well were measured with the help of digital caliper (Mitutoyo) and recorded by taking the average of the zone diameters.

Determination of Minimal Inhibitory Concentration (MIC): While preparing the stock solution of tannic acid to be used in the test, 100 ml of methanol solution containing 2% HCl (Merck) was used. Tannic acid was weighed 0.2 and 0.3 gr on a precision balance and dissolved in a methanol solution containing 2% 0.1M HCl in a 100 ml flask. Tannic acid stock solutions were divided into sterile 20 ml bottles of 5 ml each and stored in a deep freezer at -20°C. Two-fold serial dilutions were performed in a previously sterilized tannic acid stock solution, Mueller Hinton Broth (MHB). Then, 10 µl of fresh overnight bacterial cultures grown in TSB (supplemented with 1.5% salt for *Vibrio*) at 25°C were added to each test tube except for the control group. All of the tubes were incubated at 25°C for 24 hours. MIC values were performed in duplicate for each of the different concentrations of tannic acid. The lowest concentration of the chemical substance in the tubes where bacteria did not grow was accepted as the MIC value (CLSI, 2015). Different concentrations of two-fold serial dilutions prepared in Mueller Hinton Broth to determine tannic acid MIC values are given in Table 6.

RESULTS

In this study, the sensitivity of five different bacterial isolates to silvafeed TSP (tannic acid), was determined. In the same study, tannic acid MIC values of five different bacterial isolates were determined.

Disk Diffusion Test: In this study, the zone diameters of five different bacteria against eight different antibiotics in MHA were measured by the agar disc diffusion method, and these values were compared with the standard zone diameter values in Table 3 to determine the antimicrobial sensitivity of five microorganisms. It was determined that *P. fluorescens*, one of the bacteria used in the study, was resistant to all other antimicrobials used in the study except gentamicin and doxycycline. *A. hydrophila*, *E. coli*, *V. anguillarum*, and *Y. ruckeri* were sensitive to other antibiotics except ampicillin. Sensitivity values of five microorganisms are given in Table 4.

Determination Antimicrobial Sensitivity of Tannic Acid with Agar Well Diffusion Testy: In this study, the antimicrobial activity of tannic acid at different concentrations was determined against five different microorganisms. While tannic acid was detected to be sensitive above 250 µg/ml against *E. coli*, *A. hydrophila*, and *Y. ruckeri* isolates, these values have been found to be sensitive over 125 µg/ml for *P. fluorescens* and *V. anguillarum*. The antimicrobial susceptibility of tannic acid (TA) against five different bacterial isolates is given in Table 5.

Table 4. Antimicrobial susceptibility of eight antibiotics against test microorganisms.

Bacterial isolates	Antibiotic Discs							
	AM	CN	DO	ENR	FFC	T	SMZ	STX
E01	R	S	S	S	S	S	S	S
A08	R	S	S	S	S	R	I	S
A25	R	S	S	S	S	R	I	S
A53	R	S	S	S	S	R	I	S
A61	R	S	S	S	S	R	S	S
P08	R	S	I	R	I	R	R	R
P29	R	S	I	R	R	R	R	R
P53	R	S	S	R	R	R	R	R
P58	R	S	S	R	R	R	R	R
V08	R	S	S	S	S	I	R	I
V52	R	S	S	S	S	I	I	S
V53	R	S	S	S	R	R	R	R
V61	R	S	S	S	S	S	S	S
Y15	R	S	S	S	R	I	R	I
Y25	R	S	S	S	R	R	R	I
Y28	R	S	S	S	I	R	I	S
Y61	R	S	S	S	I	I	I	S

E01: *E. coli*, *A. hydrophila* (A08, A25, A53 and A61), *P. fluorescens* (P08, P29, P57 and P73), *V. anguillarum* (V87, V140, V823 and V976) and *Y. ruckeri* Y15, Y25, Y35 and Y61),
AM (10 µg): Ampicillin, CN (10 µg): Gentamicin, DO (30 µg): Doxycycline, ENR (5 µg): Enrofloxacin, FFC (30 µg): Florfenicol, OTC (30 µg): Oxytetracycline, SMZ (100 µg): Sulfamethoxazole, STX (25 µg): Trimethoprim/Sulfamethoxazole,
R: Resistant, I: Intermediate, S: Sensitive

Table 5. Antimicrobial susceptibility of tannic acid (TA) to five different bacterial isolates.

Bacterial isolates	Tannic Acid Concentration (µg/ml)							
	2000	1500	1000	500	250	125	62,5	31,25
E01	S	S	S	S	S	R	R	R
A08	S	S	S	S	S	R	R	R
A25	S	S	S	S	S	R	R	R
A53	S	S	S	S	S	R	R	R
A61	S	S	S	S	S	R	R	R
P08	S	S	S	S	S	S	R	R
P29	S	S	S	S	S	S	R	R
P53	S	S	S	S	S	S	R	R
P58	S	S	S	S	S	S	R	R
V08	S	S	S	S	S	S	R	R
V52	S	S	S	S	S	S	R	R
V53	S	S	S	S	S	S	R	R
V61	S	S	S	S	S	S	R	R
Y15	S	S	S	S	S	R	R	R
Y25	S	S	S	S	S	R	R	R
Y28	S	S	S	S	S	R	R	R
Y61	S	S	S	S	S	R	R	R

E01: *E. coli*, *A. hydrophila* (A08, A25, A53 and A61), *P. fluoresens* (P08, P29, P53 and P58), *V. anguillarum* (V08, V52, V53 and V61) and *Y. ruckeri* Y15, Y25, Y28 and Y61),
R: Resistant, S: Sensitive.

Determination of Minimal Inhibitory Concentration (MIC): In this study, the MIC values of five different bacterial isolates were investigated against different concentrations of tannic acid (0.2 and 0.3 g stock). Although *A. hydrophila* did grow at a concentration of 187.5 µg/ml MIC value, no bacteria were observed in tubes with a concentration of 250 µg/ml. MIC value of 250 µg/ml was accepted as the first tube in which *A. hydrophila* did not grow in MHB tubes with tannic acid. It was determined that the MIC values for tannic acid at different concentrations with *E. coli* and *Y. ruckeri* were found in the tube with concentrations of 187.5 µg/ml and 125 µg/ml,

respectively. The MIC value of tannic acid was found in a tube with a concentration of 31.25 µg/ml for *P. fluorescens* and 375 µg/ml for *V. anguillarum*. No bacteria were added to the control group, but sterile 0.9% NaCl was added. In addition, the effectiveness of 2% methanol and 0.1M HCl used in the preparation of the main stock of tannic acid was determined by preliminary tests to have no effect on bacterial growth. The MIC values of tannic acid against isolates of five different bacterial species are given in Table 6.

Table 6. MIC values of tannic acid against isolates of five different bacterial species.

Bacterial isolates	Tannic Acid Concentration (µg/ml)															
	3000	1500	1000	750	500	375	250	187,5	125	93,75	62,5	46,875	31,25	23,44	15,625	Control
E01	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+	+	+	+	+	+	+
A08	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+	+	+	+	+	+	+
A25	-	-	-	-	-	-	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+
A53	-	-	-	-	-	-	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+
A61	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+	+	+	+	+	+	+
P08	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+	+	+
P29	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+	+
P53	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+	+	+
P58	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+	+
V08	-	-	-	-	-	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
V53	-	-	-	-	-	-	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+
V53	-	-	-	-	-	-	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+
V61	-	-	-	-	-	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Y15	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+	+	+	+
Y25	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+	+	+	+
Y28	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+	+	+	+	+
Y61	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+	+	+	+	+

E01: *E. coli*, *A. hydrophila* (A08, A25, A53 and A61), *P. fluorescens* (P08, P29, P53and P58), *V. anguillarum* (V08, V52, V53 and V61) and *Y. ruckeri* Y15, Y25, Y28 and Y61),
-: no bacterial growth, +: bacterial growth.

DISCUSSION AND CONCLUSION

Gram-negative bacterial fish pathogens cause mass mortality in fry and adult fish of cultured rainbow trout due to water temperature stress. Different antibiotics are used according to the antibiogram test results in the treatment of infections caused by *A. hydrophila*, *P. fluorescens*, *Y. ruckeri*, and *V. anguillarum* (Cagirgan & Tanrikul, 1998; Altinok et al., 2007; Balta et al., 2010; 2016; Balta & Dengiz Balta, 2016; 2017; 2019; Balta, 2020; Dincturk & Tanrikul, 2021).

It was reported that the usage of random antibiotics for the treatment of diseases causes some problems in aquaculture. The short-term (biochemical) and persistent (genetic) resistance to these antibiotics are formed when antibiotics are not used at the appropriate dose and duration in the treatment of bacterial infections (Balta, 1999; Balta & Çağırgan, 2007; Balta & Çağırgan, 2010). It causes failure in the use of the same antibiotics in the treatment of repeated infections. Moreover, the use of antibiotics causes residual problems in fish meat as well as chemical pollution in the aquatic environment, changes the benthic fauna, and prevents sustainable production (Çagırgan & Tanrikul, 1998; Balta, 1999; Balta & Çağırgan, 2007; Balta & Çağırgan, 2010; Balta, 2016; Balta & Dengiz Balta, 2019; Balta & Yılmaz, 2019; Onuk et al., 2015; 2017; Duman et al., 2017; Dincturk & Tanrikul, 2021).

Tannic acid is a polyphenolic water-soluble compound obtained from different parts of plants such as stems and leaves. Tannins are reported to have important biological properties such as antimicrobial, anti-inflammatory, antiviral, antioxidant, and anti-parasitic activities (Aydın & Üstün, 2007; Cipriano-Salazara et al., 2018; Kaczmarek, 2020). Since tannic acid obtained from plants is a natural substance, its usage in the treatment of diseases caused by bacteria has been reported to be a privilege. This study aimed to determine the effectiveness of tannic acid against four different bacterial species that cause disease in fish. The use of tannic acid in the treatment of fish pathogens will support organic aquaculture. In addition, using tannic acid will eliminate the residual problems of chemotherapeutics, reduce environmental pollution, eliminate its negative effects on human health, and facilitate the export of fish abroad. Using tannic acid may prevent possible carcinogenic and mutagenic effects on humans due to fish antibiotic residues. The antimicrobial sensitivities of tannic acid were determined to be effective at different concentrations for each bacterial species by disc diffusion and MIC tests against Gram-negative bacteria. Studies on fish pathogens of tannic acid are quite limited. It has been reported that its antioxidant activity, effect on intestine movement and effects on intestinal microflora of tannic acid have been studied by different researchers (Sell et al., 1985; Yılmaz & Romeo, 2004; Schiavone et al., 2008). Thanks to its flavoring properties, tannic acid has been reported to increase feed intake and reduce feed stress in poultry as a feed additive (Zoccarato et al., 2006; Schiavone et al., 2008). It balances the microflora by changing the microflora preference thanks to the competitive exclusion mechanism (Schiavone et al., 2008). It increases animal welfare and reproductive performance while it decreases the use of antibiotics and the fish mortality. It also has a growth performance improvement effect as it suppresses the increase of pathogenic bacteria and toxin formation (Zoccarato et al., 2006; Zoccarato et al., 2008). It has been reported that when fish infected with *V. harveyi* are fed with plant extracts from plants, they gain weight due to increased appetite and significantly increases the amount of white blood cells, red blood cells, hemoglobin, hematocrit, lymphocytes, and monocytes (Harikrishnan et al., 2012). A

study was carried out to investigate the effects of different concentrations (10, 20 and 30 ppm) on the immune system of the extract prepared from the medicinal plant *Ocimum sanctum* in common carp (*Cyprinus carpio*) fingerlings inoculated against heat-killed *A. hydrophila*. In the study, it was reported that maximum antibody response and more phagocytic activity were detected in the low-concentration group (10 ppm) compared to the control and other experimental groups (20 and 30 ppm) (Pavaraj et al., 2011). In a study investigating the effects of extracts and mixtures of three different (*Crataegi fructus* (Cf), *Artemisia capillarie*s and *Cnidium officinale*) medicinal plants on the growth of red sea bream (Coral) larvae and against *V. anguillarum*, it was determined that the number of *Vibrio* decreased in rotifers fed with these plant extracts. It was reported that rotifers fed with Cf extract grew statistically more than the other groups. In the same study, it was reported that Cf and these plant mixtures inhibited the growth of five infectious bacterial isolates, including *Aeromonas, Edwasiella, Photobacterium, Pseudomonas* and *Vibrio* genera, in rotifers fed with methanol extracts. The survival rate of the fish larvae was found to be considerably higher in the challenge (protective effectiveness) test performed with *V. anguillarum* compared to the control group by feeding the plant extract mixture. These results reported that sap-fed herb rotifers are beneficial for increasing growth and resistance to *V. anguillarum* in sea bream larvae and provide a new technology for the sustainable production of disease-resistant offspring (Takaoka et al., 2011). Six different concentrations of Silvafeed TSP (0.05%, 0.01, 0.02, 0.04, 0.08 and 0.1) using the Kirby-Bauer disc diffusion method antimicrobial activity have been tested against important fish pathogens, *A. hydrophila, A. salmonicida, A. bestiarum, A. sobria, L. anguillarum, Lactococcus garvieae, P. fluorescens, P. anguilliseptica, Y. ruckeri,* and *Vagococcus salmoninarum*. Although all concentrations of Silvafeed TSP are susceptible to *L. anguillarum* and *Y. ruckeri*, it has been reported to be resistant to *L. garvieae* and *V. salmoninarum*. *Aeromonas* species (except *A. bestiarum*, 0.05%) are susceptible, *P. fluorescens* and *P. anguilliseptica* have been found to be intermediate sensitive in the first two concentrations but sensitive in the other four concentrations (Tanrikul & Dincturk, 2017). In a study on the effects of phytochemicals, oxytetracycline and enrofloxacin antibiotics have been determined to be resistant to *Y. ruckeri*. However, *Moringa oleifera* and *Sorbus domestica* plant extracts inhibited the growth of bacteria by 40-50% in measurements made in a liquid medium (TSB); their effects have been less in a solid medium (MHA) (Onalan & Çevik, 2020).

At the end of this study, it was thought that Silvafeed TSP could be effective in the treatment of Gram-negative bacterial fish pathogens, and it would be beneficial to add it to the feeds as a feed additive for preventive purposes before the disease occurs.

CONFLICT OF INTEREST

The author declares no conflict of interest.

REFERENCES

Alavinia, S.J., Mirzargar, S.S., Rahmati-Holasoo, H. & Mousavi, H.E. (**2018**). The in vitro and in vivo effect of tannic acid on *Ichthyophthirius multifiliis* in zebrafish (*Danio rerio*) to treat ichthyophthiriasis. *Journal Fish Disease*, ***41***, 1793-1802. DOI: 10.1111/jfd.12886

Altinok, I., Balta, F., Capkin, E. & Kayis, S. (2007). Disease of rainbow trout caused by *Pseudomonas luteola.* Aquaculture, ***273***(4), 393-397. DOI: 10.1016/j.aquaculture.2007.10.025

Aydın, S.A. & Üstün, F. (2007). Tanenler 1. Kimyasal yapıları, farmakolojik etkileri, analiz yöntemleri. *İstanbul Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi*, ***33***(1), 21-31.

Balta, F. & Çağırgan, H. (2019). Oxytetracycline residues in cultured gilthead sea bream (*Sparus aurata* L. 1758) tissues. *African Journal of Biotechnology*, ***9***(42), 7192-7196.

Balta, F. & Çağırgan, H. 2(007). Levrek'lerde (*Dicentrarchus labrax* L., 1758) sağaltım sonrası oksitetrasiklinin kas ve derideki rezidüsünün belirlenmesi. *E.U. Journal of Fisheries & Aquatic Sciences*, ***24***(1), 173-178.

Balta, F. & Dengiz Balta, Z. (2016). Vibrio Infection and Treatment on the Juvenile Rainbow Trout (*Oncorhynchus mykiss*) Transferred Seawater. *J. Anatolian Env. and Anim. Sciences*, ***1***(1), 14-20. DOI: 10.35229/jaes.272222

Balta, F. & Dengiz Balta, Z. (**2017)**. Serotyping, genetic characterization and antimicrobial susceptibility determination of *Vibrio anguillarum* strains isolated from farmed rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) in the eastern Black Sea. *Ankara Üniv. Vet. Fak. Derg.*, ***64***, 321-328. DOI: 10.1501/Vetfak_0000002816

Balta, F. & Dengiz Balta, Z. (2019). Preparation of O-antigen from *Yersinia ruckeri* serotype O1 and use in the slide agglutination test. *J. Anatolian Env. and Anim. Sciences*, ***4***(3), 480-483. DOI: 10.35229/jaes.645416

Balta, F. & Dengiz Balta, Z. (2019). The isolation of *Lactococcus garvieae* from eyes of diseased rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) with exopthalmia. *J. Anatolian Env. and Anim. Sciences*, ***4***(1), 27-33. DOI: 10.35229/jaes.527258

Balta, F. & Tekin, N. (2021). Determination of antibacterial effect of tannic acid against some bacterial pathogens isolated from fish. *J. Anatolian Env. and Anim. Sciences*, ***6***(4), 532-539. DOI: 10.35229/jaes.1004833

Balta, F. & Yılmaz, H. (2019). Infection of *Vibrio parahaemolyticus* in culture sea bass (*Dicentrarchus labrax*). *J. Anatolian Env. and Anim. Sciences*, ***4***(2), 104-110. DOI: 10.35229/jaes.544439

Balta, F. (1999). Residue determination of cultered sea bass (*Dicentrarchus labrax* L., 1758) after oxytetracycline treatment. Ph.D. Thesis, Ege University, Graduate School of Natural and Applied Sciences, İzmir, Turkey, 93p, (published in Turkish).

Balta, F. (2016). Phenotypic, serotypic and genetic characterization and antimicrobial susceptibility determination of *Vibrio anguillarum*, isolatedf cultured sea bass (*Dicentrarchus labrax* L., 1758) in the southeast Black Sea, Turkey. *Fresenius Environmenal Bulletin*, ***25***(10), 4393-4400.

Balta, F. (2020). Determination of the antimicrobial susceptibilities of *aeromonas* spp. isolated from rainbow trout farms on the Fırtına River. *J. Anatolian Env. and Anim. Sciences*, ***5***(3), 397-407. DOI: 10.35229/jaes.785447

Balta, F., Dengiz Balta, Z., Ozgumus, O.B. & Çağırgan, H. (2016). The antimicrobial resistance and investigation of *Yersinia ruckeri* from rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) farms in the Eastern Black Sea Region. *J. Anatolian Env. and Anim. Sciences*, ***1***(3), 72-76. DOI: 10.35229/jaes.280741

Balta, F., Sandalli, C., Kayis, S. & Ozgumus, O.B. (2010). Molecular analysis of antimicrobial resistance in *Yersinia ruckeri* strains isolated from rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) grown in commercial fish farms in Turkey. *Bulletin of the European Association of Fish Pathologists*, ***30***(6), 211-219.

Brooker, J.D., O´Donovan, L.A., Skene, I., Clarke, K., Blackall, L. & Muslera, P. (1994).*Streptococcus caprinus* sp. nov., a tannin-resistant ruminal bacterium from feral goats. *Letters in Applied Microbiology*, ***18***, 313-318. DOI: 10.1111/j.1472-765X.1994.tb00877.x

Cağirgan, H. & Tanrikul, T.T. (1998). Testing the effectiveness of a Yersinia vaccine in infected and chemically treated juvenile rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Journal of Applied Ichthyology*, ***14***, 239-243.

Cipriano-Salazara, M., Rojas Hernándeza, S., Olivares Péreza, J., Jiménez Guillénb, R., Cruz Lagunasc, B., Camacho Díaza, L.M. & Ugbogud, A.E. (2018). Antibacterial activities of tannic acid against isolated ruminal bacteria from sheep. *Microbial Pathogenesis*, ***117***, 255-258. DOI: 10.1016/j.micpath.2018.01.045

CLSI. (2006). Method for antimicrobial disk susceptibility testing of bacteria isolated from aquatic animals; approved guideline VET03-A. Clinical and Laboratory Standards Institute, Wayne, Pennsylvania.

CLSI. (2013). Performance Standards for Antimicrobial Susceptibility Testing; Twenty-Third Informational Supplement. CLSI document M100-S23. Volume 33, No.1, Wayne, PA. 362p.

CLSI. (2014). Performance standards for antimicrobial susceptibility testing. Twenty-Fourth Informational Supplement. Clinical Laboratory Standards Institute, Wayne, USA, M100-S24, Volume 34, No. 1, 230p.

CLSI. (2015). Methods for Dilution Antimicrobial Susceptibility Tests for Bacteria. That Grow Aerobically; Approved Standard-Tenth Edition. Clinical Laboratory Standards Institute, Wayne, USA, M07-A10, Volume 35, No. 2, 51p.

Dincturk, E. & Tanrikul, T.T. (2021). *Yersinia ruckeri* and *Pseudomonas fluorescens* co-infection inrainbow trout (*Oncorhynchus mykiss* Walbaum, 1792). *Aquaculture Research*, ***52***(10), 4858-4866. DOI: 10.1111/are.15320

Duman, M., Altun, S., Cengiz, M., Saticioglu, I.B., Buyukekiz, A.G. & Sahinturk, P. (2017*)*. Genotyping and antimicrobial resistance genes of *Yersinia ruckeri* isolates from rainbow trout farms. *Diseases of Aquatic Organisms*, ***125***, 31-44. DOI: 10.3354/dao03132

EL-Hefny, M., Ashmawy, N.A., Salem, M.Z.M. & Salem, A.Z.M. (2017). Antibacterial activities of the phytochemicals-characterized extracts of *Callistemon viminalis*, *Eucalyptus camaldulensis* and *Conyza dioscoridis* against the growth of some phytopathogenic bacteria. *Microbial Pathogenesis*, ***113***, 348-356. DOI: 10.1016/j.micpath.2017.11.004

Goel, G., Puniya, A.K. & Singh, K. (2005). Tannic acid resistance in ruminal streptococcal isolates. *Journal of Basic Microbiology*, ***45***, 243-245. DOI: 10.1002/jobm.200410517

Harikrishnan, R., Balasundaram, C. & Heo, M.S. (2012). Effect of *Inonotus obliquus* enriched diet on hematology, immune response, and disease protection in kelp grouper, *Epinephelus bruneus* against *Vibrio harveyi*. *Aquaculture*, ***344-349***, 48-53. DOI: 10.1016/j.aquaculture.2012.03.010

Kacar Z.Z. & Balta, F. (2017). Multi Locus Sequence Analysis (MLSA)-Based identification of *Pseudomonas* spp. isolated from rainbow trout (*Onchorhynchus mykiss*) in the Eastern Black Sea Region of Turkey using. *Fresenius Environmental Bulletin*, ***26***(12), 7506-7512.

Kaczmarek, B. (2020). Tannic acid with antiviral and antibacterial activity as a promising component of biomaterials-a minireview. *Materials*, ***13***, 3224, DOI: 10.3390/ma13143224

Onalan, Ş. & Çevik M. (2020). Investigation of the effects of some phytochemicals on *Yersinia ruckeri* and antimicrobial resistance. *Brazilian Journal of Biology*, ***80***(4), 934-942. DOI: 10.1590/1519-6984.234969

Onuk, E.E., Çaycı, Y.T., Çoban, A.Y., Çiftci, A., Balta, F., Didinen, B.I., Pekmezci, G.Z., Altun, S., Ünlü, M.S, & Deveci, A. (2015). Türkiye'de su kaynaklı *Aeromonas* izolatlarında saptanan ilk

QnrS gen Pozitifliği. *Mikrobiyoloji Bülteni*, ***49***(1), 114-123.

Onuk, E.E., Çaycı, Y.T., Çoban, A.Y., Çiftci, A., Balta, F., Didinen, B.I. &, Altun, S. (**2017**). Balık ve yetiştirme suyu kökenli *Aeromonas* izolatlarının antimikrobial duyarlılıklarının saptanması. *Ankara Üniv. Vet. Fak. Derg.*, ***64***(1), 69-73.

Pavaraj, M., Balasubramanian, V., Baskaran, S. & Ramasamy, P. (**2011**). Development of immunity by extract of medicinal plant *Ocimum sanctum* on common carp *Cyprinus carpio* (L.). *Research Journal of Immunology*, ***4***(1), 12-18. DOI: 10.3923/rji.2011.12.18

Pérez-Fonseca, A., Alcala-Canto, Y., Salem, A.Z.M. & Alberti-Navarro, A.B. (2016). Anticoccidial efficacy of naringenin and a grapefruit peel extract in growing lambs naturally-infected with *Eimeria* spp. *Veterinary Parasitology*, ***232***, 58-65. DOI: 10.1016/j.vetpar.2016.11.009

Schiavone, A., Gua, K., Tassone, S., Gasco, Hernandez, E., Denti, R. & Zoccarato, I. (2008). Effects of a natural extract of chestnut wood on digestibility, performance traits, and nitrogen balance of broiler chicks. *Poultry Science*, ***87***(3), 521-527. DOI: 10.3382/ps.2007-00113

Sell, D.R., Reed W.M., Chrisman, C.L. & Rogler J.C. (1985). Mucin excretion and morphology of the intestinal tract as influenced by sorgunm tannins. *Nutrition Raports İnternational*, ***31***, 13691374.

Takaoka, O., Ji, S.C., Ishimaru, K., Lee, S.W., Jeong, G.S., Ito, J., Biswas, A. & Takii, K. (**2011**). Effect of rotifer enrichment with herbal extracts on growth and resistance of red sea bream, *Pagrus majör* (Temminck & Schlegel) larvae against *Vibrio anguillarum*. *Aquaculture Research*, ***42***, 1824-1829. DOI: 10.1111/j.1365-2109.2010.02783.x

Tanrikul, T.T. & Dincturk, E. (2017). Antibacterial susceptibility of hydrolysable tannins (Silvafeed TSP) against bacterial fish pathogens. *Aquaculture Europe 2017*, 17-20 October 2017; Dubrovnik, Croatia.

Yılmaz, Y. & Romeo, T.T. (2004). Major flavomolds in grapeseeds and skins: antioxidant capacity of catechin, epicatechin, and gallic acid. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, ***52***(2), 255-260. DOI: 10.1021/jf030117h

Zoccarato, I., Gasco, L., Schiavone, A., Guo, K., Barge, P., Rotolo, L., Savarino, G. & Masoero, G. (2008). Effect of extract of chestnut wood inclusion (ENC) in normal and low protein amino acid supplemented diets on heavy broiler rabbits. *In Proceedings of the 9th world rabbit congress* (pp. 873-877), 10-13 June 2008; Verona, Italy.

Zoccarato, I., Schiavone, A., Tassone, S., Gasco, L. & Malfatto, V. (2006). Study on the utilisation of a natural silvafeed in the nutrition of heavy chickens. *XII European Poultry Conference*, Verona (Italy).

Journal of Anatolian Environmental and Animal Sciences
(*Anadolu Çevre ve Hayvancılık Bilimleri Dergisi*)
DOI: https://doi.org/10.35229/jaes.1526167

JAES
Year: 9, No: 4, 2024 (590-597)
AÇEH
Yıl: 9, Sayı: 4, 2024 (590-597)

ARAŞTIRMA MAKALESİ **RESEARCH PAPER**

Antibiofilm, Antidiabetic and Antioxidant Potentials of *Vitis labrusca* L. Skin Extracts

Uğur KARDİL[1]* Zeynep AKAR[2] Azer ÖZAD DÜZGÜN[3]

[1]*Gümüşhane University, Department of Medical Services and Techniques, Gümüşhane University Vocational School of Health Services, Gümüşhane, 29000, Türkiye*
[2]*Gümüşhane University, Department of Genetics and Bioengineering, Faculty of Engineering and Natural Sciences, 29000, Gümüşhane, Türkiye*
[3]*Gümüşhane University, Department of Occupational Health and Safety, Faculty of Health Sciences, 29000, Gümüşhane, Türkiye*

Received: *01.08.2024* ***Accepted:*** *22.11.2024* ***Published:*** *31.12.2024*

How to cite: **Kardil, U., Akar, Z. & Özad Düzgün, A. (2024).** Antibiofilm, Antidiabetic and Antioxidant Potentials of *Vitis labrusca* L. Skin Extracts . *J. Anatolian Env. and Anim. Sciences*, ***9***(4), 590-597. https://doi.org/10.35229/jaes.1526167

Atıf yapmak için: **Kardil, U., Akar, Z. & Özad Düzgün, A. (2024).** *Vitis labrusca* L. Kabuk Ekstraktlarının Antibiyofilm, Antidiyabetik ve Antioksidan Potansiyelleri. *Anadolu Çev. ve Hay. Dergisi*, ***9***(4), 590-597. https://doi.org/10.35229/jaes.1526167

*: https://orcid.org/0000-0002-1815-5081
: https://orcid.org/0000-0001-9262-8070
: https://orcid.org/0000-0002-6301-611X

***Corresponding author's:**
Uğur KARDİL
Gümüşhane University, Department of Medical Services and Techniques, Gümüşhane University Vocational School of Health Services, 29000, Gümüşhane, Türkiye
✉: ugurkardil_61@hotmail.com

Abstract: This study examined the antioxidant, antimicrobial, antibiofilm, and α-glucosidase inhibitory activities and the total phenolic and flavonoid contents of the methanol, 50:50% methanol:water, and water extracts from *Vitis labrusca* L. skin parts. The 50:50% methanol:water extract exhibited the highest antioxidant activity, exhibiting 153 µM TEAC and 0.0947 mg/mL SC_{50}, as determined by the FRAP and DPPH• radical scavenging assays, respectively. Furthermore, the 50:50% methanol:water extract exhibited the highest total phenolic content and α-glucosidase enzyme inhibition among the other solvent extracts, with 141 µg/mL of GAE and an IC_{50} value of 0.103 mg/mL, respectively. The MIC values of the methanol, water and 50:50% methanol:water extracts were determined as 6.25, 25 and 12.5 mg/mL, aganist to clinical antibiotic resistance *Acinetobacter baumanii* respectively. The methanol, water and 50:50% methanol:water extracts were found to reduce the biofilm-forming capacity of the *Acinetobacter baumannii* isolate by approximately 1.7, 1.6 and 1.3-fold, respectively. The findings indicated that the 50:50% methanol:water extract exhibited the highest phenolic content, antioxidant activity, and α-glucosidase inhibition, whereas the methanol extract demonstrated the most pronounced antimicrobial and antibiofilm activities. The results of our research demonstrate that the utilization of diverse solvents and their respective compositions has the capacity to impart considerable variations in biological activity. This suggests the potential for *V. labrusca* skin components to serve as a valuable avenue in addressing ailments pertaining to oxidative stress and bacterial infections.

Keywords: Antibiofilm, antioxidant activity, α-glucosidase, *Vitis labrusca*.

Vitis labrusca L. Kabuk Ekstraktlarının Antibiyofilm, Antidiyabetik ve Antioksidan Potansiyelleri

Öz: Bu çalışmada, *Vitis labrusca* L. bitkisinin kabuk kısımlarından elde edilen metanol, 50:50% metanol:su ve su ekstraktlarının antioksidan, antimikrobiyal, antibiyofilm ve α-glukozidaz inhibitör aktiviteleri ile toplam fenolik ve flavonoid içerikleri incelenmiştir. 50:50% metanol:su özütü, sırasıyla FRAP ve DPPH• radikal süpürücü analizleriyle belirlendiği üzere, 153 µM TEAC ve 0,0947 mg/mL SC_{50} ile en yüksek antioksidan aktiviteyi sergilemiştir. 50:50% metanol:su ekstraktı, sırasıyla 141 µg/mL GAE ve 0,103 mg/mL IC_{50} değeri ile diğer çözücü ekstraktları arasında en yüksek toplam fenolik içeriği ve α-glukozidaz enzim inhibisyonunu sergilemiştir. Metanol, su ve 50:50% metanol:su ekstraktlarının MİK değerleri, klinik antibiyotik direnci olan *Acinetobacter baumanii*' ye karşı sırasıyla 6.25, 25 ve 12.5 mg/mL olarak belirlenmiştir. Metanol, su ve %50:50 metanol:su ekstraktlarının *Acinetobacter baumannii* izolatının biyofilm oluşturma kapasitesini sırasıyla yaklaşık 1.7, 1.6 ve 1.3 kat azalttığı bulunmuştur. Bulgular, 50:50% metanol:su ekstraktının en yüksek fenolik içerik, antioksidan aktivite ve α-glukozidaz inhibisyonu sergilediğini, metanol ekstraktının ise en belirgin antimikrobiyal ve antibiyofilm aktivitelerini gösterdiğini ortaya koymuştur. Araştırmamızın sonuçları, çeşitli çözücülerin ve bunların ilgili bileşimlerinin kullanımının biyolojik aktivitede önemli farklılıklar yaratma kapasitesine sahip olduğunu göstermektedir. Bu durum, *V. labrusca* kabuk bileşenlerinin oksidatif stres ve bakteriyel enfeksiyonlarla ilgili rahatsızlıkların ele alınmasında değerli bir yol olarak hizmet etme potansiyeline işaret etmektedir.

***Sorumlu yazar:**
Uğur KARDİL
Gümüşhane Üniversitesi, Tıbbi Hizmetler ve Teknikler Bölümü, Gümüşhane Üniversitesi Sağlık Hizmetleri Meslek Yüksekokulu, 29000, Gümüşhane, Türkiye
✉: ugurkardil_61@hotmail.com

Anahtar kelimeler: Antibiyofilm, antioksidan aktivite, α-glukosidaz, *Vitis labrusca*.

INTRODUCTION

The study of natural resources containing biologically active components has been a particularly prominent field of research in the recent years. This is particularly evident when considering the growing interest in health and healthy nutrition. Natural food products with a high nutritional value play an important role in the maintenance of human health. Fruits are natural foods that are rich in bioactive compounds such as vitamins, minerals and polyphenols. Thanks to their active ingredients, they can positively affect human health (Shashirekha et al., 2015). It is known that a number of different phytochemical components, including phenols, flavonoids, and carotenoids, are capable of scavenging and hinder of free radicals, including reactive oxygen species (ROS) (Husain & Kumar, 2012). It is widely acknowledged that many fruits are able to scavenge and hinder the formation of free radicals, which induce oxidative damage to biomolecules due to the antioxidant activity of their secondary metabolites. In addition, plant derived natural antioxidants are preferred over synthetic alternatives due to their favorable safety profiles (Nirmala et al., 2018).

Grape (*Vitis* L.), a member of the Vitaceae family, is one of the most widely consumed fruits worldwide, with a significant production volume. The most well-known and cultivated species within the *Vitis* genus are *Vitis labrusca* and *Vitis vinifera* (Trindade et al., 2016). Grapes can be consumed in their fresh or dried state, and they can also be used to produce wine, jam, grape juice, jelly, grape seed extract, vinegar, and grape seed oil (Granato et al., 2016). Grape exhibit high antioxidant and anticancer properties, which can be thanks to the phenolics, flavonoids, and anthocyanins found in their skin, flesh, and seed extracts (Cui et al., 2019). The grape has also been utilized in traditional medicine to treat a multitude of ailments due to its diverse biological activities (Liu et al., 2012). The variety of uses and the high phenolic content make the grapes very valuable.

Türkiye is an appropriate location for the cultivation of *V. vinifera* L. and *V. labrusca* L. varieties of grapevine. The genotypes of the *V. labrusca* species are widely cultivated in the Black Sea region. The plant's suitability for a rainy and humid climate, coupled with its durable structure, has permitted its cultivation in this region (Tahmaz et al., 2022). The hard and thick skin of the fruit, coupled with its large number of seeds, presents a significant obstacle to its consumption. The most common way to consume grapes is to squeeze them and remove the skin. The skin, which is easily removed, is not usually consumed.

Diabetes mellitus (DM) is one of the most prevalent metabolic disorders, characterized by deficiency or diminished effectiveness of insulin (Orhan et al., 2016). α-Glucosidase (EC 3.2.1.20) is an intestinal enzyme that catalyzes the break of the glycosidic bond in oligosaccharides into α-glucose (Safithri et al., 2016). Thus, an α-glucosidase inhibitor may be beneficial in the treatment of obesity and DM. It is therefore of great importance to identify novel natural α-glucosidase inhibitors against diabetes.

A significant public health concern worldwide is the high resistance of Gram-negative bacteria to antibiotics. The research and develop more effective natural antibacterials is crucial in order to combat the bacterial infections caused by pathogens.

It has been reported that grape seed proanthocyanidins, can act as anticarcinogenic agents (Nandakumar et al., 2008). Moreover, previous studies have demonstrated that grape seeds and skin extracts contain considerable levels of bioactive compounds (Rockenbach et al., 2011). Another study demonstrated that *V. vinifera* leaf extracts exhibited notable antimicrobial effects against several pathogenic bacteria (Moldovan et al., 2020). Another study has indicated that *Vitis vinifera* leaves may possess the ability to lower blood glucose levels in individuals with diabetes (Orhan et al., 2006).

Although there are numerous studies on the biological activities of *V. vinifera* varieties, the number of studies on *V. labrusca* genotypes remains limited. A review of the literature revealed that no study had been conducted to evaluate the antibiofilm and α-glucosidase inhibitor activities of the *V. labrusca* genotype. The goal of the present study was to evaluate the antibiofilm, antioxidant, antimicrobial and antidiabetic activities of various solvent (methanol, 50:50% methanol:water and water) extracts of *V. labrusca* skin parts.

MATERIAL AND METHOD

Plant material and sample preparation: The grape variety *V. labrusca*, which was harvested in Sürmene, Trabzon, Turkey in September 2023, was collected for analysis. The skins of the grapes were removed from the pulp. Then, over a period of four months, the skins were dried at ambient temperature. The dried samples were pulverized using a grinder. Following this process, the pulverized samples were extracted with solvents (methanol, 50:50% methanol:water and water) in a shaker for a period of two hours. Prior to analysis, the extracts were filtered through 0.45 µm syringe filters (Whatman), thus producing clear solutions. In order to evaporate the solvents at low pressure, a rotary evaporator

was utilized. All extracts were dissolved in their own solvents to the desired concentrations. The extracts were maintained at a temperature of 4°C until further utilization in subsequent experiments.

Determination of Antioxidant Activities

DPPH radical scavenging activity: The DPPH radical scavenging activities of extracts of skin parts of *V. labrusca* were investigated using the method described by Brand-Williams et al., (1995). The test concentrations of skin parts of *V. labrusca* extracts were adjusted to yield results with scavenging activity at concentrations providing approximately 50% of the maximal effect. The methodology involved mixing the extracts with a DPPH solution, maintaining the mixture at ambient temperature and in the absence of light for 50 minutes. The alterations in the absorbance of the DPPH radical following treatment with a standard antioxidant and extracts were quantified at a wavelength of 517 nanometers. A graph was generated based on the concentrations that corresponded to the absorbance values determined. The amount of sample required to halve the concentration of DPPH was determined in mg/mL and expressed as the SC_{50} (half of maximal scavenging concentration) value in this graph. The scavenging capacity of the extracts was compared to that of the reference antioxidant, Trolox.

Ferric reducing antioxidant power (FRAP): The FRAP effects of the extracts were in vitro evaluated using the method described by Benzie and Strain (1996). Firstly, all extracts were diluted to a concentration of 1 mg/mL. Subsequently, 50 µL of each extract and standard solution were combined with 1.5 µL of freshly prepared FRAP reagent in separate test tubes. Following a 20 minute incubation period, the absorbance values were spectrophotometrically measured at 595 nm. The results were calculated in µM TEAC (Trolox Equivalent Antioxidant Capacity) by means of a standard curve prepared from Trolox solutions.

Determination of Total Phenolic and Flavonoid Contents

Total phenolic content (TPC): The total phenolic content of the skin parts of *V. labrusca* extracted using different solvents were measured using Folin-Ciocalteu reagent method, as described by Slinkard and Singleton (1977). Firstly, each extracts and standard solution were mixed Folin reagent (0.2 N) in the test tubes. Then, the 7.5% solution of Na_2CO_3 was added to the solution and it was vortexed. Subsequently, the tubes were stored for a duration of 120 minutes in ambient conditions. Spectrophotometric analysis was conducted at a wavelength of 765 nm to determine the values of absorbance.

A series of standard solutions of varying concentrations of gallic acid were prepared. The total phenolic contents of the extracts were calculated as gallic acid equivalents (GAE µg/mL) utilizing the linear function of the standard calibration graph.

Total flavonoid content (TFC): The total flavonoid content of the skin parts of *V. labrusca* extracts was quantified in accordance with the method of Fukumoto and Mazza (2000).

A series of standard solutions of varying concentrations of quercetin were prepared. The total flavonoid substance amounts of the extracts were calculated as quercetin equivalents (QAE µg/mL) utilizing the linear function of the standard calibration graph.

Determination of Antimicrobial Activity

Determination of minimum inhibitory concentrations of extracts: The minimum inhibitory concentration (MIC) of the skin parts of *V. labrusca* extracted with different solvents were investigated by the liquid microdilution method against the clinically antibiotic-resistant *Acinetobacter baumannii* isolate. Experiments were performed in triplicate and on 96 well plates with an initial concentration of 50 mg/mL of the extracts (Çimen & Düzgün, 2020).

Investigation of antibiofilm properties of extracts: After determining the MIC value of the extracts, 1/2 MIC value was used in the biofilm experiment. The antibiofilm effect of skin parts of *V. labrusca* extracts were investigated on the clinical isolate *A. baumanii*, which has previously determined biofilm-forming capacity. Antibiofilm experiments were performed using the semi-quantitative crystal violet staining method. All experiments were performed in a 96 well plate and in triplicate. *Escherichia coli* Dh5@ (Ac) strain was used as a control in the experiments. Considering that the control strain did not form biofilm, the evaluation was made according to four different criteria: 1. A≤Ac Negative, 2. Ac<A≤2Ac Weak positive, 3. 2Ac<A≤4Ac Moderately positive, 4. A>4Ac Strong positive (Çimen & Düzgün, 2020).

Determination of Enzyme İnhibition

α-Glucosidase inhibition assay: The α-glucosidase enzyme activity of skin parts of *V. labrusca* extracts were investigated through a modification of the standard methodology (Yu, et al., 2012). Initially, 650 µL of phosphate buffer (pH: 6.8 and 0.1 M) was added to the tubes. Subsequently, 20 µL of the sample and 30 µL of the enzyme (*Saccharomyces cerevisiae*, lyophilised powder, ≥ 10 units/mg protein) were added. Following a 10-minute incubation period at 37 °C, 75 µL of substrate, 4-nitrophenyl α-D-glucopyranoside, was added to the mixture. After a 20 minute wait at the same temperature, 650 µL of 1 M Na_2CO_3 was added to the tubes, after which the absorbance values were measured on a UV/VIS spectrophotometer.

Acarbose was studied in different concentrations as the standard inhibitor. The study was conducted in three experimental groups. The IC_{50} values of acarbose and the samples were calculated (Kardil et al., 2024).

RESULTS AND DISCUSSION

Evaluation of antioxidant activity

In this study, DPPH and FRAP methods were used to determine the antioxidant activities of skin parts of *V. labrusca* extracts. The SC_{50} values, which represent the antioxidant activity of the extracts in terms of their capacity to scavenge DPPH radicals, are presented in Figure 1. All extracts exhibited concentration-dependent scavenging activities against the DPPH radical. The DPPH radical scavenging assay indicated that the 50:50% methanol:water extract of skin part of *V. labrusca* exhibited highest antioxidant activity, with an SC_{50} value of 0.0947 mg/mL, while the water extract demonstrated the lowest activity, with an SC_{50} value of 0.1953 mg/mL. In a previous study, Santos et al., (2011) reported that the SC_{50} values of DPPH radical scavenging activity in skin parts of grape methanolic extract was 234.53 µg/mL. The results of this study were comparable to those obtained in our own study. In another study, Rockenbach et al., (2011) reported that the SC_{50} values of DPPH radical scavenging activity in skin parts of grape methanol/water/acetic acid (80:20:5) extract was 3640 µmol of trolox equivalence per 100 grams of dry weight (µmol TE/100 g dw).

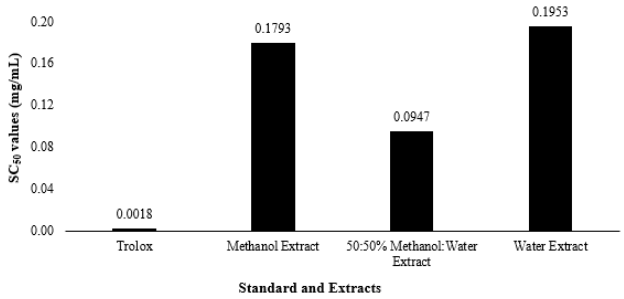


Figure 1. The SC_{50} values of skin parts of *V. labrusca* extracts.

The FRAP activities of the extracts are presented in Figure 2 and expressed as µM TEAC. The 50:50% methanol:water extract of skin parts of *V. labrusca* had the highest reducing activities, with 153 µM TEAC, while methanol and water extracts were 116 and 58 µM TEAC, respectively. In a study conducted by Rockenbach et al., (2011) it was demonstrated that the skin part of the Isabel grape exhibited reducing activities with a value of 4362 µmol Fe^{2+}/100 g dw. In another study, Dealindo et al., (2019) reported that 60% ethanolic extract of grape skin exhibited reducing activities with a value of 2627 mg ascorbic acid equivalence per 100 grams of dry weight (mg AAE/100 g).

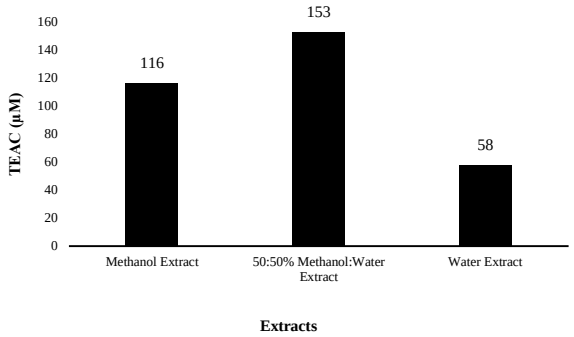


Figure 2. TEAC (µM) values of the skin parts of *V. labrusca* extracts.

Determination of total phenolic and flavonoid contents: The phenolic compounds, reactive oxygen species (ROS) scavengers, are responsible for many biological activities and including protection against such as cardiovascular diseases, atherosclerosis, hypertension, cancer, diabetes and neurological problems. The grape skins are the principal source of grape phenolic compounds, and the content of these compounds is subject to variation depending on the grape variety (Cosme et al., 2018). In the present study, the methanol:water extract of the skin parts of *V. labrusca*, prepared at a ratio of 50:50, exhibited the highest total phenolic content, with a value of 141 µg/mL GAE (Figure 3). In the literature, Rockenbach et al., (2011) reported that among the grape varieties subjected to analysis, the Isabel variety exhibited the highest concentration of phenolic compounds in the skin, with values reaching 1839 mg of catechin equivalence per 100 grams of dry weight (mg CE/100 g dw). According to the results of Santos et al., (2011) reported that the total phenolic contents of the skin parts of different grape species exhibited variation, with values ranging between 1.43 and 2.46 mg/g EAG. They also identified the Isabel variety as having the highest concentration of phenolic compounds in its extract.

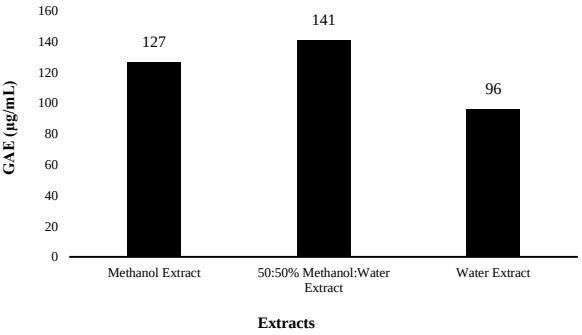


Figure 3. The TPC values of skin parts of *V. labrusca* L. extracts (µg/mL GAE).

Flavonoid compounds, which are secondary metabolites, are bioactive compounds that provide diverse benefits for human health (Raffa et al., 2017). In the present study, the flavonoid content of the methanol extract

derived from the skin parts of *V. labrusca* was found to be 0.057 µg/mL QAE. In solvent extracts containing either 100% or 50% water, precipitation was observed at the concentrations at which flavonoids were detected. In the literature, Deolindo et al., (2019) reported that the flavonoid content of 60% ethanolic extracts of grape skin was found to be 1504 mg of catechin equivalence per 100 grams of dry skin weight (mg CE/100 g fw). Kurt-Celebi et al., (2020) reported that the flavonoid content in the grape was affected by berry development. The study additionally revealed that the flavonoid content of overripe grape skin reached 93 mg of quercetin equivalence per 100 grams of fresh weight (mg QE/100 g fw).

The solvent composition resulted in notable alterations to the antioxidant activities of *V. labrusca* skin extracts. The methanol:water extract, prepared at a ratio of 50:50, demonstrated the most pronounced antioxidant activity and phenolic content. Akar et al., (2020) reported that the antioxidant activity of the extracts, which are typically composed of 50% methanol and 50% water, was found to be superior to that of the 100% methanol and 100% water extracts. The results of this study were found to be consistent with those of our own study. The findings revealed a positive correlation between the antioxidant activity of DPPH and FRAP, as well as the total phenolic content (TPC), of the skin parts of *V. labrusca* extracts.

Evaluation of antimicrobial activity: Against the clinical antibiotic resistant *A. baumanii* isolate, the MIC value of the 50:50% methanol:water extract of skin part of *V. labrusca* was determined as 12.5 mg/mL, of the extract with water was 25 mg/mL and of the methanol extract of *V. labrusca* was determined as 6.25 mg/mL (Table 1). The results indicated that the extraction of *V. labrusca* with methanol had the lowest MIC value and the highest antimicrobial activity. In the literature many studies have been conducted that methanol extracts prepared from various plants have higher antimicrobial activity compared to other solvents (Mothana et al., 2005; Debnath, 2008; Vadlapudi, 2010; Mabadahanye, 2022). The fact that crude extracts obtained with methanol gave quantitatively better results than other solvents is an indication of the high bioactivity of methanol extracts (Njume et al., 2011). Following the determination of MIC values for the extracts, the 1/2 MIC value was utilized in antibiofilm experiments. Antibiofilm experiment was performed by semi-quantitative crystal violet staining method. The antibiofilm activity of the extracts was evaluated based on the OD value (Ac: 0.1915) of the biofilm-forming capacity of the control isolate (*E. coli* Dh5@). Considering the biofilm-forming capacity of the control strain, it was observed that the *A. baumannii* clinical isolate had a moderate biofilm-forming capacity. When the antibiofilm activity results of the extracts were examined, it was determined that the extracts extracted with all three different solvents weakened the biofilm-forming capacity of the strain, which had a moderate biofilm-forming capacity (Table 1).

Table 1. MIC and antibiofilm results of the *V. labrusca* L. skin extracts.

	MIC Value (mg/mL)	Biofilm Value / OD
50:50% Methanol:Water	12.50	0.3216
Water	25.00	0.2632
Methanol	6.25	0.2417
A. bumannii	-	0.4132
E. coli Dh5@ (control)	-	0.1915

Antibiotic resistance is a major public health problem worldwide, with significant numbers of people affected each year. Biofilm formation in bacteria also contributes to the formation of antibiotic resistance. Special importance is given to studies on *A. baumannii* isolates with biofilm-forming capacity and high multidrug development potential (Mumtaz et al., 2023; Nasution et al., 2023). Fighting antibiotic resistance becomes more difficult because the development of new antibiotics takes a long time and is costly. Identification of new antimicrobial agents is required to treat infections. Consequently, plant extracts, which are a valuable source of bioactive compounds, play an important role as a novel strategy in the fight against pathogenic microorganisms (Manso et al., 2021). In a recent study, Silva et al., (2023) posited that plant-based products or their derivatives may serve as a promising therapeutic strategy for the eradication of bacterial biofilms and the associated infections. Moreover, it was stated that flavonoids and phenolic compounds appear to be the most efficacious against bacterial biofilms. In another study, Shamim et al., (2023) reported that phenolics and flavonoids are among the natural components that exhibit potent anti-biofilm properties. Therefore, in this study, the antimicrobial and antibiofilm activity of grape extracts against the multidrug-resistant clinical *A. baumannii* isolate was investigated. As a result, it is thought that extract of skin part of *V. labrusca* extracts extracted with different solvents have antimicrobial and antibiofilm activities and therefore may be supportive for the treatment of multidrug-resistant *A. baumannii* infections. Further research is required to fully elucidate the mechanism of action of the plant extract, with a view to optimising the clinical application of these compounds in the treatment of biofilm-associated infections (Tapia-Rodriguez et al., 2023).

Evaluation of α-glucosidase inhibitory effects: The α-glucosidase enzyme activity of skin parts of *V. labrusca* extracts in different solvents (methanol, 50:50% methanol:water and water) was found to be 0.211 mg/mL IC_{50}, 0.103 mg/mL IC_{50} and 0.435 mg/mL IC_{50}, respectively (Table 2). The 50:50% methanol:water extract (0.103 mg/mL IC_{50}) demonstrated the highest enzyme

activity, while the water extract (0.435 mg/mL IC_{50}) exhibited the lowest activity.

A search of the literature revealed no studies on α-glucosidase enzyme activity conducted only on the skin of this species. A number of studies have been conducted on the α-glucosidase enzyme, which is commonly found in grape pomace, a byproduct of wine production (Cisneros-Yupanqui et al., 2023). In a study, the % enzyme activity of a different species, *V. vinifera* pomace, was extracted at different temperatures (90, 120, and 150°C) and with different solvents (water, glycerol and ethanol) and examined. The analysis of the extracts revealed that the water-ethanol extract obtained at 90°C exhibited significant inhibition of α-glucosidase (98%) at a concentration of 1000 µg/mL (Huamán-Castilla et al., 2021). In a separate study, the anti-diabetic properties of Merlot grape pomace extract (40:60% ethanol:water) were investigated. It has been demonstrated that this species, which is employed particularly in the beverage industry, exhibits enzymatic efficacy (Kato-Schwartz et al., 2020). Similarly, in our study, the water-methanol mixture showed a higher effect. This can be interpreted as the use of solvents in a process of extraction, whereby different secondary metabolites are introduced into the solvent in specific proportions.

Table. 2 α-Glucosidase Enzyme inhibition activity of *Vitis labrusca* L. skin extracts.

Sample	IC_{50} (mg/mL)	R^2
Acarbose	0.029 ± 0.02	0.9911
Water	0.435 ± 0.09	0.9899
50:50% Methanol:Water	0.103 ± 0.03	0.9909
Methanol	0.211 ± 0.04	0.9927

CONCLUSION

This study presented the antioxidant, antimicrobial, antibiofilm, and α-glucosidase inhibitory activities and the total phenolic and flavonoid contents of skin parts of *V. labrusca* extracts. The study demonstrated that the use of diverse solvent compositions resulted in the extraction of varying secondary metabolites and their dissolution into solution, leading to notable distinctions in biological activity. The methanol:water extract of the skin parts of *V. labrusca*, at a ratio of 50:50, demonstrated the highest antioxidant and α-glucosidase inhibitory activity, along with the greatest total phenolic content. Furthermore, a correlation was identified between antioxidant activity, total phenolic content, and α-glucosidase inhibitory effects. In contrast, the findings demonstrate that the methanol extract of the skin parts of *V. labrusca* exhibited the most pronounced antimicrobial and antibiofilm activity than the other extracts. This study demonstrated, for the first time, that the skin part of *V. labrusca* exhibited both an antibiofilm effect and α-glucosidase inhibitory activity. The findings of our investigation suggest that skin parts of *V. labrusca* may serve as a promising candidate for the prevention and treatment of diseases associated with oxidative damage and bacterial infections. Consequently, further research is required to corroborate these biological activities and elucidate the underlying mechanisms of action.

Funding: This study did not receive a grant by any financial institution/sector.

Conflicts of Interest: The authors declare no conflict of interest.

REFERENCES

Akar, Z., Karakurt, A., Okumuş, F., Cinemre, S., Düzgün, A.Ö., Akar, B. & Can, Z. (2020). RP-HPLC-UV Analysis of the Phenolic Compounds, Antimicrobial Activity Against Multi-Drug Resistant Bacteria and Antioxidant Activity of Fruit and Seed of *Diospyros lotus* L. *International Journal of Secondary Metabolite*, ***7***(4), 237-246. DOI: 10.21448/ijsm.714108

Benzie, I.F. & Strain, J.J. (1996). The ferric reducing ability of plasma (FRAP) as a measure of "antioxidant power": the FRAP assay. *Analytical Biochemistry*, ***239***(1), 70-76. DOI: 10.1006/abio.1996.0292

Brand-Williams, W., Cuvelier, M.E. & Berset, C.L.W.T. (1995). Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. *LWT-Food science and Technology*, ***28***(1), 25-30. DOI: 10.1016/S0023-6438(95)80008-5

Cisneros-Yupanqui, M., Lante, A., Mihaylova, D., Krastanov, A.I. & Rizzi, C. (2023). The α-amylase and α-glucosidase inhibition capacity of grape pomace: A review. *Food and Bioprocess Technology*, ***16***(4), 691-703. DOI: 10.1007/s11947-022-02895-0

Cosme, F., Pinto, T. & Vilela, A. (2018). Phenolic compounds and antioxidant activity in grape juices: A chemical and sensory view. *Beverages*, ***4***(1), 22. DOI: 10.3390/beverages4010022

Cui, H., Abdel-Samie, M.A.S. & Lin, L. (2019). Novel packaging systems in grape storage—A review. *Journal of Food Process Engineering*, ***42***(6), e13162. DOİ: 10.1111/jfpe.13162

Çimen, M. & Düzgün, A.Ö. (2021). Antibiotic induced biofilm formation of novel multidrug resistant *Acinetobacter baumannii* ST2121 clone. *Acta Microbiologica et Immunologica Hungarica*, ***68***(2), 80-86. DOI: 10.1556/030.2020.01240

Debnath, M. (2008). Clonal propagation and antimicrobial activity of an endemic medicinal plant *Stevia rebaudiana*. *Journal of medicinal plants research*, ***2***(2), 45-51. https://academicjournals.org/article/article1380376383_Debnath.pdf

Deolindo, C.T.P., Monteiro, P.I., Santos, J.S., Cruz, A.G., da Silva, M.C. & Granato, D. (2019). Phenolic-rich Petit Suisse cheese manufactured with organic Bordeaux grape juice, skin, and seed extract:

Technological, sensory, and functional properties. *Lwt*, ***115***, 108493. DOI: 10.1016/j.lwt.2019.108493

Fukumoto, L.R. & Mazza, G. (2000). Assessing antioxidant and prooxidant activities of phenolic compounds. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, ***48***(8), 3597-3604. DOI: 10.1021/jf000220w

Granato, D., de Magalhães Carrapeiro, M., Fogliano, V. & van Ruth, S.M. (2016). Effects of geographical origin, varietal and farming system on the chemical composition and functional properties of purple grape juices: A review. *Trends in Food Science & Technology*, ***52***, 31-48. DOI: 10.1016/j.tifs.2016.03.013

Huamán-Castilla, N.L., Campos, D., García-Ríos, D., Parada, J., Martínez-Cifuentes, M., Mariotti-Celis, M.S. & Pérez-Correa, J.R. (2021). Chemical properties of *vitis vinifera* carménère pomace extracts obtained by hot pressurized liquid extraction, and their inhibitory effect on type 2 diabetes mellitus related enzymes. *Antioxidants*, ***10***(3), 472. DOI: 10.3390/antiox10030472

Husain, N. & Kumar, A. (2012). Reactive oxygen species and natural antioxidants: a review. *Adv Biores*, ***3***(4), 164-175. http://www.soeagra.com/abr/abr.htm

Kato-Schwartz, C.G., Corrêa, R.C.G., de Souza Lima, D., de Sá-Nakanishi, A.B., de Almeida Gonçalves, G., Seixas, F.A.V., Haminiuk, C.W.I., Barros, L., Ferreira, I.C.F.R., Bracht, A. & Peralta, R. M. (2020). Potential anti-diabetic properties of Merlot grape pomace extract: An in vitro, in silico and in vivo study of α-amylase and α-glucosidase inhibition. *Food Research International*, ***137***, 109462. DOI: 10.1016/j.foodres.2020.109462

Kardil, U., Akar, Z. & Düzgün, A.Ö. (2024). Investigation of antibiofilm and biological activities of *Vaccinium arctostaphylos* L. *Turkish Journal of Analytical Chemistry*, ***6***(1), 25-31. DOI: 10.51435/turkjac.1489982

Kurt-Celebi, A., Colak, N., Hayirlioglu-Ayaz, S., Kostadinović Veličkovska, S., Ilieva, F., Esatbeyoglu, T. & Ayaz, F.A. (2020). Accumulation of phenolic compounds and antioxidant capacity during Berry development in black 'Isabel' grape (*Vitis vinifera* L. x *Vitis labrusca* L.). *Molecules*, ***25***(17), 3845. DOI: 10.3390/molecules25173845

Liu, T., Zhao, J., Ma, L., Ding, Y. & Su, D. (2012). Hepatoprotective effects of total triterpenoids and total flavonoids from Vitis vinifera L against immunological liver injury in mice. *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine*, ***2012***(1), 969386. DOI: 10.1155/2012/969386

Mabadahanye, K., Bhembe, N.L. & Green, E. (2022). Crude extracts activity of three selected medicinal plants from the Venda region against some pathogenic organisms. *African Health Sciences*, ***22***(2), 717-727. DOI: 10.4314/ahs.v22i2.81

Manso, T., Lores, M. & de Miguel, T. (2021). Antimicrobial activity of polyphenols and natural polyphenolic extracts on clinical isolates. *Antibiotics*, ***11***(1), 46. DOI: 10.3390/antibiotics11010046

Moldovan, M.L., Carpa, R., Fizeșan, I., Vlase, L., Bogdan, C., Iurian, S.M., Benedec, D. & Pop, A. (2020). Phytochemical profile and biological activities of tendrils and leaves extracts from a variety of *Vitis vinifera* L. *Antioxidants*, ***9***(5), 373. DOI: 10.3390/antiox9050373

Mothana, R.A. & Lindequist, U. (2005). Antimicrobial activity of some medicinal plants of the island Soqotra. *Journal of ethnopharmacology*, ***96***(1-2), 177-181. DOI: 10.1016/j.jep.2004.09.006

Mumtaz, L., Farid, A., Alomar, S.Y., Ahmad, N., Nawaz, A., Andleeb, S. & Amin, A. (2023). Assesment of polyphenolic compounds against biofilms produced by clinical *Acinetobacter baumannii* strains using in silico and in vitro models. *Saudi Journal of Biological Sciences*, ***30***(9), 103743. DOI: 10.1016/j.sjbs.2023.103743

Nandakumar, V., Singh, T. & Katiyar, S.K. (2008). Multi-targeted prevention and therapy of cancer by proanthocyanidins. *Cancer letters*, ***269***(2), 378-387. DOI: 10.1016/j.canlet.2008.03.049

Nasution, H. R., Septama, A.W. & Nugraha, S.E. (2023). Antibiofilm formation activities of ethanol extract of *Curcuma domestica Val*. rhizome against multidrug-resistant *Acinetobacter baumannii*. *International Journal of Science, Technology & Management*, ***4***(4), 809-812. DOI: 10.46729/ijstm.v4i4.883

Nirmala, C., Bisht, M.S., Bajwa, H. K. & Santosh, O. (2018). Bamboo: A rich source of natural antioxidants and its applications in the food and pharmaceutical industry. *Trends in Food Science & Technology*, ***77***, 91-99. DOI: 10.1016/j.tifs.2018.05.003

Njume, C., Jide, A.A. & Ndip, R. N. (2011). Aqueous and organic solvent-extracts of selected South African medicinal plants possess antimicrobial activity against drug-resistant strains of *Helicobacter pylori*: inhibitory and bactericidal potential. *International Journal of Molecular Sciences*, ***12***(9), 5652-5665. DOI: 10.3390/ijms12095652

Orhan, N., Aslan, M., Orhan, D.D., Ergun, F. & Yeşilada, E. (2006). In-vivo assessment of antidiabetic and antioxidant activities of grapevine leaves (*Vitis vinifera*) in diabetic rats. *Journal of ethnopharmacology*, ***108***(2), 280-286. DOI: 10.1016/j.jep.2006.05.010

Orhan, D.D. & Orhan, N. (2016). Assessment of in-vitro antidiabetic-antioxidant effects of helianthus tuberosus, cydonia oblonga and allium porrum. *Turk J Pharm Sci*, ***13***(2), 181-188. https://jag.journalagent.com/tjps/pdfs/TJPS_13_2_60_67.pdf

Raffa, D., Maggio, B., Raimondi, M.V., Plescia, F. & Daidone, G. (2017). Recent discoveries of anticancer flavonoids. *European Journal of Medicinal Chemistry*, ***142***, 213-228. DOI: 10.1016/j.ejmech.2017.07.034

Rockenbach, I.I., Gonzaga, L.V., Rizelio, V.M., Gonçalves, A.E.D.S.S., Genovese, M.I. & Fett, R. (2011). Phenolic compounds and antioxidant activity of seed and skin extracts of red grape (*Vitis vinifera* and *Vitis labrusca*) pomace from Brazilian winemaking. *Food Research International*, ***44***(4), 897-901. DOI: 10.1016/j.foodres.2011.01.049

Safithri, M. & Sari, Y.P. (2016). Inhibition of α-glucosidase activity by ethanolic extract of Melia azedarach L. leaves. In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, ***31***(1), 012025. DOI: 10.1088/1755-1315/31/1/012025

Santos, L.P., Morais, D.R., Souza, N.E., Cottica, S.M., Boroski, M. & Visentainer, J.V. (2011). Phenolic compounds and fatty acids in different parts of *Vitis labrusca* and *V. vinifera* grapes. *Food Research International*, ***44***(5), 1414-1418. DOI: 10.1016/j.foodres.2011.02.022

Shamim, A., Ali, A., Iqbal, Z., Mirza, M.A., Aqil, M., Kawish, S.M., Siddiqui, A., Kumar, V., Naseef, P.P., Alshadidi, A.A.F. & Saheer Kuruniyan, M. (2023). Natural medicine a promising candidate in combating microbial biofilm. *Antibiotics*, ***12***(2), 299. DOI: 10.3390/antibiotics12020299

Shashirekha, M.N., Mallikarjuna, S.E. & Rajarathnam, S. (2015). Status of bioactive compounds in foods, with focus on fruits and vegetables. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, ***55***(10), 1324-1339. DOI: 10.1080/10408398.2012.692736

Silva, E., Teixeira, J.A., Pereira, M.O., Rocha, C.M. & Sousa, A.M. (2023). Evolving biofilm inhibition and eradication in clinical settings through plant-based antibiofilm agents. *Phytomedicine*, ***119***, 154973. DOI: 10.1016/j.phymed.2023.154973

Slinkard, K. & Singleton, V.L. (1977). Total phenol analysis: automation and comparison with manual methods. *American Journal of Enology and Viticulture*, ***28***(1), 49-55. DOI: 10.5344/ajev.1977.28.1.49

Tahmaz Karaman, H., Yuksel Kusku, D., Söylemezoğlu, G. & Çelik, H. (2022). Phenolic compound and antioxidant capacity contents of *Vitis labrusca*. L. genotypes. *Journal of Tekirdag Agriculture Faculty-Tekirdag Ziraat Fakultesi Dergisi*, ***19***(2), 318-331. DOI: 10.33462/jotaf.952108

Tapia-Rodriguez, M.R., Cantu-Soto, E.U., Vazquez-Armenta, F.J., Bernal-Mercado, A.T. & Ayala-Zavala, J.F. (2023). Inhibition of Acinetobacter baumannii biofilm formation by terpenes from Oregano (Lippia graveolens) essential oil. *Antibiotics*, ***12***(10), 1539. DOI: 10.3390/antibiotics12101539

Trindade, C., Bortolini, G.V., Costa, B.S., Anghinoni, J.C., Guecheva, T.N., Arias, X., Cesio, M.V., Heinzen, H., Moura, D.J., Saffi, J., Salvador, M. & Henriques, J.A.P. (2016). Antimutagenic and antioxidant properties of the aqueous extracts of organic and conventional grapevine *Vitis labrusca* cv. Isabella leaves in V79 cells. *Journal of Toxicology and Environmental Health, Part A*, ***79***(18), 825-836. DOI: 10.1080/15287394.2016.1190675

Vadlapudi, V. (2010). In vitro antimicrobial activity of methanolic extract of selected Indian medicinal plants. *Pharmacophore*, ***1***(3-2010), 214-219. https://pharmacophorejournal.com/9OMzTI0

Yu, Z., Yin, Y., Zhao, W., Liu, J. & Chen, F. (2012). Anti-diabetic activity peptides from albumin against α-glucosidase and α-amylase. *Food Chemistry*, ***135***(3), 2078-2085. DOI: 10.1016/j.foodchem.2012.06.088

Journal of Anatolian Environmental and Animal Sciences
(*Anadolu Çevre ve Hayvancılık Bilimleri Dergisi*)
DOI: https://doi.org/10.35229/jaes.1555931

JAES
Year: 9, No: 4, 2024 (598-606)
AÇEH
Yıl: 9, Sayı: 4, 2024 (598-606)

ARAŞTIRMA MAKALESİ RESEARCH PAPER

Effects of Liquid Vermicompost Usage on System Operational Success in Aquaponic Systems

Abidin KÜÇÜKAĞTAŞ[1]* İlker Zeki KURTOĞLU[1]*
[1] *Recep Tayyip Erdoğan University, Faculty of Fisheries, 53100 Rize, Türkiye*

Received: *26.09.2024* ***Accepted:*** *22.11.2024* ***Published:*** *31.12.2024*
How to cite: **Küçükağtaş, A. & Kurtoğlu, İ.Z. (2024).** Effects of Liquid Vermicompost Usage on System Operational Success in Aquaponic Systems. *J. Anatolian Env. and Anim. Sciences*, ***9***(4), 598-606. https://doi.org/10.35229/jaes.1555931
Atıf yapmak için: **Küçükağtaş, A. & Kurtoğlu, İ.Z. (2024).** Sıvı Solucan Gübresi Kullanımının Akuaponik Sistemlerde Sistem İşletim Başarısı Üzerine Etkileri. *Anadolu Çev. ve Hay. Dergisi*, ***9***(4), 598-606. https://doi.org/10.35229/jaes.1555931

*: https://orcid.org/0000-0002-4214-7997
: https://orcid.org/0000-0002-4500-7009

***Corresponding author's:**
İlker Zeki KURTOĞLU
Recep Tayyip Erdoğan University, Faculty of Fisheries, 53100 Rize, Türkiye
✉: ilker.kurtoglu@erdogan.edu.tr

Abstract: In this study, it was aimed to supplement the insufficient plant nutrients in the system water and to develop healthier plants in the aquaponic system. For this purpose, liquid vermicompost, which is identical to nature and whose nutritional value has been proven in many studies, was used. In the experimental designed as indoor aquaponic system, the effects of liquid vermicompost sprayed on the leaf (VL) and directly added to the water (VW) on fish/plant/water quality were examined. Liquid vermicompost was not added to the control group (C). A total of 225 juvenile *Cyprinus carpio* were placed in 9 experimental systems with 25 fish in each tank, in this experiment. As the fish species, juvenile carp individuals were used with an average total length of 11.67±1.07 cm and an average weight of 22.82±7.97 g. A total of 11 plant seedlings were planted in each system, consisting of 5 peppers, 2 lettuce and 4 beans. Each system was illuminated with a light intensity of 171.25 µmol/m^2/s for activate plants growth. The 1 ml/L of liquid vermicompost was sprayed to water and leaves for the VW and VL groups, respectively. No additional supply was provided to the C groups. The system water quality parameters of oxygen saturation, temperature, pH, conductivity were measured daily, and parameters of ammonia, nitrite, nitrate, phosphate and turbidity were measured in 15-day periods for 90 days duration. The results showed that concentration of liquid vermicompost (VC) selected as sufficient amount for plants sprayed either on leaves or in water did not adversely affect water quality in aquaponic systems. Therefore, the use of vermicompost by adding VC to aquaponic system water has been supported to compensate essential plant nutrients.

Keywords: Indoor aquaponics; liquid vermicompost, plant cultivation; sustainable aquaculture.

Sıvı Solucan Gübresi Kullanımının Akuaponik Sistemlerde Sistem İşletim Başarısı Üzerine Etkileri

***Sorumlu yazar:**
İlker Zeki KURTOĞLU
Recep Tayyip Erdoğan University, Faculty of Fisheries, 53100 Rize, Türkiye
✉: ilker.kurtoglu@erdogan.edu.tr

Öz: Bu çalışmada, akuaponik sistem suyunda yetersiz olan bitki besin maddelerinin takviye edilmesi ve sistemde daha sağlıklı bitkilerin geliştirilmesi amaçlanmıştır. Bu amaçla doğayla özdeş, besin değeri birçok çalışma ile kanıtlanmış sıvı solucan gübresi kullanılmıştır. İç mekan akuaponik sistem olarak tasarlanan deney düzeneğinde, yaprağa püskürtülen sıvı solucan gübresinin (VL) ve suya doğrudan eklenen sıvı solucan gübresinin (VW) balık/bitki/su kalitesine etkileri incelenmiştir. Kontrol grubuna (C) sıvı solucan gübresi eklenmemiştir. Bu deneyde, her tankta 25 balık olacak şekilde toplam 225 adet yavru *Cyprinus carpio* 9 deney düzeneğine yerleştirilmiştir. Ortalama balık boyu 11,67±1,07 cm ve ortalama balık ağırlığı 22,82±7,97 g olan yavru sazan bireyleri kullanılmıştır. Her sisteme 5 adet biber, 2 adet marul ve 4 adet fasulye olmak üzere toplam 11 adet bitki fidesi dikilmiştir. Her sistem bitki büyümesini aktive etmek için 171,25 µmol/m^2/sn ışık yoğunluğuyla aydınlatılmıştır. 1 ml/L sıvı solucan gübresi VW ve VL grupları için sırasıyla suya ve yapraklara püskürtülmüştür. C tanklarına ek bir vermikompost takviyesi yapılmamıştır. 90 günlük süre boyunca, sistem su kalitesi parametrelerinden oksijen doygunluğu, sıcaklık, pH, iletkenlik günlük olarak ve amonyak, nitrit, nitrat, fosfat ve bulanıklık parametreleri 15 günlük periyotlarda ölçülmüştür. Sonuçlar, bitkiler için yeterli miktarda seçilen sıvı vermikompost VC konsantrasyonunun yapraklara veya suya püskürtülmesinin akuaponik sistemlerde su kalitesini olumsuz etkilemediğini göstermiştir. Bu nedenle, akuaponik sistem suyuna VC eklenerek solucan gübresi kullanımı, temel bitki besin maddelerini telafi etmek için desteklenmiştir.

Anahtar kelimeler: Bitki yetiştiriciliği; iç mekan akuaponik sistem; sıvı vermikompost; sürdürülebilir akuakültür.

[*]*This study was produced from the doctoral thesis of Abidin KÜÇÜKAĞTAŞ.* *Bu çalışma Abidin KÜÇÜKAĞTAŞ'ın doktora tezinden üretilmiştir.*

INTRODUCTION

Urban life is increasingly shifting towards city centers where vertical living, characterized by multi-story apartment buildings, is becoming more concentrated. In particular, aquaculture investments operate in terrestrial areas where water quality is much better and cleaner (Minaz&Kubilay, 2021; Minaz et al., 2024). Water quality in aquaculture tends to deteriorate where sources are close to densely populated urban areas. In areas where quality and quantity are limited, the use of recirculating systems, which aim to reuse water by passing it through mechanical, physical and chemical processes such as filtration and disinfection, has become widespread. Biological filtration units placed in such systems ensure the reduction of dissolved nitrogenous nutrient molecules coming from fish farming in the water. Toxic molecules reduced to less toxic molecules through bacterial activity in biofiltration and increased plant nutrients in the system offers a significant advantage for plant cultivation, as in hydroponic systems. To benefit from these valuable nutrients emerging in recirculating aquaculture systems, integrated aquaponic systems with plant cultivation have been popular over the last few decades. Aquaponic systems are an integrated recirculating system consisting of a combination of hydroponic system and aquaculture system. One of the most important basic purposes of plant cultivation in aquaponic systems is to ensure that the plant uses nutrients and minerals such as nitrogen and phosphorus compounds in the system water, thereby improving the bio-physical structure of the system water (Estim et al., 2019).

Aquaponic systems have become an increasingly favored environmentally friendly animal and plant production technology in Turkey, as well as globally (Hu et al., 2012; Diver, 2006). Fish and plant species with high economic value are preferred in aquaponics applications. Different species have been frequently observed in aquaponic systems in terms of both fish culture and plant cultivation (Tidwell, 2012).

In aquaponic systems monitored for 90 days, the group with the highest plant density exhibited the best removal of nitrogen compounds and the best plant and fish growth (Makhdom et al., 2017). The importance of oxygen supplementation in providing oxygen content to plants in deep water culture applications used as plant beds in aquaponic systems has been highlighted (Yiğit, 2019). The use of synthetic fertilizers in plant production has been reported to pose significant threat to the natural sustainability of the fish component of the system (Turhan, 2005). Instead, vermicompost obtained through the biotransformation of organic waste with a zero-waste approach is becoming increasingly widespread in plant production (Şahin et al., 2020). Liquid vermicompost obtained by composting of solid worm castings, is delivered to plants in plant production either through drip irrigation or foliar fertilization. It has been reported that the nutrient-rich mixture produced by the biotransformation of vermicompost with microorganisms originating from the worm's body cavity successfully nourishes plants and protects them against various plant pests (Kiliç & Saraçoğlu, 2022).

In the literature, the use of liquid vermicompost to support plant nutrition and its use in agricultural activities in Turkey and around the world due to its natural effects in addressing structural disturbances in soil for plant cultivation has been the subject of numerous studies. However, no study related to the application of liquid vermicompost to plant roots via water or direct foliar spraying in aquaponic systems has been found in the literature. In aquaponic systems, the distribution of plant nutrients is generally limited due to fish cultivation. In intensive aquaponic practices, synthetic plant nutrients are used. This study aims to test the effectiveness of liquid vermicompost, which has proven to be valuable for plant growth, in aquaponic systems.

MATERIAL AND METHOD

Experimental Design: The study was conducted at the Fisheries Application and Research Center of Recep Tayyip Erdoğan University. A total of nine aquaponic systems with similar system components were used. Each system consisted of 3 glass aquariums with dimensions of 57.5 cm in width, 111 cm in length, and 40 cm in height. Each aquarium had a total volume of 255.3 liters.

Aquaponic systems, which have become widespread in recent years, are complex systems consisting of the combination of RAS (Recirculating Aquaculture Systems) systems, which aim to use much less water than flowthrough systems and "Hydroponic Systems". In this study, the basic components of aquaponic systems, which are fish tanks, plant beds, mechanical and biological filtration, pumping structure that provides water circulation, compressor ventilation to ensure that the oxygen needed for the living components of the system is absorbed from the air to the water, and to remove carbon dioxide from the water resulting from respiration, were created as basic components. Unlike other systems, artificial lighting with daylight quality was provided to the test setup carried out in indoor conditions.

The experimental setup included three groups of these systems, arranged in a three-tier configuration: a plant bed at the top, a fish tank in the middle, and a sump filter system at the bottom (Figure 1).

The water depths and volumes for each component were designed as follows:

•Plant Bed: Depth of 11 cm, water volume of 70 L.

•Deep Water Plant Bed (Floating System): Depth of 34 cm, water volume of 217 L.

•Fish Tank: Depth of 24 cm, water volume of 153 L.

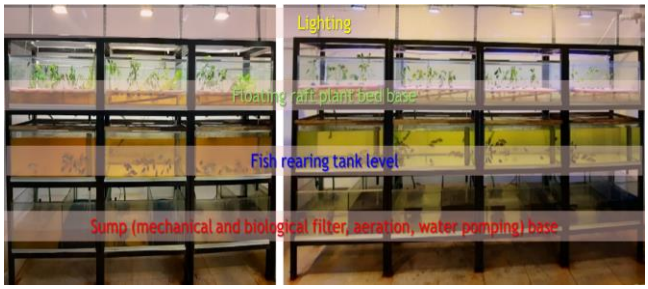


Figure 1. Control (C), Vermicompost from leaves (VL) and Vermicompost from water groups (VW) established in indoor conditions in this experiment.

The total water volume for each aquaponic system was 440 L. Well water was used as fresh water in the system. The water collected in a reservoir was thoroughly aerated and then added to the system as needed. Well water was used as fresh water in the system. Water collected in a reservoir was thoroughly aerated and then added to the system as needed. The quality of the aerated water ready to be given to the system is presented in Table 1.

Table 1. Measurements of aerated well water quality parameters used to compensate for water lost from evaporation and filter cleaning.

Measured Value	Measured Value
Water Temperature (°C)	17°C
pH	7.22
Nitrite (mg/L NO_2)	0.006
Nitrate (mg/L NO_3)	8.8
Phosphate (mg/L PO_4)	0.16
Ammonium (mg/L NH_4)	<0.03
Conductivity (µS/cm)	206.9
Salinity (‰)	0.10
Total Suspended Solids-TSS (mg/L)	2
Dissolved Oxygen (mg/L)	10.16
Dissolved Oxygen Saturation (%)	95.2
Total Hardness (mg/L $CaCO_3$)	89

Water circulation in the system was maintained using a VenusAqua P5200 circulation pump, while aeration was provided by a central blower system in the sump. The systems were supported by a central generator, ensuring no power outages during the 90-day experiment.

For filtration, a system consisting of aquarium filter sponges dimensions 50 × 50 × 5 cm was used, providing a total filtration volume of approximately 62.5 dm^3 with a surface area of 46.5 m^2 for mechanical and biological filtration. The lighting system was adjusted for indoor conditions, with a 16L:8D light/dark cycle corresponding to the region's longest daylight hours. ATLANTIS A3619 brand LED lamps were used, delivering useful light to the plants with a calculated Photosynthetic Photon Flux Density (PPFD) of 171.25 µmol/m^2/s.

Fish and Plant Materials: The fish used in the study were common carp (*Cyprinus carpio*), sourced from the Amasya Yedikır Carp Reproduction Facility of the Ministry of Agriculture and Forestry, Turkey. Lettuce (*Lactuca sativa*) seedlings with edible leaves and pepper (*Capsicum annuum*) seedlings and bean seedling (*Phaseolus vulgaris*) with edible fruits were placed in the experimental aquaponic system. A total of 11 plants were planted in each system, consisting of 5 peppers, 2 lettuce and 4 beans.

Three different aquaponic system experimental groups consisting of three replications were created as follows:

•VW (Vermicompost to Water): Liquid vermicompost was added to the system water.

•VL (Vermicompost to Leaf): Liquid vermicompost was sprayed onto the plant leaves.

•C (Control): No liquid vermicompost was added to the system.

Preliminary trials were conducted to determine the concentration of liquid vermicompost that would not negatively affect fish and plants. At a concentration of 2 ml/L, slow swimming, reluctance to feed, and behavioral disturbances in vertical and horizontal water use were observed in the fish. This concentration also caused deterioration in lettuce leaves in the VL group. Although normal fish behavior was observed at a concentration of 1.5 ml/L, excessive turbidity in the tank water was noted. Therefore, a concentration of 1 ml/L, as recommended for hydroponic systems (Kiliç & Saraçoğlu, 2022), was deemed acceptable for fish behavior, system water turbidity, and plant growth. The composition of commercially available liquid vermicompost is given in Table 2.

Table 2. Content of SuperSol-Wormbomb brand liquid vermicompost approved label content (https://supersol.com.tr/wp-content/uploads/2023/09/WORMBOMB-ONAYLI-ETIKET.pdf).

Content Percentage	Ratio
Organic Matter (%)	15
TAN (Total Nitrogen) (%)	1.5
Organic Nitrogen (%)	1
Water-Soluble K_2O (%)	1
Total Humic+Fulvic Acid (%)	1.5
Maximum EC (dS/m)	5
pH	4.5-5.5

Monitoring of Water Quality Parameters: The surface of each aquarium is 63.8 dm^2, and the total surface area of three aquariums in a system is calculated as 1.9 m^2. The water evaporation from aquarium surfaces in the system was compensated with aerated fresh well water. It is calculated that an average of 0.68% of the system water loss is renewed daily. This low water replacement rate indicates that the system functions effectively as a Recirculating Aquaculture System (RAS), where more than 90% of the water is treated and reused (Bregnballe, 2022; Uğural et al., 2018).

System water quality parameters such as oxygen saturation, temperature, pH, conductivity were measured daily, and parameters such as ammonia, nitrite, nitrate, phosphate and turbidity were measured in 15-day periods. Oxygen saturation, temperature, pH and conductivity measurements were conducted using an Orion Star™ A329 multiprobe. Turbidity, dissolved metabolites such as ammonium, ammonia, nitrite, nitrate, and phosphate were analyzed using a HACH DR3900 spectrophotometer.

Statistical Analyzes: Water quality parameters were presented in mean ± standard deviation. Data obtained from the experiment were statistically interpreted and graphed using Excel and SigmaPlot 11.0 software packages. The normal distribution of groups was verified using the Kolmogorov–Smirnov test. Intra-group and inter-group differences were analyzed using t-tests and One-Way ANOVA tests. Results were considered significant at $p<0.05$. Through these methods, the study aimed to investigate the effects of liquid vermicompost application on the growth of fish and plants, as well as its impact on water quality parameters in aquaponic systems.

RESULTS AND DISCUSSION

Water Quality Monitoring

During the experiment, temporal measurements of ammonium, nitrate, nitrite, phosphate, temperature, pH, oxygen, conductivity (EC), and turbidity (NTU) values of the system waters were recorded. The averages of these measurements are presented in Table 3 ($p>0.05$). The nitrite values in the VW group were relatively higher than in the other groups, and the oxygen value in the C group was higher than in the other groups. However, in all three groups, nitrite and oxygen values did not reach levels that threaten fish welfare, similar to other water quality parameters ($p<0.05$).

Table 3. Water quality parameters according to experimental groups. VW: Liquid vermicompost sprayed to water, VL: Liquid vermicompost sprayed onto leaves, C: Control.

Groups	NH_4-N	NH_3-N	NO_2-N	NO_3-N	PO_4^{-3}-P	pH	O_2	EC µS cm^{-1}	Temperature(^{0}C)	Turbidity (NTU)
*VW	2.85±0.7	0.0019±0	0.03±0	38.4±2.1	3.9±0.1	6.03±0	7.45±0.1	672.62±43.3	23.51±0.3	3.07±0.6
*VL	3.25±0.8	0.0022±0	0.02±0	35.96±2.8	4.03±0.1	6.03±0	7.76±0.1	538.57±41.9	23.51±0.3	2.26±0.5
C	3.98±0.8	0.0027±0	0.02±0	37.56±3.9	3.93±0.2	6.05±0.1	7.49±0.1	622.07±52.2	23.51±0.3	2.30±0.3

The study was conducted in an enclosed environment on the ground floor of the building under the indoor conditions, so there were no instantaneous fluctuations in water temperature. In all three systems, the water temperature remained similar, ranging from 21.5 to 25.2°C throughout the trial period (Figure 2A). The measured water and air temperature was within the recommended range for the living components of the system, including common carp, bell pepper, beans, and lettuce (Eşiyok, 2012; Özkaplan & Balkaya, 2021). The experimental groups operating in closed recirculating aquaponic systems were observed to show a continuous decrease in water pH. Initially, the pH in the three experimental groups decreased similarly from 6.60 to around 5.60 on days 5, 6 and 7. The rapid decline in pH was attributed to the metabolic activities of fish and the activation of the bio-filtration. To address this, 14 g of sodium hydroxide (NaOH) was dissolved in 5 L of well water and added to the system water via given to the system by a trickle from the reserve, targeting a total volume of 440 L in the experimental tanks. This addition buffered the system water, raised the pH value back to 6.60 (Figure 2B). In closed-loop systems, the pH of the water is a crucial parameter for the ammonium/ammonia balance. It is known that when the pH rises above neutral levels, the less toxic ammonium molecule in the water converts to the more toxic ammonia (Serezli, 2011; Serezli et al., 2016; Minaz et al., 2022). During the initial periods of the study, pH remained at neutral levels in all groups due to carbon dioxide release and biochemical reactions from biological filtration, depending on the size of the fish. However, in later stages, there was a radical tendency for pH to decrease. Daily measurements showed a noticeable decline in pH, reaching levels as low as 5.63 after the fifth day. For Common carp farming, it is reported that the optimum pH range should be between 7.5-8.0, with a range of 6.5-9.0 considered acceptable (Mohale et al., 2020). For hydroponic systems, it is reported that the suitable pH range for plant growth should be between 5.5-6.8 (Mohale et al., 2020). To bring closer the declining pH value to the reported neutral level, sodium hydroxide (NaOH) was regularly added to the water to neutralize the system water. Thus, the pH value of the aquaponic water was maintained just below the suitable level of 7 for both the aquaponic system components for fish (Mohale et al., 2020) and plants (Tyson et al., 2004). The dissolved oxygen values in groups VW, VL, and C were measured as 7.45±0.1, 7.76±0.1, and 7.49±0.1 mg/L, respectively (Figure 2C). Water temperature and dissolved oxygen content are vital parameters for the growth of both fish and plants. The dissolved oxygen content of the circulating water in the system ranged between 6.95-8.27 mg/L at the outlet of the fish tank. It has been reported that a decrease in the dissolved oxygen content to 3 mg/L in Common carp farming, along with a tendency for water temperature to drop below 19°C, leads to decreased feed intake and consequently slows down growth. Additionally, as the water temperature rises above the limit of 30°C, it weakens

the water's gas-holding capacity, increases microbial activity in the water, leading to oxygen consumption by decomposing activities, and increases metabolic oxygen demand in fish, causing stress (Mohale, 2020).

The electrical conductivity (EC) in the aquaponic system, initially increased to approximately 191.28 µS/cm due to the addition of vermicompost to the water, gradually decreased to a difference of approximately 128.94 µS/cm by the end of the study (Figure 2D). For successful plant development in the system, it is recommended that the electrical conductivity (EC) of the system water should not exceed 3000 µS/cm (Soliman et al., 2022). In the preliminary trial of determining the amount that would not harm fish and plants in the group to which liquid vermicompost would be added from water, the addition of 1 ml/L increased the system water EC value of VW groups to 504 µS/cm, while the initial EC values of C groups and VL groups increased only to 300-323 µS/cm measured. At the end of the trial, the EC values reached 1,004 µS/cm in the control groups due to fish feeding, 927 µS/cm in the leaf group, and 1,095 µS/cm in the group with liquid vermicompost added to the water. It was concluded that the reason why EC values of C and CL groups approached the VW group values was fish excretions and limited water exchange. The EC values reached in all three groups did not exceed the specified limit values for both fish and plants. Although there was a numerical difference in the EC values between the groups at the end of the study, statistical analysis found that the difference between the groups was not significant (p>0.05).

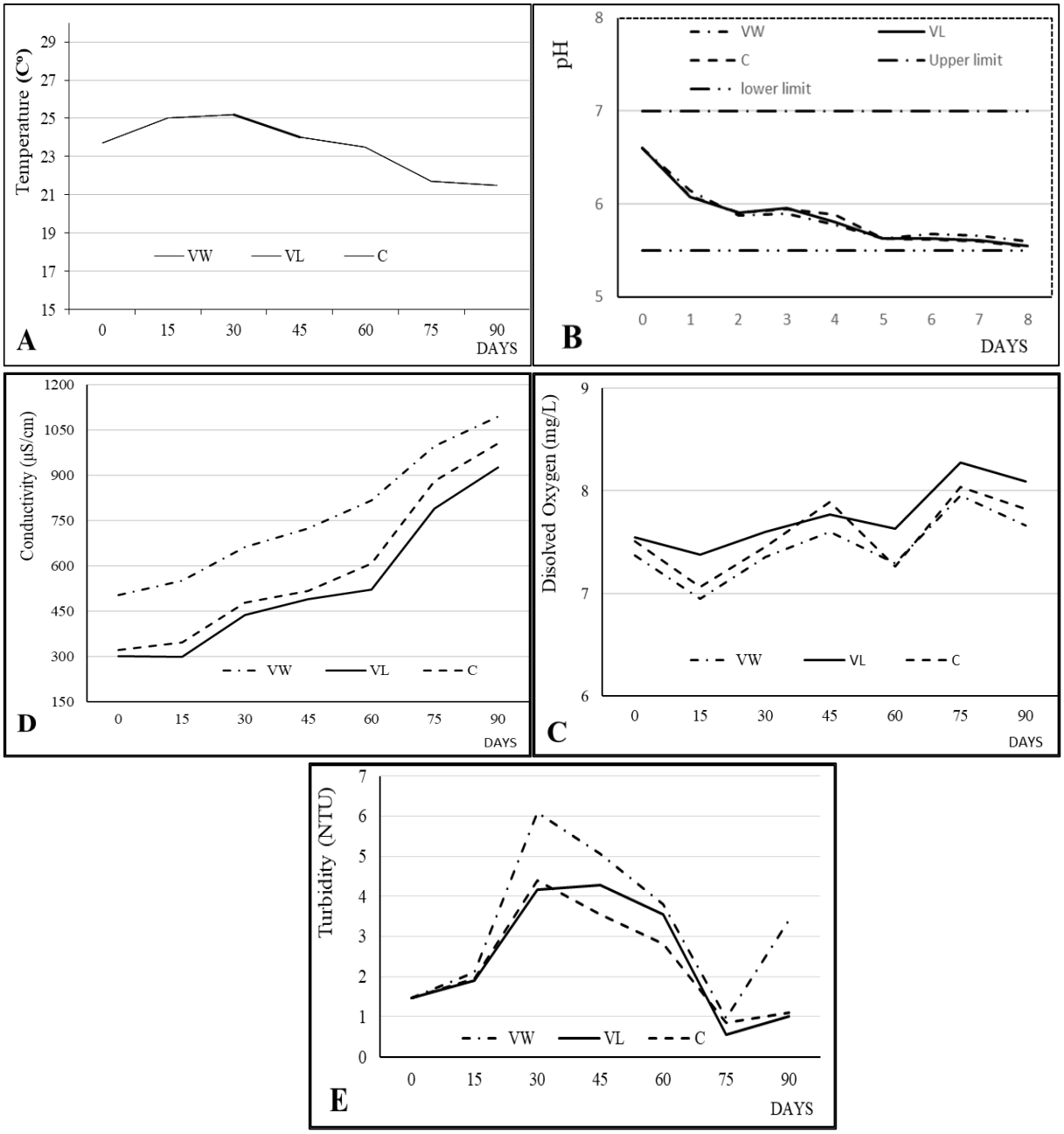


Figure 2. Water quality parameters changing depending on time. A: temperature, B: weekly pH, C: disolved oxygen, D: conductivity, E: turbidity.

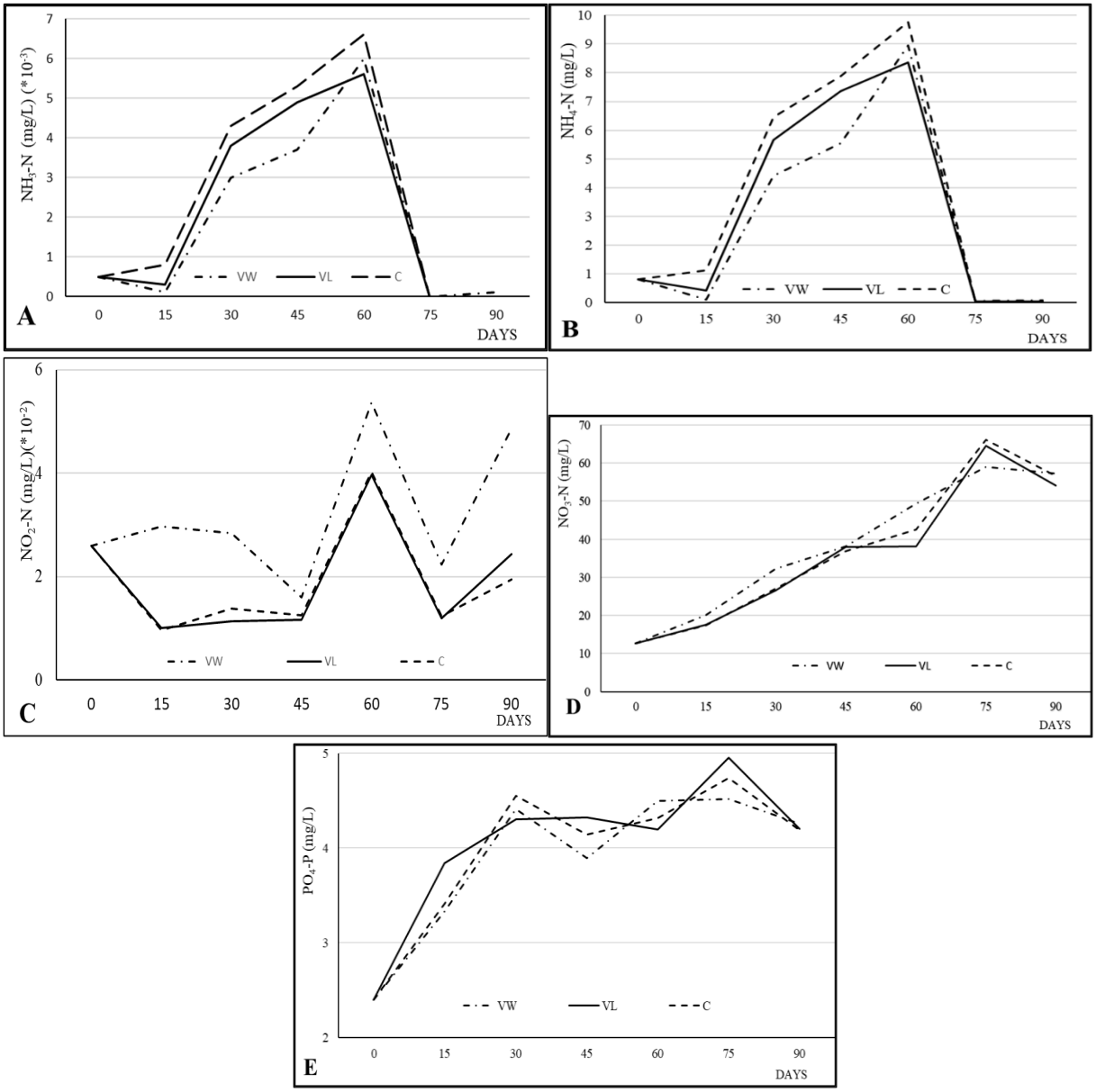


Figure 3. Water quality parameters changing depending on time. A: ammonia nitrogen, B: ammonium nitrogen, C: nitrite nitrogen, D: nitrate nitrogen, E: phosphate.

Throughout the study, the turbidity of the group with vermicompost addition was relatively higher compared to the other groups (Figure 2E). In all groups, the suspended solids (NTU) values measured during the study period were below the limit value of 10 mg/L (Çelikkale, 1988; Mohale et al., 2020) specified for aquaculture. The highest suspended load value was measured in the VW group as 6.09 mg/L NTU. In the VL and C groups, the change was lower than in the VW group, with similar changes in both groups during the study period. It was evaluated that the main reason for the relatively higher suspended solids in the VW group than the other two groups was the liquid vermicompost added to the system water.

Soluble metabolites in water are typically converted through the process of biofiltration, first into nitrites, and then into nitrates. This process is important to monitor the changes in nitrite and nitrate levels in water and ensure proper management. The temporal changes in the levels of ammonium, ammonia, nitrite, nitrate, and phosphate across groups VW, VL, and C are provided in Figures 3 A-E. The amount of toxic metabolites released into the aquaponic system as a result of digestion metabolism could limit the growth of fish. Although in fish farming, the parameters of ammonia and nitrite with high toxicity should ideally be below limit values of 0.02 mg/L for high fish welfare, it has been reported that tolerable values for both parameters in Common carp are <0.6 mg/L and <1-2 mg/L, respectively (Mohale et al., 2020). Under acute conditions, it has been reported that ammonia at a concentration of 2.33 mg/L can cause mortality within 96 hours, while under chronic conditions, concentrations ranging from 1.03-1.74 mg/L can lead to death in Common carp (Ebeling & Miller, 1995; Guan et al., 1986).

Additionally, it is known that ammonium, which is non-toxic below a pH value of 7 and has a significantly higher toxic threshold, rapidly converts to highly toxic ammonia as the water pH rises above the threshold of 7 (Hasan & Macintosh, 1986). While the measured ammonia levels were quite low in all groups at the beginning of the study, ammonia values began to rise from the second period onwards due to feeding. By the 90th day of the study, the highest concentration reached was 6.5×10^{-3} mg/L. Ammonium nitrogen, which is much less toxic, remained below toxic levels in all groups despite repeated measurements, with concentrations ranging from 8.0-9.7 mg/L on the 90th day of the trial. The consistent levels of nitrite values among the groups from the beginning of the study have been attributed to the success of the activated biofiltration system in biological conversion. The nitrate value reached its highest level on the 75th day of the study, reaching 66.4 mg/L.

In the study, the nitrite nitrogen (NO_2-N) concentration, which was at levels of 0.025 ppm in all groups at the beginning of the study, remained relatively higher in the VW group compared to the control group and VL groups until the end of the study. The relatively high nitrite value measured in the VW group was attributed to the Liquid Vermicompost added to the water. However, statistical analysis found that the difference in measured nitrite concentrations among the groups at the end of the trial was not significant ($p>0.05$). It was observed that the measured NO_2-N values in all groups were not at a level that could negatively affect fish welfare (Çelikkale, 1988; Mohale et al., 2020). Despite fish feeding in the groups and the additional supply of liquid vermicompost to the VW group, the reason for the measured nutrient values being quite low was considered the success of the biofiltration system in operation.

It has been reported that 182 mg/L nitrate nitrogen in temperate freshwater fish results in 50% mortality within 24-96 hours (Lewis & Morris, 1986; Mohale et al., 2020). Nitrate levels were 12 mg/L at the start of the study, reached similar levels of 58-65 mg/L in all groups on day 75, and began to decline to levels of 55-57 mg/L on day 90. While these levels may not adversely affect fish development, nitrate nitrogen, which is the form of nitrogen used by plants, was considered to be an effective level.

The phosphate content of the system water, which started at levels of 2.3 mg/L at the beginning of the study, reached its highest level like nitrate, on day 75 and ranged from 4.5 mg/L to 4.9 mg/L. When compared with previous studies regarding fish and plant development, phosphate levels were not found to be at levels that could cause stress (Çelikkale, 1988).

CONCLUSIONS

This study showed that adding enough liquid vermicompost to the aquaponic system water does not affect survival and development of the fish. Liquid vermicompost is known for its high nutritional value and high microorganism content. It has been observed that this characteristic makes it highly effective in promoting plant growth and health in aquaponic systems. Because of the addition of liquid vermicompost at a concentration of 1 mg/L did not exceed the threshold values for the physicochemical parameters of especially VW aquaponic systems water used in common carp rearing, it also did not cause significant changes in the physiological parameters of juvenile *C. carpio*, at a level that may adversely affect fish welfare. The addition of liquid vermicompost at 1.5 mg/L did not threaten the survival of the fish stock. However, it increased the turbidity of the system water, which reduced its visual appeal of the rearing tank water. This result showed that the use of liquid vermicompost in an aquaponic system to improve plant growth should not exceed a concentration of 1.5 mg/L.

Additionally, the development of lettuce plants, which represent leafy vegetables, yielded more positive results compared to pepper plants, which represent fruit-bearing plants. It was concluded that fruit-bearing plants, which require higher light intensities, need to meet elevated light requirements in indoor systems.

Adding liquid vermicompost directly to the aquaponic system water at a rate of 1 mg/L was found to be more successful in terms of plant growth. However, conducting the study under indoor conditions required artificial lighting. The use of aquaponic systems indoors has prevented reaching the level of industrial plant growth due to insufficient sunlight. It is highly likely that more successful plant development will be achieved in applications conducted directly under sunlight in a greenhouse environments.

In this study, Floating Raft Aquaponics plant beds were used in indoor conditions. In order to test the success of nutrients released by fish and artificially added enrichers in aquaponic systems in further studies, Flood and Drain Aquaponics, Gravel Bucket Aquaponics and Nutrient film technique (NFT) plant bed techniques should be investigated in outdoor greenhouse environments. Thus, the effect of liquid vermicompost on plant development will be revealed with different methods.

ACKNOWLEDGEMENTS

The study, conducted under the thesis project titled "Investigation of the Effects of Liquid Vermicompost Usage in Aquaponic Systems on System Performance" with project code FDK-2021-1314, was financed by the

Research Projects Unit of Recep Tayyip Erdoğan University (RTEU-BAP).

Ethical approval for the project was obtained from the Recep Tayyip Erdoğan University Animal Experiments, Local Ethics Committee Presidency, under Ethical Committee Approval Report dated 20.02.2015 and numbered 2015/12.

Conflict of Interest: The authors have no relevant financial or non-financial interests to disclose.

REFERENCES

Bregnballe, J. (2022). *A guide to recirculation aquaculture - An introduction to the new environmentally friendly and highly productive closed fish farming systems*. Rome. FAO and Eurofish International Organisation. DOI: 10.4060/cc2390en

Çelikkale, MS (1988). İç Su Balıkları ve Yetiştiriciliği, Cilt II, KTÜ, Sürmene Deniz Bilimleri ve Teknolojisi Yüksek Okulu, Genel Yayın No:128, No:3, Trabzon.

Diver, S. (2006). Aquaponic-integration hydroponic with aquaculture. National Centre of Appropriate Technology. Department of Agriculture's Rural Bussiness Cooperative Service. P. Water, 1-28.

Ebeling, J.M. & Miller, W.W. (1995). Model aquaculture recirculation system (MARS): engineering and operations manual: aquaculture education project.

Eşiyok, D. (2012). Kışlık ve Yazlık Sebze Yetiştiriciliği. İzmir, 404 s. Yayınevi: Meta Basım Matbaacılık, ISBN: 978-605-87189-0-6, Basım tarihi: Ocak 2012

Estim, A., Saufie, S. & Mustafa, S. (2019). Water quality remediation using aquaponics sub-systems as biological and mechanical filters in aquaculture. *Journal of Water Process Engineering*, ***30***, 100566.

Guan, B., Hu, W., Zhang, T.L., Duan, M., Li, D. L., Wang, Y.P., & Zhu, Z.Y. (2010). Acute and chronic un-ionized ammonia toxicity to "all-fish" growth hormone transgenic common carp (*Cyprinus carpio* L.). *Chinese Science Bulletin*, ***55***(35), 4032.

Hasan, M.R. & Macintosh, D.J. (1986). Acute toxicity of ammonia to common carp fry. *Aquaculture*, ***54***(1-2), 97-107.

Hu, Z., Lee, J.W., Chandran, K., Kim, S. & Khanal, S.K. (2012). Nitrous oxide (N_2O) emission from aquaculture: a review. *Environmental science & technology*, ***46***(12), 6470-6480.

Kiliç, C.C. & Saraçoğlu, Ö.A. (2022). Effect of Liquid Vermicompost on Quality Properties of Different Lettuce Varieties. *Turkish Journal of Agriculture - Food Science and Technology Available*, ***10***(9), 1716-1723.

Lewis Jr, W.M. & Morris, D.P. (1986). Toxicity of nitrite to fish: a review. *Transactions of the American Fisheries Society*, ***115***(2), 183-195.

Makhdom, S., Shekarabi, S.P.H., & Shamsaie Mehrgan, M. (2017). Biological nutrient recovery from culturing of pearl gourami (*Trichogaster leerii*) by cherry tomato (*Solanum lycopersicum*) in aquaponic system. *Environmental Science and Pollution Research*, ***24***, 20634-20640.

Minaz, M. & Kubilay, A. (2021). Operating parameters affecting biofloc technology: carbon source, carbon/nitrogen ratio, feeding regime, stocking density, salinity, aeration, and microbial community manipulation. *Aquaculture International*, ***29***(3), 1121-1140.

Minaz, M., Er, A., Ak, K., Nane, İ. D., İpek, Z. Z., Kurtoğlu, İ. Z. & Kayiş, Ş. (2022). Short -term Exposure to Bisphenol A (BPA) as a Plastic Precursor: Hematological and Behavioral Effects on *Oncorhynchus mykiss* and *Vimba vimba*. *Water, Air, & Soil Pollution*, ***233***(4), 122.

Minaz, M., Yazici, İ.S., Sevgili, H. & Aydın, İ. (2024). Biofloc technology in aquaculture: Advantages and disadvantages from social and applicability perspectives - A review. *Annals of Animal Science*, ***24***(2), 307.

Mohale, H.P., Sarang, N. & Desai, A.Y. (2020). *The Common Carp and its Culture System Management*. 116 p., Academic Publications, Delhi, India.

Özkaplan, M. & Balkaya, A. (2021). Örtüaltı domates yetiştiriciliğinde değişen sıcaklık ve ışık koşulları ile verim parametreleri arasındaki ilişkinin modellenmesi. Harran Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi, *25*(4), 438-447. DOI: 10.29050/harranziraat.910583

Şahin, S., Geboloğlu, N., Kartal, H. & Makalesi, A. (2020). Effects of Adding Vermicompost to the Tort-Perlite Mixture on The Development of Pepper Seedlings. *Turkish Journal of Agriculture - Food Science and Technology*, ***8***(sp1), 192.

Serezli, R. (2011). Sularda Amonyak ve Sucul Canlılarda Toksik Etkileri. *Aquaculture Studies*, ***11***(3).

Serezli, R., Kucukagtas, A. & Kurtoğlu, İ.Z. (2016). Acute toxicity of ammonia and nitrite to angel fish *Pterophyllum scalare* Liechtenstein 1823 and the effect of erythrocyte morphology. *Fresenius Environmental Bulletin*, ***25***(8), 3119-3124.

Soliman, H.A.M., Sayed, A.E.D.H., Kloas, W., Badrey, A.E.A. & Osman, A.G.M. (2022). Growth performance and hematological, biochemical, and histological characters of the Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*, L.) cultivated in an aquaponic system with green onion: The first study about the aquaponic system in Sohag, *Egypt. Egyptian Journal of Aquatic Biology and Fisheries*, ***26***(2), 119.

Tidwell, J.H. (2012). *Aquaculture production systems* (Vol. 434). Oxford, UK: Wiley-Blackwell.

Turhan, Ş. (2005). Tarımda Sürdürülebilirlik ve Organik Tarım. *Turkish Journal of Agricultural Economics*, ***11***(1 ve 2), 13-24.

Tyson, R.V., Simonne, E.H., White, J.M. & Lamb, E.M. (2004). Reconciling Water Quality Parameters Impacting Nitrification in Aquaponics: The pH Levels. *Proceedings of the Florida State Horticultural Society*, ***117***, 79-83.

Uğural, B., Serezli, R., Hamzaçebi, S., Öztürk, F., & Gündüz, H. (2018). Uluslararası Su ve Çevre Kongresi Kapalı Devre Yetiştiricilik Sistemleri Gereklimidir? *Bursa: Uluslararası Su ve Çevre Kongresi,* SUCEV2018 Bildiriler Kitabı.

Yiğit, B.B. (2019). *Yiğit, B. B. Akuaponik teknolojisinde su kalitesinin beyaz mersin (Acipenser transmontanus) balığı kullanarak fesleğen ve marul varyetelerinin büyümesine etkisi,* (İstanbul Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Su Ürünleri Bölümü,), Master's Thesis, İstanbul.

Journal of Anatolian Environmental and Animal Sciences
(*Anadolu Çevre ve Hayvancılık Bilimleri Dergisi*)
DOI: https://doi.org/10.35229/jaes.1561944

JAES
Year: 9, No: 4, 2024 (607-615)
AÇEH
Yıl: 9, Sayı: 4, 2024 (607-615)

ARAŞTIRMA MAKALESİ **RESEARCH PAPER**

Kentsel Alanlarda Sigara İzmariti Yoğunluğu ve Dağılımının İncelenmesi: Kampüs Alanları için Sigara İzmariti Kirlilik İndeksi Geliştirilmesi

Yusuf ESMER[1] Tuğba KAYA[1] Ceyhun AKARSU[1]* Nüket SİVRİ[1]
[1]*Çevre Mühendisliği Bölümü, İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa, İstanbul, Türkiye*

Received: *05.10.2024* ***Accepted:*** *25.11.2024* ***Published:*** *31.12.2024*

Atıf yapmak için: **Esmer, Y., Kaya, T., Akarsu, C. & Sivri, N. (2024).** Kentsel Alanlarda sigara izmariti yoğunluğu ve dağılımının incelenmesi: Kampüs alanları için sigara izmariti kirlilik indeksi geliştirilmesi. *Anadolu Çev. ve Hay. Dergisi, **9***(4), 607-615. https://doi.org/10.35229/jaes.1561944

How to cite: **Esmer, Y., Kaya, T., Akarsu, C. & Sivri, N. (2024).** Investigation of cigarette butt density and distribution in urban areas: Development of a cigarette butt pollution index for campus areas. *J. Anatolian Env. and Anim. Sciences, **9***(4), 607-615. https://doi.org/10.35229/jaes.1561944

*: https://orcid.org/0000-0002-0168-9941
: https://orcid.org/0009-0008-4255-4577
: https://orcid.org/0009-0000-0731-7893
: https://orcid.org/0000-0002-4269-5950

***Sorumlu yazarın:**
Ceyhun AKARSU
Çevre Mühendisliği Bölümü, İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa, İstanbul, Türkiye
✉: ceyhunakarsu@iuc.edu.tr

Öz: Küresel sigara tüketimindeki artış, çevre kirliliğine ciddi katkıda bulunmakta ve sigara izmaritleri dünya genelinde en yaygın atık türlerinden biri haline gelmektedir. Biyolojik olarak parçalanamayan bu izmaritler, mikroplastik ve nanoplastiklerin birikimine yol açarak toprak ve su ekosistemlerine zarar vermektedir. Mevcut çalışmalarda genellikle kıyısal alanlarındaki izmarit miktarına odaklanılmış olup, kentsel alanlardaki yoğunluk ve dağılım üzerine sınırlı sayıda araştırma yapılmıştır. Üniversite kampüslerinde, gençlerin yoğun olduğu bu alanlarda, sigara içme oranlarının yüksek olması ve izmaritlerin çevreye atılmasının yaygın bir sorun olması nedeniyle bu kirlilik daha belirgin hale gelmektedir. Bu çalışma, üniversite kampüslerindeki sigara izmariti kirliliğini inceleyerek kirlilik indeksi oluşturmayı ve çevresel etkilerini azaltmak için hedeflenmiş önlemler önermeyi amaçlamıştır. Çalışma bulguları, özellikle sınav dönemlerinde sigara izmariti yoğunluğunun arttığını ve kampüste "şiddetli kirlilik" seviyelerine ulaşıldığını göstermiştir. En yüksek kirlilik indeksi değerleri, derslikler ve sosyal alanlar gibi akran etkisinin belirgin olduğu bölgelerde gözlemlenmiştir. Ayrıca, izmaritlerin biyolojik olarak parçalanabilir olduğu yönündeki yanlış algı ve akran etkisinin bu kirlilik sorununu daha da derinleştirdiği belirlenmiştir. Sonuç olarak, kampüslerde sigara izmariti kirliliğinin yönetimi için farkındalık artırıcı önlemlerin alınması ve atık yönetimi stratejilerinin güçlendirilmesi gerektiği ortaya koyulmuştur. Akran etkisi ve stresin sigara kullanımındaki rolünü azaltmaya yönelik eğitim ve bilinçlendirme kampanyaları da bu sorunun çözümünde önemli bir rol oynayabilir.

Anahtar kelimeler: Sigara izmaritleri, kirlilik indeksi, akran etkisi, çevresel etkiler.

Investigation of Cigarette Butt Density and Distribution in Urban Areas: Development of a Cigarette Butt Pollution Index for Campus Areas

***Corresponding author's:**
Ceyhun AKARSU
Department of Environmental Engineering, Istanbul University-Cerrahpaşa, Istanbul, Türkiye
✉: ceyhunakarsu@iuc.edu.tr

Abstract: The global increase in cigarette consumption contributes significantly to environmental pollution, with cigarette butts becoming one of the most common types of litter worldwide. These non-biodegradable butts lead to an accumulation of microplastics and nanoplastics that damage soils and aquatic ecosystems. While existing studies have typically focussed on the accumulation of cigarette butts in coastal areas, there is limited research on their density and distribution in urban environments. This problem is even more pronounced on university campuses, where high smoking rates among young people and and improper disposal of cigarette butts pose a significant problem. The aim of this study is to assess cigarette butt pollution on university campuses, create a pollution index and propose targeted measures to minimize the environmental impact. The results show that the density of cigarette butts increases significantly during exam periods, and reaches a level of "heavy pollution" on entire campus. The highest levels of the pollution index were observed in classrooms and social areas, where the impact of peers is strongest. In addition, misconceptions about the biodegradability of cigarette butts and the impact of peer behavior further exacerbate the problem of littering. To summarize, effective management of cigarette butt litter on campus requires enhanced awareness campaigns and improved litter management strategies. Education and awareness programs aimed at reducing the influence of peer pressure and stress on smoking behavior can also play a crucial role in solving this problem.

Keywords: Cigarette butts, Pollution index, Peer influence, Environmental effects.

GİRİŞ

2016 yılında dünya genelinde 5,5 trilyonun üzerinde sigara satıldığı, 2020 yılında ise bu satış oranının 7,5 trilyona ulaştığı ve nüfusun %22,3'ünün tütün kullanıcısı olduğu bildirilmiştir (Zafeiridou vd. 2018; Webler & Jakubowski, 2022; Rahman vd. 2020; WHO, 2024). Küresel olarak gün geçtikçe artan sigara tüketimi, hem insan sağlığı hem de çevre sağlığı konusunda yarattığı tehlikelerle gündeme gelmektedir (Grilo vd. 2024). Dünya Sağlık Örgütü (WHO) dâhil olmak üzere birçok kuruluş, yayınladıkları son raporlar ile birlikte tütün kullanımı ve üretiminin çevreye verdiği zararı kabul etmiştir. Neredeyse 1,3 milyara ulaşan yaklaşık %80'i düşük ve orta gelirli ülkelerde yaşayan sigara içenlerin (WHO, 2024), %75'inin, sigara izmaritlerini diledikleri gibi çevreye bıraktıkları, parklar, otoyollar ve sahil şeridi gibi halka açık alanlarda yapılan çalışmalarda ortaya konmuştur (Yang vd. 2023a; Yang vd. 2023b). Ayrıca sigara izmaritleri; yağmur, rüzgar, nehir akıntıları ve sel taşkınları gibi karadan su yollarına ve denizlere taşınarak geniş çapta ve ciddi çevresel risklere neden olabilmektedir (Ribeiro vd. 2022; Yang vd. 2023a).

Sigaralar, 20. yüzyılın ortalarında filtre eklenerek üretilmeye başlanmıştır. Filtre, sigaradaki zehirli bileşenleri yakalamak amacıyla eklenmiştir (Mohajerani vd. 2017; Novotny vd. 2009). Bu atık, filtre, sarma kağıdı ve filtrede kalan yanmış tütün dâhil olmak üzere üç ana bileşenden oluşur (Green vd. 2014; Parker ve Rayburn, 2017; Chevalier vd. 2018). Çalışmalara göre, sigara izmariti kütlesinin yaklaşık %30'luk kısmı ancak 2 yıl içinde kaybolabilmektedir (Bonanomi vd. 2020). Sigara izmaritleri, her ne kadar dünya çapında yaygın ve sıradanlaştırılmış bir katı atık formu olarak kabul edilse de, çevre araştırmacılarına göre toplam atılan atığın yaklaşık %38'ini oluşturmaktadır. Öyle ki yıllık olarak yaklaşık 4,5 trilyon sigara izmaritinin çevreye atıldığı tahmin edilmektedir (Novotny ve Zhao, 1999; Pon ve Becherucci, 2012). Bu nedenle, son yıllarda sigara izmaritleri üzerine yapılan çalışmalar artmıştır. Moriwaki (2009) tarafından Japonya'da yürütülen araştırma sonucuna göre, Tokyo şehrinde 130 adet sigara izmariti /m^2, banliyö kenarlarında 150 adet sigara izmariti/km^2 ve plajlarda 100 ile 1600 adet sigara izmariti/m^2 bulunduğu, yılda ortalama 766.571 ton atık sigara izmariti üretildiği tespit edilmiştir.

Öte yandan, sigara filtresinin kirleticileri yakalama performansı nedeniyle, ağır metaller (Moerman ve Potts, 2011; Dobaradaran vd. 2017; Genchi vd. 2020), nitrözamin (Hecht ve Hatsukami, 2022), nikotin gibi toksinler (Green vd. 2014), benzen ve formaldehit gibi organik maddeler (Lee ve Lee, 2015; Dieng vd. 2013), uçucu sülfür bileşikleri (Soleimani vd. 2022) ve polisiklik aromatik hidrokarbon bileşenleri (Moriwaki vd. 2009; Dobaradaran vd. 2020; Dobaradaran vd. 2019) sigara izmaritinde bulunmuş (Torkashvand vd. 2019), ve bu biriken kirleticilerin çevreye sızması birçok araştırmada rapor edilmiştir (Torkashvand vd. 2019; Dobaradaran vd. 2019; Poppendieck vd. 2020). Bir diğer çalışmada sigara izmaritinde bulunan nikotinin 1000 litre suyu kirletebileceği kanıtlanmıştır (Green vd. 2014).

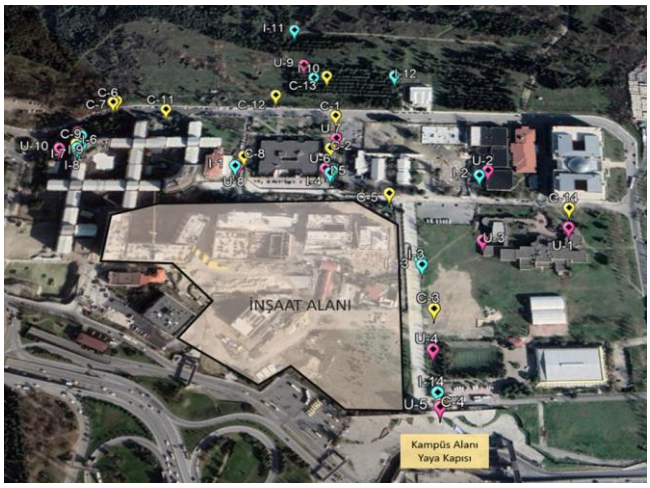
Ancak en büyük yanılgı, sigara izmaritlerin biyolojik olarak parçalanabilir olduğu düşüncesidir. Bu yanlış algı, doğal koşullar altında bozulmaya karşı dirençli bir tür plastik olan selüloz asetattan yapılmış izmaritlerin, bilinçsizce çevreye atılmalarına neden olmaktadır (Lee ve Lee, 2015; Patel vd. 2013; Rath vd. 2012; Shen vd. 2021). Bunun yanı sıra, sigara izmaritleri parçalandığında ortaya çıkan mikroplastikler ve nanoplastikler çevrede kalarak toprak ve su ekosistemlerine zarar verebilmektedir (Dobaradaran vd. 2021; Yang vd. 2023a).

Sigara izmaritlerinin çevreye atılmasına yönelik davranışların başlıca nedenleri; alışkanlıklar, kolaylık, atık toplama üniteleri (küllük, tabla, çöp kutusu vb.) eksikliği, küçük boyutları nedeniyle sigaraların kazara atılması olarak sıralanabilir. Sigara izmaritleri, özellikle kentsel ve rekreasyon alanlarında, plajlar gibi yerlerde kolayca gözlemlenmektedir (Haseler vd. 2018; Araújo ve Costa, 2019). Çevresel ve sağlık sorunlarının yanı sıra, çevreye atılan sigara izmaritlerin uygun şekilde yönetimi de oldukça zordur. Çoğu durumda, bu atıkların toplanması yüksek maliyetler gerektirmekte ve mevcut yöntemlerin verimsizliği ile karşı karşıya kalınmaktadır (Rath vd. 2012; Marah ve Novotny, 2011). Sigara kullanımı, özellikle üniversite kampüsleri gibi genç nüfusun yoğun olduğu alanlarda önemli bir sağlık ve ardından çevresel sorun olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu nedenle, Üniversitelerin kampüs alanlarında sigara izmaritlerin mekânsal dağılımının incelenmesi, bu tehlikeli atığın yönetimi için bir gereklilik haline gelmiştir. Birçok çalışma plajlar gibi ortamlarda sigara izmaritlerinin niceliksel incelemesine odaklanırken (Araújo ve Costa, 2019), kampüs özelinde bu sorunu ele alan çalışmalar sınırlıdır. Kampüs alanlarında çevreye atılan sigara izmaritlerinin araştırılması, sigara içme oranlarını ve buna bağlı ikincil kirleticileri tahmin etmek için bir gösterge olarak kullanılabilir (Pearson vd. 2014; Fu vd. 2016).

Bu nedenle, bu çalışma İstanbul İl'inde bir üniversite kampüsünde öğrenciler tarafından sıklıkla kullanılan dersliklerin ve akademik ve idari personel ofislerinin yakınında olan, aktif olarak kullanılan alanlara atılan sigara izmaritlerinin mekânsal dağılımı ve yoğunluğunu araştırmak amacıyla geliştirilmiştir. Çalışmanın bir diğer amacı ise, kampüs alanı mevcut kirlilik seviyesinin niteliksel olarak karşılaştırılabilmesi ve alanlara özgü önlemlerin alınması adına kullanılmasıdır. Bu amaca uygun olarak elde edilen bulgular, bireysel davranış alışkanlıkları ile yorumlanmış ve bu değerlendirmelere bağlı alternatif yönetim stratejileri sunulmuştur.

MATERYAL VE METOT

Çalışma Alanı ve Deseni: Çalışma alanı olarak İstanbul İl'inin Avcılar İlçesinde yer alan 127.790 m²'lik açık alana sahip kampüs alanı seçilmiştir. Kampüs alanında faaliyette bulunan yaklaşık 11.000 öğrenci, akademik ve idari personel bulunmaktadır. Yapılan çalışmada, derslikler, ofisler, öğrencilerin sıklıkla vakit geçirdiği açık ve ağaçlık alanlar ile personel, öğrenci ve ziyaretçiler için oturma alanlarını kapsayacak şekilde 39 farklı noktadan örnekler toplanmıştır. Örnekleme noktalarının harita üzerinde gösterimi Şekil 1'de verilmiştir. Örnekleme noktalarının bulunduğu alan dâhil, kampüs alanı içerisinde sigara izmariti dâhil atıkların toplanması için yaklaşık her 50 metrede bir yerleştirilmiş atık biriktirme ekipmanı bulunmaktadır.



Şekil 1. Örnekleme noktalarının harita üzerinde gösterimi (I Kodlu Mavi İmleç: Nisan-2024, U Kodlu Pembe İmleç: Mayıs-2024 ve C Kodlu Sarı İmleç: Haziran-2024 örneklemelerini göstermektedir).
Figure 1. Display of the sampling points on the map (blue cursor with code I: April-2024, pink cursor with code U: May-2024 and yellow cursor with code C: June-2024 sampling).

Çalışma deseninde örnekleme zamanı Nisan, Mayıs ve Haziran 2024 tarihlerinde her ay 1 kez olacak şekilde gerçekleştirilmiştir. Bu ölçümlerde dikkate alınan en önemli unsur, öğrencilerin sınav takvimi öncesi ve sonrasındaki dönemleri içermesidir. Bu çalışmada, araştırma yöntemi olarak saha görsel anket yöntemi (Cutter vd. 1991) tercih edilmiş olup, alana bırakılmış sigara izmaritlerin sayısı, sahada sayılarak elde edilmiştir (Marah ve Novotny, 2011; Valiente vd. 2020; Gholami vd. 2020). Bu amaçla, önceki çalışmalarda kullanılan prosedüre dayalı olarak, çalışma alanı tüm belirlenen noktalar ve çevresi olarak tanımlanmıştır (Marah ve Novotny, 2011; Gholami vd. 2020). Örnekleme gerçekleştirilirken kampüs alanı temizlik programlarının etkisi de dikkate alınmış, alanların sabah temizlendiği dikkate alınarak gün boyu birikim belirlenmesi adına saat 17:00 sonrasında örneklemeler gerçekleştirilmiştir.

Analizler: Çalışma alanı bulgularının yorumlanması ve diğer çalışmalarla karşılaştırılabilir olması amacıyla, indekslerin kullanılması tercih edilmiştir. Sigara izmariti yoğunluğu, gözlemlenen izmarit sayısının incelenen alana (m²) bölünmesiyle hesaplanmıştır (eşitlik 1) (Rangel-Buitrago vd. 2019; Chen vd. 2019; Terzi ve Seyhan, 2017).

$$Sigara\ izmariti\ yoğunluğu = \frac{Sigara\ izmariti\ sayısı}{Örnekleme\ alan\ büyüklüğü\ (m^2)} \quad (1)$$

Sigara izmaritlerinde bulunan çok sayıda kirletici madde ve bunların çevreye sızma olasılığı (Torkashvand vd. 2019), kampüs özelliklerinin ve temizlik programlarının sigara izmaritlerinin kalıcılığı üzerindeki etkisi (Green vd. 2014; Marah ve Novotny, 2011; Valiente vd. 2020) dikkate alınarak, alınan veriler değerlendirilerek E katsayısı ile hesaplanmıştır. Bugüne kadar sigara izmaritlerin kentsel alanlardaki kalış süresini hesaplamak için evrensel bir yöntem tanıtılmamış olmasına rağmen, bu çalışmada yıllık indeks kullanılması tercih edilmiştir. Ancak, bu parametre mevsimsel değişiklikler veya yağmurlu günlerin sayısı dikkate alınarak hesaplanmaktadır. Bu bilgi ile yağışlı dönemler, zemin farklılıkları Oleckno indeksinden uyarlanmış Tablo 1'de verilmiştir (Green vd. 2014; Poppendieck vd. 2020).

Bu kabuller dikkate alınarak, sigara izmariti kirlilik indeksi,

$$Sigara\ izmariti\ kirlilik\ indeksi = Sigara\ izmariti\ yoğunluğu \times E \quad (2)$$

formülü ile hesaplanmıştır. Elde edilen sigara izmariti kirlilik indeksi sonuçları; A) 1≥: çok düşük kirlilik (CDK) ; B) 1,1–2,5: düşük kirlilik (DK) ; C) 2,6–5,0: kirlilik (K); D) 5,1–7,5: belirgin kirlilik (BK); E) 7,6–10,0: yüksek kirlilik (YK); F) 10<: şiddetli kirlilik (SK) olarak yorumlanmıştır (Torkashvand vd. 2021)

Tablo 1. Çevresel koşullara bağlı sigara izmariti kirletici katsayıları (E).
Table 1. Cigarette butt pollutant coefficients (E) depending on environmental conditions.

Parametre	***E***
Yağışsız aylar	1,0
8 günden az yağışlı aylar	1,5
8-15 gün yağışlı aylar	2,0
15 günden fazla yağışlı aylar	2,5
Beton, asfalt veya yüksek kaliteli kaplama zemin	1,0
Asfalt, beton kenarı kuru toprak zemin	2,0
Günlük sulanan kentsel yeşil alanlar	2,5

BULGULAR

Araştırma desenine uygun olarak 3 farklı zaman diliminde, Nisan-Mayıs-Haziran 2024 yürütülen çalışmada sigara izmarit sayısı ve yoğunluğu verileri Tablo 2'de sunulmuştur. Veriler değerlendirildiğinde, alan başına izmarit yoğunluğunun zamanla değişkenlik gösterdiği görülmektedir. Nisan ayında 38,05 m²'lik alanda 503 izmarit toplanmış olup, sigara izmariti yoğunluğu 13,2 olarak hesaplanmıştır. Bu durum, nispeten orta seviyede bir izmarit yoğunluğunu işaret etmektedir. Mayıs ayında ise alanın biraz genişlemesine rağmen (39,25 m²), izmarit sayısında azalma

gözlenmiştir (418 adet). Bunun sonucunda sigara izmariti yoğunluğu 10,6 olarak hesaplanmıştır. Haziran ayında ise alan küçülmesine rağmen, izmarit sayısındaki artış nedeniyle sigara izmariti yoğunluğu 66,7 olarak belirlenmiştir. Dönem ortalaması dikkate alındığında, 32,00 m² alanda ortalama 607 izmarit toplanmış ve sigara izmariti yoğunluğu 30,2 olarak hesaplanmıştır.

Tablo 2. Örnekleme noktalarında sigara izmarit sayısı ve yoğunluğu.
Table 2. Number and density of cigarette butts at sampling points.

Ölçüm Zamanı	*Alan (m^2)*	*SigaraİzmaritSayısı (Adet)*	*Sigara İzmariti Yoğunluğu*
Nisan 2024	38,05	503	13,2
Mayıs 2024	39,25	418	10,6
Haziran 2024	18,70	899	66,7
Dönem Ortalaması	32,00	607	30,2

Bu çalışmada, sigara izmaritlerinin hem zamansal hem de konumsal değişiminin raporlanması için örnek toplanan istasyonlardan elde edilen sonuçlar 2024 yılı Nisan, Mayıs ve Haziran ayları için sırasıyla Tablo 3, 4 ve 5'te sunulmuştur.

Tablo 3 verileri incelendiğinde, en yüksek sigara izmariti sayısının 143 ile I-13 kodlu istasyonda olduğu görülmektedir. Bu istasyon, kampüsün giriş yolunda yer almakta olup, öğrenciler, öğretim görevlileri ve personelin yoğun olarak geçtiği bir noktadır. Literatür araştırmaları bu durumu destekler nitelikte, kısa mesafeli varış noktalarında bulunan yürüyüş yollarında sigara izmaritlerin yerleşim yerlerindeki yürüyüş yollarına kıyasla daha yüksek olduğunu raporlamıştır (Castaldi vd. 2021; Torkashvand vd. 2021). Dolayısıyla burada toplanan yüksek izmarit sayısı, toplu ulaşım sonrası kampüse giriş yapan ve/veya kampüsü terk etmek üzere yürürken sigara içenlerin yoğunluğu ile ilişkilendirilebilir.

Bununla birlikte, en yüksek sigara izmarit yoğunluğu değerinin 33,14 ile I-1 kodlu istasyonda olduğu görülmektedir, bu da izmaritlerin daha yoğun bir şekilde belirli bölgelerde toplandığını göstermektedir. E katsayısı, bu alanların beton ve asfalt gibi kaplama zeminlerde yer alması nedeniyle 1 olarak değerlendirilmiştir, bu durum sigara izmariti kirlilik indeksi değerinin yüksek olmasına katkıda bulunmuştur. Tablonun genel ortalamasına bakıldığında ise sigara izmariti kirlilik indeksi için 24,0 değeri, SK olarak sınıflandırılan istasyonların sigara izmariti açısından ciddi bir kirlilik oluşturduğunu ortaya koymaktadır.

Tablo 4'teki bulgular incelendiğinde, en yüksek sigara izmariti kirlilik indeksi değerinin 135,2 ile U-1'de olduğu görülmektedir. Bu istasyon, amfi sınıfların bulunduğu ve öğrencilerin sık sık vakit geçirdiği bir bölgededir. Özellikle binada bulunan kafeterya ve sosyalleşme alanları, öğrencilerin sigara içme alışkanlıklarını artıran faktörler olabilir. Yine yüksek sigara izmariti kirlilik indeksi değerine sahip olan U-2 (77,5), işletme fakültesinin yoğun öğrenci trafiğine sahip amfi sınıfları ile ilişkilidir. Sınav dönemlerinde bu bölgedeki öğrenci yoğunluğunun artmasıyla birlikte sigara içme oranının da arttığı gözlemlenmiştir. Genel ortalama değer ise 34,0 sigara izmariti kirlilik indeksi olup, bu alanların SK olarak nitelendirildiği, sigara kirliliğinin yüksek seviyede olduğu anlamına gelmektedir. Zemin yapıları dikkate alındığında, E katsayısının beton ve kaplama zeminlerdeki etkisi de göz önünde bulundurulmuştur.

Tablo 3. Nisan 2024 dönemi sigara izmariti ölçüm ve indeks sonuçları.
Table 3. Cigarette butt measurement and index results for April 2024.

İstasyonlar	Alan (m^2)	Sigara İzmariti Sayısı	Sigara İzmariti Yoğunluğu	Sigara İzmariti Kirlilik İndeksi	Kirlilik Göstergesi*
I-1	3,5	116	33,14	66,3	SK
I-2	4,8	110	22,90	22,9	SK
I-3	1,7	13	7,64	15,3	SK
I-4	4,3	29	6,74	13,5	SK
I-5	2,9	15	5,17	10,3	SK
I-6	2,0	12	6,00	12,0	SK
I-7	3,1	62	20,00	40,0	SK
I-8	3,3	33	10,00	20,0	SK
I-9	4,0	23	5,75	11,5	SK
I-10	0,9	5	5,88	11,8	SK
I-11	1,5	12	8,00	16,0	SK
I-12	2,7	34	12,59	25,2	SK
I-13	0,9	22	24,40	48,8	SK
I-14	2,5	17	6,80	13,6	SK
ORTALAMA	2,7	34	13,00	24,0	SK

*≤1: very low pollution (CDK); 1.1–2.5: low pollution (DK); 2.6–5.0: pollution (K); 5.1–7.5: noticeable pollution (BK); 7.6–10.0: high pollution (YK) and >10: severe pollution (SK).

Tablo 4. Mayıs 2024 dönemi sigara izmariti ölçüm ve indeks sonuçları.
Table 4. Cigarette butt measurement and index results for May 2024.

İstasyonlar	Alan (m^2)	Sigara İzmari Sayısı	Sigara İzmariti Yoğunluğu	Sigara İzmariti Kirlilik İndeksi	Kirlilik Göstergesi*
U-1	1,5	98	67,58	135,2	SK
U-2	0,8	62	77,50	77,5	SK
U-3	1,4	14	10,00	10,0	YK
U-4	3,9	32	8,20	16,4	SK
U-5	2,1	46	21,90	43,8	SK
U-6	5,4	25	4,60	9,2	YK
U-7	10,0	11	1,10	2,2	DK
U-8	3,6	53	14,70	29,4	SK
U-9	2,4	33	13,80	27,5	SK
U-10	4,8	28	5,80	11,6	SK
U-11	3,4	16	4,70	9,4	YK
ORTALAMA	3,5	38	21,00	34,0	SK

*≤1: very low pollution (CDK); 1.1–2.5: low pollution (DK); 2.6–5.0: pollution (K); 5.1–7.5: noticeable pollution (BK); 7.6–10.0: high pollution (YK) and >10: severe pollution (SK)

Tablo 5 verilerinde ise, en yüksek sigara izmariti kirlilik indeksi değerinin 275,4 ile C-8'de olduğu görülmektedir. Bu istasyon sınavların yoğun olarak yapıldığı bir alanın yakınında bulunmaktadır. Öğrencilerin sınav stresine bağlı olarak sigara içme eğiliminde oldukları ve bu durumun kirliliği artırdığı düşünülmektedir. Ayrıca, kütüphanenin bulunduğu C-1'deki 134,1 sigara izmariti kirlilik indeksi değeri, bu alanın da yoğun bir şekilde kullanıldığını ve sigara tüketiminin fazla olduğunu göstermektedir. Özellikle final ve vize dönemlerinde, kütüphanede çalışan öğrencilerin sigara içmeye eğilimli olmaları bu duruma katkı sağlamaktadır. Tablo 5 sigara izmariti kirlilik indeksi ortalaması 98,0 olup, bu istasyonların SK olarak sınıflandırıldığı, yoğun sigara kirliliğine maruz kaldığı anlaşılmaktadır.

Tablo 5. Haziran 2024 dönemi sigara izmariti ölçüm ve indeks sonuçları.
Table 5. Cigarette butt measurement and index results for June 2024.

İstasyonlar	Alan (m^2)	Sigara İzmariti Sayısı	Sigara İzmariti Yoğunluğu	Sigara İzmariti Kirlilik İndeksi	Kirlilik Göstergesi*
C-1	1,7	114	67,05	134,1	SK
C-2	0,9	42	46,60	93,2	SK
C-3	1,0	23	23,00	46,0	SK
C-4	1,5	88	58,60	58,6	SK
C-5	0,9	22	24,40	24,4	SK
C-6	0,8	47	62,50	125,0	SK
C-7	0,6	21	38,18	76,4	SK
C-8	0,9	124	137,70	275,4	SK
C-9	2,3	72	31,30	62,6	SK
C-10	1,4	73	52,14	104,3	SK
C-11	2,3	63	27,40	54,8	SK
C-12	0,4	23	57,50	115,0	SK
C-13	3,0	143	47,60	95,2	SK
C-14	0,9	48	53,30	106,6	SK
ORTALAMA	1,3	65	52,00	98,0	SK

*≤1: very low pollution (CDK); 1.1–2.5: low pollution (DK); 2.6–5.0: pollution (K); 5.1–7.5: noticeable pollution (BK); 7.6–10.0: high pollution (YK) and >10: severe pollution (SK)

TARTIŞMA VE SONUÇ

Sigara izmariti kirliliği, kentsel alanlarda yaygın bir çevre sorunu olarak karşımıza çıkmakta ve insan faaliyetlerinin yoğunlaştığı yerlerde çevresel riskleri artırmaktadır. Bu kirlilik türünün, kıyısal alanlar ve sucul ekosistemler üzerindeki etkileri bilimsel yöntemlerle incelenmiş olsa da üniversite kampüsleri gibi özel alanlardaki etkisi konusunda çalışmalar sınırlıdır (Akhbarizadeh vd. 2021). Yapılan araştırmalarda Türkiye'de öğrencilerin sigara içme %40 olduğu belirlenmiştir (Erdal vd. 2015). Özellikle sınav dönemlerinde, öğrencilerin sigara içme alışkanlıklarında artan stres ile birlikte gözlenen akran etkisi, izmarit kirliliğinin artmasına yol açabilmektedir (Mansouri vd. 2018). Song vd. (2023) özellikle stresin üniversite öğrencilerinde sigara tüketimini tetikleyici etkisi olduğunu raporlamışlardır.

Aynı zamanda, sigara üretimi ve tüketimindeki yüksek oran, ortaya çıkan atıkların yayılması (Green vd. 2014; Marah ve Novotny, 2011), sigara izmaritlerini toplama maliyetleri (Patel vd. 2013) ve çevrede uzun süre kalan izmaritlerde (Dobaradaran vd. 2017; Torkashvand vd. 2020) bulunan toksik ve kimyasal maddelerin varlığı, bu konuda özel bir dikkat gösterilmesi gerektiğini göstermektedir. Bu nedenle, sigara izmariti kirliliğinin yarattığı çevresel ve estetik sorunlar göz önüne alındığında, üniversite kampüsleri gibi belirli ortamlarda, izmaritlerin çevreye atılmasına yönlendiren kalıpları ve etkileri anlamak büyük önem taşımaktadır. Bu çalışma, üniversite kampüsündeki sigara izmariti kirliliğini ve yoğunluğunu, indeksler kullanarak belirlemek, belirli dönemlerde artan sigara tüketimini "akran etkisi" bağlamında ele alarak, bu "şiddetli kirlilik" sorunun boyutlarını ve potansiyel çözümlerini tartışmayı amaçlamaktadır.

Çalışma sonuçları (Tablo 2) göstermektedir ki, sigara izmariti yoğunluğunun en yüksek olduğu dönem, kampüs temizlik programlarının en sık aralıklarla yürütüldüğü bitirme sınavlarının olduğu üçüncü örnekleme dönemidir.

Veriler dönemsel olarak değerlendirildiğinde, sigara izmariti yoğunluğunun sınav dönemlerinde (özellikle Haziran 2024) belirgin şekilde arttığı görülmektedir. Kampüs içerisindeki sosyal alanlar, giriş yolları, amfi sınıflar ve kütüphane gibi yoğun öğrenci trafiğine sahip bölgelerde sigara tüketimi artmış ve bu durum kirlilik oranlarını yükseltmiştir. Özellikle kaplama zeminlerde izmaritlerin daha belirgin olduğu ve sigara izmariti kirlilik indeksi değerlerinin bu alanlarda yüksek çıktığı gözlemlenmiştir. Örnekleme döneminde, en yüksek sigara izmariti sayısı 143 ile C-13 kodlu istasyonuna aittir. Ancak, sigara izmaritlerinin yoğunluğunu dikkate aldığımızda, en yüksek değer 137,7 ile 3.8 istasyonuna aittir ve bu istasyonun kirlilik indeks değeri 275,4 olarak hesaplanmıştır. Bu fark, istasyonların zemin türü ve yağış koşullarına bağlı olarak değerlendirilmiştir. E katsayısı, "beton, asfalt veya yüksek kaliteli kaplama zeminlerde olduğu için 1" olarak belirlenmiş, diğer istasyonlar için ise 2 olarak değerlendirilmiştir. Bu nedenle, zeminlerin ıslaklık durumu ve kaplama özellikleri, örneklemelerin doğru bir şekilde yorumlanabilmesi için dikkate alınmalıdır. Genel ortalamalar, örnekleme dönemlerindeki farkların belirginliğini ortaya koymaktadır. İstasyon farklılıklarını göz ardı ettiğimizde, bitirme sınavı dönemi olarak bilinen Haziran 2024 verilerinin hem sayı hem de yoğunluk ve kirlilik indeks değerleri açısından en yüksek seviyelere ulaştığı gözlemlenmiştir. En yüksek sigara izmariti kirlilik indeksi değerlerini gösteren beş istasyon (C-8; U-1; C-1; C-6 ve C-12) bitirme sınavlarının gerçekleştiği dönemde tespit edilmiştir. Ortalama değerler açısından, ara sınav dönemi olan Mayıs 2024 ve ardından gelen Nisan 2024 döneminde verilerin giderek azaldığı gözlemlenmiştir.

Sınav haftalarında, öğrenciler üzerindeki baskı ve stresle başa çıkmanın bir yolu olarak sigara içme oranları artmakta; stresle başa çıkma durumu, bir bireyin sigara içme davranışının başkalarını da sigara içmeye teşvik ettiği daha geniş akran etkisi sorununu yansıtmaktadır. Tzu-Hsuan vd. (2020) gerçekleştirdikleri çalışmada artan kaygı ve stresin üniversite öğrencilerinde daha fazla sigara içmeye neden olabileceğini belirtmiştir. Bir diğer çalışmada Caputo vd. (2020) pandemi sürecinin bireyleri sosyal mesafe koyma ihtiyacına yönlendirdiği bunun neticesinde insanların sosyal iletişim seviyesinde bir düşüş olduğunu tespit etmişlerdir. Çalışmanın bir diğer çıktısı ise öğrencilerin bu süreçten en çok etkilenen kesimin olduğudur. Dolayısıyla birçok stres faktörü baskısı altında olan öğrencilerin sigaraya başlaması ve/veya sigara tüketim alışkanlıklarında artış olması beklenilen bir sonuçtur.

Çeşitli kıyısal ve kentsel alanlardaki sigara izmariti yoğunluğu, dünya çapında yapılan çalışmalara göre önemli farklılıklar göstermektedir (Tablo 6). Kıyısal alanlarda, İspanya'nın Cádiz şehrinde m² başına 0,04 izmaritten, İran'ın Buşehr şehrinde ise m² başına 20,00 izmarite kadar değişen yoğunluklar tespit edilmiştir. Kentsel alanlarda ise, Çin'in Guangzhou şehrinde m² başına 0,03 izmaritten Brezilya'nın Santos şehrinde m² başına 0,25 izmarite kadar bir yoğunluk aralığı gözlemlenmiştir. Bu çalışmada ise, m² başına 28,70 izmarit yoğunluğu ile oldukça yüksek bir değer elde edilmiştir. Bu bulgu, İstanbul'daki kentsel alandaki sigara izmariti kirliliğinin ne denli ciddi olduğunu ortaya koymaktadır.

Bununla birlikte tüketilen her sigaranın, her ne kadar doğal koşullar altında bozulmaya karşı dirençli bir tür polimer olan selüloz asetattan yapılmış olsalar da, biyolojik olarak parçalanabilir olduğu algısı nedeniyle kontrolsüzce çevreye atılmaları ayrı bir soru işaretidir. Yapılan

incelemelerde, alanlarda bulunan atık biriktirme ekipmanlarının sayıca yeterli olduğu görülmüş, ortamda bulunan sigara izmaritlerin sayıca çokluğu ve çeşitliliğinin nedenlerden biri olarak akranların duyarsız davranışlarından edinimler olarak değerlendirilmiştir. Bu konuda yapılan birçok araştırma, sigara izmaritlerin ortama bırakılmasının, çoğu kez farkında olmadan veya bilinçsizce yapıldığı, sigara kullanma alışkanlığı olan bireyler arasında sıkça rastlanan bir davranış olduğu belirtilmektedir (Novotny vd. 2009; Conradi ve Sanchez-Moyano, 2022). Ayrıca, bu durum bazı araştırmalarda popülasyon yoğunluğu ve toplum alışkanlıkları ile açıklanma yoluna gidilmiştir (Valiente vd. 2020; Shen vd. 2021). Farklı yıllarda farklı kültürler için yürütülen araştırmalar, izmaritlerin çevreye atılmasının bireyler arasında neredeyse kabul edilebilir bir davranış olarak algılandığını göstermektedir (Rath vd. 2012; Smith ve Novotny 2011).

Tablo 6. İstasyonlardaki ortalama sigara izmariti yoğunluğunun literatürdeki diğer çalışmalarla karşılaştırılması.
Table 6. Comparison of the average density of cigarette butts at the stations with data from other studies on public areas.

Çalışma Alanı	Konum	Yoğunluk (adet/m^2)	Kaynak
Kıyısal Alan	Alicante, İspanya	0,06	Asensio-Montesinos vd. 2021
Kıyısal Alan	Cádiz, İspanya	0,04	Asensio-Montesinos vd. 2021
Kıyısal Alan	Septe, İspanya	0,04	Asensio-Montesinos vd. 2021
Kıyısal Alan	Bocagrande, Kolombiya	0,66	Díaz-Mendoza vd. 2023
Kıyısal Alan	Peró, Brezilya	0,27	Díaz-Mendoza vd. 2023
Kıyısal Alan	Malecón, Ekvador	0,14	Díaz-Mendoza vd. 2023
Kıyısal Alan	Pehuen-Có, Arjantin	0,05	Díaz-Mendoza vd. 2023
Kıyısal Alan	Manzanillo, Meksika	0,15	Díaz-Mendoza vd. 2023
Kıyısal Alan	Mazenderan, İran	0,11	Yousefi Nasab vd., 2022
Kıyısal Alan	Buşehr, İran	20,00	Dobaradaran vd. 2018
Kıyısal Alan	Armação dos Búzios, Brezilya	0,14	Oigman-Pszczol ve Creed, 2007
Kıyısal Alan	Dalian, Çin	0,10	Yang vd. 2024
Kıyısal Alan	Guangzhou, Çin	0,07	Yang vd. 2024
Kentsel Alan	Niterói, Brezilya	0,08	Riberio vd. 2022
Kentsel Alan	Santos, Brezilya	0,25	Lima vd. 2021
Kentsel Alan	Dalian, Çin	0,17	Yang vd. 2024
Kentsel Alan	Guangzhou, Çin	0,03	Yang vd. 2024
Kentsel Alan	İstanbul, Türkiye	28,70	Bu çalışma

Sigara kullanımının, üniversite öğrencileri arasında bir sosyalleşme aracı olarak görülmesi, bulgularda sunulan kirlilik indeksi değerlerinin yüksek çıkmasının yanıtlarından biri olarak kabul edilebilir. Araştırmalar, sigara içen arkadaş(lar)a sahip olan bireylerin sigara tüketicisi arkadaşı olmayan bireylere kıyasla sigara kullanma ihtimalinin 5 kat daha yüksek olduğunu ortaya koymuştur (Güdük vd. 2021). Oğuz vd. (2018) ise sigara içen öğrencilerin başlıca kullanma nedeninin %24,4'lük oran ile "Arkadaş Etkisi" olduğu açığa çıkmıştır. Çilekar vd. (2019) tarafından yapılan bir başka çalışmada ise öğrencilerin sigaraya başlama sebepleri sıralandığında "Yakın Arkadaş Etkisi" birinci, "Stres" ise üçüncü sırada yer almaktadır.

Örnekleme yapılan istasyonların ortak noktası, öğrencilerin sosyalleştiği, birlikte zaman geçirdiği ve öğrencilerin yoğunlukta bulunduğu bölgelerdir. Özellikle sınav dönemlerinde öğrenci popülasyonunun artması ile indeks değerlerinin alanlarda daha yüksek değerlere ulaştığı bu çalışmanın en önemli bulgularındandır. Sigara izmariti kirlilik indeksi değerinin daha yüksek olduğu alanlarda (U-1, C-1 ve C-8) bireylerde atık bilinci ve farkındalığı ile atıklar konusunda alınacak tedbirlerin yeterli olamadığı; çevresel davranış şekli kavramının akran etkisi ve gözlemsel öğrenme ile ilişkilendirilmesi gerektiği görülmektedir (Sivri vd. 2024). Genç bireyler akran normlarına ve davranışlarına oldukça duyarlıdır; sosyal kabul için çabalar ve reddedilme korkusu taşırlar. Akranların sıklıkla uygunsuz bir şekilde atık bırakması, bu davranışın kabul edilebilir olduğuna dair bir sosyal norm yaratabilir. "Sosyal Öğrenme Kuramı", bireylerin başkalarını, özellikle de hayran oldukları veya uyum sağlamak istedikleri kişileri gözlemleyerek ve taklit ederek davranışları öğrendiklerini öne sürmektedir. Bu nedenle, eğer akranları düzenli olarak atık bırakıyorsa, genç bir kişinin grup dinamiklerine uyum sağlamak ve sosyal onay kazanmak için bu davranışı taklit etme olasılığı daha yüksektir (Sawdey vd. 2011; Valiente vd. 2020). Bu çalışmada özellikle sınav dönemleri başta olmak üzere bulunulan ortamlarda artan polimer yapıların varlığı, bu gerekçeyi desteklemektedir.

Kentleşme, nüfus artışı, yerli ve yabancı turistlerin dolaşma kolaylığı, sanayileşme gibi temel etkenler günümüzde kent ve kasabaların daha fazla atıkla başa çıkmasını gerektirecek başlıklardan birkaçıdır. Bu atıkların uygun aralıklarla ve başarılı sistemlerle toplanması yerel yönetimlerin sorumluluklarındandır. Ancak bireylerin olumsuz davranış alışkanlıklarından kaynaklanan sokaklara ve kamuya açık alanlara atık bırakma eylemi bu hizmetlerde aksamaya, hem estetik açıdan hoş olmayan görüntüler hem çevre açısından tehditler ve hem de yaban hayatına olumsuz etkiler yaratmaya devam etmektedir. Avrupa Birliği'nin Tek Kullanımlık Plastik Direktifi (2019/904), özellikle sıklıkla karşılaşılan plastik atıkların çevresel etkisini azaltmayı ve döngüsel ekonomiye geçişi teşvik etmeyi amaçlamaktadır.

Bu direktif, tütün ürünlerinde kullanılan filtreleri ve polimer yapı içeren tütün ürünü filtrelerini de kapsamaktadır.

Üniversiteler, bugünün öğrencilerinin ve yarının karar vericilerinin, uygulayıcılarının ve velilerinin uygulamalı öğrenmeleri ile yaşayan laboratuvarlar olarak kabul edildiğinden, üniversitelerde atıkların ne ölçüde ayrıştırılabileceğini anlamak ve öğrencilerin bilinç seviyesini yükseltmek önemlidir. Sadece öğrenciler açısından değil kampüs paydaşlarının bu stratejiye yönelik bilgi, farkındalık, davranış ve motivasyonlarının artırılması, "yeşil kampüs" olma hedefini hızlandıracaktır (Gürsoy Haksevenler vd. 2020; Gürsoy Haksevenler vd. 2022). Bu çalışma sonuçlarında, özellikle sınav dönemlerinde, kampüs paydaşları kadar öğrencilerin sayısı ve arasındaki etkileşim arttığı için oluşan sigara izmaritlerin sayısı da artmıştır. Bu artışla birlikte kampüsteki asfalt, yol ve yeşil alanlara bırakılan izmaritler, kirlilik indeksinin "şiddetli kirlilik" sonucunu alacak kadar yükselmesine neden olmuştur. Atıkların karakteristik değişimleri kampüslerin konumuna, nüfusa, iklime ve kültüre göre değişiklik göstermektedir (Mbama vd. 2022; Maçin vd. 2024). Üniversitenin atık karakterizasyonunda sigara izmaritlerindenden kaynaklanan "şiddetli kirlilik" olan alanların "düşük kirlilik" düzeyine düşürülmesinde, bilinç çalışmalarının etkili olacağı öngörülmektedir. Benzer şekilde, sigara izmaritlerin doğal ortamlarda kolaylıkla bozulması algısının, akran etkisini olumlu açıdan kullanarak bilinç oluşturulması yönünde yönetilmesinin, sigara izmaritinden kaynaklanan olumsuz etkinin indirgenmesinde önemli bir rol oynayacağı düşünülmektedir. Gelecekteki çalışmalarda, üniversite kampüslerinde sigara izmaritlerinin çevreye olan biyolojik ve ekolojik etkileri üzerinde daha kapsamlı araştırmalar yapılarak, çevre koruma politikalarına katkı sağlanabilir. Bu bağlamda, izmaritlerin yönetimi için farklı kirlilik kontrol yöntemlerinin karşılaştırılması ve kamu alanlarında sigara izmariti atılmasını önlemeye yönelik çözümlerin geliştirilmesi önem arz etmektedir.

REFERENCES

Asensio-Montesinos, F., Oliva Ramírez, M., Aguilar-Torrelo, M.T. & Anfuso, G. (2021). Abundance and Distribution of Cigarette Butts on Coastal Environments: Examples from Southern Spain. *Journal of Marine Science and Engineering*, ***9***, 129. DOI: 10.3390/jmse9020129

Bonanomi, G., Maisto, G., De Marco, A., Cesarano, G., Zotti, M. & Mazzei, P. (2020). The fate of cigarette butts in different environments: Decay rate, chemical changes and ecotoxicity revealed by a 5-years decomposition experiment. *Environmental Pollution*, ***261***, 114108. DOI: 10.1016/j.envpol.2020.114108

Burki, T. (2024). Tobacco and e-cigarette use in young people: an ongoing challenge. *The Lancet Oncology*, ***25***(7), 835. DOI: 10.1016/S1470-2045(24)00323-1

Caputo, E.L. & Reichert, F.F. (2020). Studies of Physical Activity and COVID-19 During the Pandemic: A Scoping Review. *Journal of Physical Activity and Health*, ***17***, 1275-1284.

Conradi, M. & Sanchez-Moyano, J.E. (2022). Toward a sustainable circular economy for cigarette butts, the most common waste worldwide on the coast. *Science of The Total Environment*, ***847***, 157634. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2022.157634

Çilekar, Ş., Dumanlı, A., Öz, G. & Günay, E. (2019). Hastanemizde Tıp Fakültesi Öğrencilerinin Tütün Kullanma Durumları. *Bozok Tıp Dergisi*. DOI: 10.16919/bozoktip.477443

Daniel, K.E. (2016). The effect of peer presence on adolescent risk-taking behaviors.

Díaz-Mendoza, C., Arias Ordiales, P., Bustos, M.L., Cervantes, O., Palacios-Moreno, M., Vera San-Martin, T., Kloc Lopes, G., Vallejo, M., Mouthon-Bello, J. & Gutiérrez, L. (2023). Abundance and distribution of cigarette butts on the sand of five touristic beaches in Latin America during the COVID-19 pandemic. *Marine pollution bulletin*, ***194***(Pt A), 115306. DOI: 10.1016/j.marpolbul.2023.115306

Dobaradaran, S., Nabipour, I., Saeedi, R., Ostovar, A., Khorsand, M., Khajeahmadi, N., Hayati, R. & Keshtkar, M. (2017). Association of metals (Cd, Fe, As, Ni, Cu, Zn and Mn) with cigarette butts in northern part of the Persian Gulf. *Tobacco Control*, ***26***(4), 461-463. DOI: 10.1136/tobaccocontrol-2016-052931

Dobaradaran, S., Schmidt, T.C., Nabipour, I., Ostovar, A., Raeisi, A., Saeedi, R., Khorsand, M., Khajeahmadi, N. & Keshtkar, M. (2018). Cigarette butts abundance and association of mercury and lead along the Persian Gulf beach: an initial investigation. *Environmental science and pollution research international*, ***25***(6), 5465-5473. DOI: 10.1007/s11356-017-0676-9

Dobaradaran, S., Schmidt, T.C., Lorenzo-Parodi, N., Kaziur-Cegla, W., Jochmann, M.A., Nabipour, I., Lutze, H.V. & Telgheder, U. (2020). Polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) leachates from cigarette butts into water. *Environmental pollution*, ***259***, 113916. DOI: 10.1016/j.envpol.2020.113916

Dobaradaran, S., Soleimani, F., Akhbarizadeh, R., Schmidt, T.C., Marzban, M. & Basirian-Jahromi, R. (2021). Environmental fate of cigarette butts and their toxicity in aquatic organisms: A comprehensive systematic review. *Environmental Research*, ***195***, 110881. DOI: 10.1016/j.envres.2021.110881

Erdal, G., Erdal, H., Esengun, K. & Karakas, G. (2015). Cigarette consumption habits and related factors among college students in Turkey: a logit model

analysis. JPMA. *The Journal of the Pakistan Medical Association*, ***65***(2), 136-141.

European Union. (2019). Plastic Environmental Impact Reduction Directive (2019/904).

Genchi, G., Sinicropi, M.S., Lauria, G., Carocci, A. & Catalano, A. (2020). The Effects of Cadmium Toxicity. *International journal of environmental research and public health*, ***17***(11), 3782. DOI: 10.3390/ijerph17113782

Ghebreyesus, T.A. (2019). Progress in beating the tobacco epidemic. *The Lancet*, ***394***, 10198, 548-549. DOI: 10.1016/S0140-6736(19)31730-1

Green, A.L.R., Putschew, A. & Nehls, T. (2014). Littered cigarette butts as a source of nicotine in urban waters. *Journal of Hydrology*, ***519***, 3466-3474.

Grilo, G., Pinho, M., Ribeiro, V.V. & Szklo, A. (2024). Cigarette Butts: Toxic Threat and Tobacco Control Opportunity. *Global Health Now*.

Güdük, Ö., Namoglu, S.S., Yemenici, M., Ertürk, N., Arğa, K.Y., Merih, Y.D. & Satman, İ. (2021). Üniversite Öğrencilerinde Tütün Kullanım Alışkanlıklarının Belirleyici ve Algılar: İstanbul İlinde Sağlık Hizmetleri Yüksekokulu Öğrencileri Örneği. *Anadolu Hemşirelik ve Sağlık Bilimleri Dergisi*, ***24***(2), 264-273. DOI: 10.17049/ataunihem.870195

Gündüz Telli, C., Aytemur Solak, Z., Özol, D. & Sayıner, A. (2004). Smoking habits among newly registered university students. *Solunum*, ***6***(3), 101-106.

Gürsoy Haksevenler, B.H., Kavak, F.F. & Akpınar, A. (2020). Sıfır Atık Yönetimi, Marmara Üniversitesi Anadoluhisarı Kampüsü Örneği. *Kent Akademisi*, ***13***(4), 722-735. DOI: 10.35674/kent.798900

Gürsoy Haksevenler, B.H., Kavak, F.F. & Akpınar, A. (2022). Separate waste collection in higher education institutions with its technical and social aspects: A case study for a university campus. *Journal of Cleaner Production*, ***367***, 133022. DOI: 10.1016/j.jclepro.2022.133022

Hecht, S.S., & Hatsukami, D.K. (2022). Smokeless tobacco and cigarette smoking: chemical mechanisms and cancer prevention. *Nature reviews. Cancer*, ***22***(3), 143-155. DOI: 10.1038/s41568-021-00423-4

Lee, K., Carrillo Botero, N. & Novotny, T. (2016). Manage and mitigate punitive regulatory measures, enhance the corporate image, influence public policy: Industry efforts to shape understanding of tobacco-attributable deforestation. *Globalization and Health*, ***12***, 55.

Lima, C., Amaral Dos Santos Pinto, M., Brasil Choueri, R., Buruaem Moreira, L. & Braga Castro, I. (2021). Occurrence, characterization, partition, and toxicity of cigarette butts in a highly urbanized coastal area. *Waste Management*, ***131***, 10-19. DOI: 10.1016/j.wasman.2021.05.029

Maçin, K.E., Özçelik, K., Güven, H. & Arıkan, O.A. (2024). Waste characterization and recycling potential in a university campus: ITU Ayazağa Campus zero waste management practices. Journal of Materials Cycles and *Waste Management*, ***26***, 1193-1209. DOI: 10.1007/s10163-024-01894-x

Mansouri, A., Kavi, E., Ahmadpoori, S.F., Amin, E. & Bazrafshan, M. (2019). Cigarette Smoking and Coping Strategies with Stress in Young Adults of Larestan. *Jundishapur Journal of Health Sciences*, ***11***(1), e83121. DOI: 10.5812/jjhs.83121

Marah, M. & Novotny, T.E. (2011). Geographic patterns of cigarette butt waste in the urban environment. *Tobacco Control*, ***20***, 42-44.

Mbama, C.A., Otegbulu, A., Beverland, I. & Beattie, T.K. (2022). Solid waste recycling within higher education in developing countries: A case study of the University of Lagos. *Journal of Materials Cycles and Waste Management*. DOI: 10.1007/s10163-022-01569-5

Moriwaki, H., Kitajima, S. & Katahira, K. (2009). Waste on the roadside, 'poi sute' waste: its distribution and elution potential of pollutants into the environment. *Waste Management*, ***29***(3), 1192-1197. DOI: 10.1016/j.wasman.2008.08.017

Novotny, T.E., Lum, K., Smith, E., Wang, V. & Barnes, R. (2009). Cigarettes butts and the case for an environmental policy on hazardous cigarette waste. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, ***6***(5), 1691-1705.

Oğuz, S., Çamcı, G. & Kazan, M. (2018). Üniversite öğrencilerinin sigara kullanım sıklığı ve sigaranın neden olduğu hastalıkları bilme durumu. *Van Tıp Dergisi*, ***25***(3), 332-337. DOI: 10.5505/vtd.2018.02411

Oigman-Pszczol, S.S. & Creed, J.C. (2007). Quantification and Classification of Marine Litter on Beaches along Armação dos Búzios, Rio de Janeiro, Brazil. *Journal of Coastal Research*, ***23***(2), 421-428. http://www.jstor.org/stable/4494211

Özer, M. (2003). Sigara Alışkanlığı. *Aile ve Toplum*, ***2***(6), 1-4. DOI: 10.21560/spcd.78275-198169

Qamar, W., Abdelgalil, A.A., Aljarboa, S., Alhuzani, M. & Altamimi, M.A. (2020). Cigarette waste: Assessment of hazard to the environment and health in Riyadh city. *Saudi Journal of Biological Sciences*, ***27***(5), 1380-1383. DOI: 10.1016/j.sjbs.2019.12.002

Patel, V., Thomson, G.W. & Wilson, N. (2013). Cigarette butt littering in city streets: a new methodology for studying and results. *Tobacco Control*, ***22***(1), 59-62. DOI: 10.1136/tobaccocontrol-2011-050172

Poppendieck, D., Gong, M. & Pham, V. (2020). Influence of temperature, relative humidity,and water saturation on airborne emissions from cigarette butts. *Science of the Total Environment*, ***712***, 136422. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2019.136422

Rahman, M.T., Mohajerani, A., Giustozzi, F. & Giustozzi, F. (2020). Possible recycling of cigarette butts as fiber modifier in bitumen for

asphalt concrete. *Materials*, ***13***(3). DOI: 10.3390/ma13030734

Rath, J.M., Rubenstein, R.A., Curry, L.E., Shank, S.E. & Cartwright, J.C. (2012). Cigarette Litter: Smokers' Attitudes and Behaviors. *International journal of environmental Research and Public Health*, ***9***, 2189-2203.

Ribeiro, V.V., Lopes, T.C., Amaral Dos Santos Pinto, M., Povoa, A.A., Correa, V.R. & De-la-Torre, G.E. (2022). Cigarette butts in two urban areas from Brazil: Links among environmental impacts, demography and market. *Environmental Research*, ***213***, 113730. DOI: 10.1016/j.envres.2022.113730

Sawdey, M., Lindsay, R.P. & Novotny, T.E. (2011). Smoke-free college campuses: no ifs, ands or toxic butts. *Tobacco Control*, ***20***, 21-24.

Shen, M., Li, Y., Song, B., Zhou, C., Gong, J. & Zeng, G. (2021). Smoked cigarette butts: Unignorable source for environmental microplastic fibers. *Science of the Total Environment*, ***791***, 148384. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2021.148384

Sivri, N., Aydoğdu, A., Sönmez, V.Z. & Akarsu, C. (2024). Kampüs Ortamındaki Plastik Atık Çeşitliliğinde Gözlemsel Öğrenmenin ve Akran Etkisinin ArcGIS ile Görselleştirmesi. *Doğal Afetler ve Çevre Dergisi*, ***10***(2), 437-449. DOI: 10.21324/dacd.1471703

Smith, E.A. & Novotny, T.E. (2011). Whose butt is it? Tobacco industry research about smokers and cigarette butt waste. *Tobacco Control*, ***20***(Suppl 1), i2-i9.

Soleimani, F., Dobaradaran, S., De-la-Torre, G.E., Schmidt, T.C. & Saeedi, R. (2022). Content of toxic components of cigarette, cigarette smoke vs cigarette butts: A comprehensive systematic review. *The Science of the total environment*, ***813***, 152667. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2021.152667

Stigler Granados, P., Fulton, L., Nunez Patlan, E., Terzyk, M. & Novotny, T.E. (2019). Global Health Perspectives on Cigarette Butts and the Environment. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, ***16***(10), 1858. DOI: 10.3390/ijerph16101858

Torkashvand, J., Farzadkia, M., Sobhi, H. R. & Esrafili, A. (2020). Littered cigarette butt as a well-known hazardous waste: A comprehensive systematic review. *Journal of hazardous materials*, ***383***, 121242. DOİ: 10.1016/j.jhazmat.2019.121242

Torkashvand, J., Godini, K., Jafari, A. J., Esrafili, A. & Farzadkia, M. (2021). Assessment of littered cigarette butt in urban environment, using of new cigarette butt pollution index (CBPI). *Science of the Total Environment*, ***769***, 144864. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2020.144864

Tzu-Hsuan Chen, D. (2020). The psychosocial impact of the COVID-19 pandemic on changes in smoking behavior: Evidence from a nationwide survey in the UK. *Tobacco Prevention & Cessation*, ***6***, 59.

Valiente, R., Escobar, F., Pearce, J., Bilal, U., Franco, M. & Sureda, X. (2020). Estimating and mapping cigarette butt littering in urban environments: A GIS approach. *Environmental research*, ***183***, 109142. DOI: 10.1016/j.envres.2020.109142

Webler, T. & Jakubowski, K. (2022). Attitudes, Beliefs, and Behaviors about Cigarette-Butt Littering among College-Aged Adults in the United States. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, ***19***(13), 8085. DOI: 10.3390/ijerph19138085

Wickert, K.C. (2002). Friends, cliques, and peer pressure: Be true to yourself. Berkeley Heights: Enslow Publishers.

World Health Organization. (2024). Tobacco. https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/tobacco (23 Nisan 2024)

Yang, S., Gu, C., Jiao, Y. & Yang, Q. (2023a). Research on the presence of cigarette butts and their leaching of chemical pollutants and microparticles: the case of Dalian, China. *Frontiers in Marine Science*, ***10***, 1277402. Doi: 10.3389/fmars.2023.1277402

Yang, S., Gu, C. & Yang., Q. (2023b). The unignorable ecological impact of cigarette butts in the ocean: an underestimated and under-researched concern. *Frontiers in Marine Science*, ***10***. https://doi.org/10.3389/fmars.2023.1266536

Yang, Q., Zhong, W., Jiao, Y., Zhang, Y., Cheng, L., Ruan, Y. & Yang, S. (2024). Littered cigarette butts in both coastal and inland cities of China: occurrence and environmental risk assessment. *Frontiers in Marine Science*, ***11***, 1388631. DOI: 10.3389/fmars.2024.1388631

Yousefi Nasab, A., Oskoei, V., Rezanasab, M., Alinejad, N., Hosseinzadeh, A. & Kashi, G. (2022). Cigarette butt littering consequences: a study of pollution rate on beaches and urban environments. *Environmental science and pollution research international*, ***29***(30), 45396-45403. DOI: 10.1007/s11356-022-19155-5

Zafeiridou, M., Hopkinson, N. & Voulvoulis, N. (2018). Cigarette smoking: An assessment of tobacco's global environmental footprint across its entire supply chain, and policy strategies to reduce it. *Environmental Science and Technology*, ***52***, 8087-8094.

Journal of Anatolian Environmental and Animal Sciences
(*Anadolu Çevre ve Hayvancılık Bilimleri Dergisi*)
DOI: https://doi.org/10.35229/jaes.1564496

JAES
Year: 9, No: 4, 2024 (616-622)
AÇEH
Yıl: 9, Sayı: 4, 2024 (616-622)

ARAŞTIRMA MAKALESİ **RESEARCH PAPER**

Extraction and Characterisation of Type I Collagen from the Scales of Redcoat *Sargocentron rubrum* (Forsskål, 1775)

Servet Ahmet DOĞDU[1]* Cemal TURAN[2] Tolga DEPCİ[3]

[1] *Iskenderun Technical University, Maritime Technology Vocational School of Higher Education, Underwater Technologies, 31200 Iskenderun, Hatay, Türkiye*

[2] *Iskenderun Technical University, Marine Sciences and Technology Faculty Marine Science Department, Molecular Ecology and Fisheries Laboratory 31200 Iskenderun, Hatay, Türkiye*

[3] *Iskenderun Technical University, Department of Petrol and Natural Gases Engineering, 31200, Iskenderun, Türkiye*

Received: *10.10.2024* ***Accepted:*** *28.11.2024* ***Published:*** *31.12.2024*

How to cite: **Doğdu, S.A. Turan, C. & Depci, T. (2024).** Extraction and Characterisation of Type I Collagen from the Scales of Redcoat *Sargocentron rubrum* (Forsskål, 1775). *J. Anatolian Env. and Anim. Sciences*, ***9***(4), 616-622. https://doi.org/10.35229/jaes.1564496

Atıf yapmak için: **Doğdu, S.A. Turan, C. & Depci, T. (2024).** Asker balığı *Sargocentron rubrum* (Forsskål, 1775) Pullarından Tip I Kolajen Ekstraksiyonu ve Karakterizasyonu. *Anadolu Çev. ve Hay. Dergisi*, ***9***(4), 616-622. https://doi.org/10.35229/jaes.1564496

*: https://orcid.org/0000-0003-2939-5838
: https://orcid.org/0000-0001-9584-0261
: https://orcid.org/0000-0001-9562-8068

***Corresponding author's:**
Servet Ahmet DOĞDU
Iskenderun Technical University, Maritime Technology Vocational School of Higher Education, Underwater Technologies, 31200 Iskenderun, Hatay, Türkiye
✉: servet.dogdu@iste.edu.tr

Abstract: Collagen, one of the most important biopolymers, is widely used in the food and pharmaceutical industries due to its functional and technological properties. Alien species, especially of Indo-Pacific origin, entering Mediterranean waters can exert pressure on native species and cause ecological and economic effects. In this study, we produced collagen from the scale of *Sargocentum rubrum* to bring this species to the economy and to reduce the pressure on our infested marine ecosystem as a surplus value. Acid-soluble collagen was extracted; a characteristic sodium dodecyl SDS-PAGE gel electrophoresis profile for type I collagen was obtained from the *S. rubrum* scales. The yield of collagen extracted from the scales of *S. rubrum* by the ASC method was calculated as 11.2%. The results of the analyses show that the collagen obtained from *S. rubrum* scales was Type I collagen with high yields. It has been proved that non-economic alien species as *S. rubrum* used in our study can be used as an alternative source instead of terrestrial animal collagen.

Keywords: Collagen extraction; *Sargocentron rubrum*; invasive fish species; type I collagen.

Asker balığı *Sargocentron rubrum* (Forsskål, 1775) Pullarından Tip I Kolajen Ekstraksiyonu ve Karakterizasyonu

***Sorumlu yazar:**
Servet Ahmet DOĞDU
İskenderun Teknik Üniversitesi, Denizcilik Teknolojisi Meslek Yüksekokulu, Sualtı Teknolojileri, 31200 İskenderun, Hatay, Türkiye
✉: servet.dogdu@iste.edu.tr

Öz: En önemli biyopolimerlerden biri olan kolajen, fonksiyonel ve teknolojik özellikleri nedeniyle gıda ve ilaç endüstrilerinde yaygın olarak kullanılmaktadır. Akdeniz sularına giren özellikle Hint-Pasifik kökenli yabancı türler, yerli türler üzerinde baskı oluşturarak ekolojik ve ekonomik etkilere neden olabilir. Bu çalışmada, bu türleri ekonomiye kazandırmak ve istila edilmiş deniz ekosistemimiz üzerindeki baskıyı azaltmak için *Sargocentum rubrum* pulundan kolajen üretimi gerçekleştirilmiştir. Kolajen asitte çözünür kolajen yöntemi ile ekstrakte edilmiş; *S. rubrum* pullarından tip I kolajen profili için karakteristik bir sodyum dodesil SDS-PAGE jel elektroforezi kullanılmıştır. ASC yöntemi ile *S. rubrum* pullarından ekstrakte edilen kolajen verimi %11.2 olarak hesaplanmıştır. Analiz sonuçları, *S. rubrum* pullarından elde edilen kolajenin yüksek verime sahip Tip I kolajen olduğunu göstermektedir. Çalışmamızda kullanılan *S. rubrum* gibi ekonomik olmayan yabancı türlerin karasal hayvan kolajeni yerine alternatif bir kaynak olarak kullanılabileceği kanıtlanmıştır. Elde edilen sonuçlar, *S. rubrum* pullarından elde edilen kolajenin biyomedikal ve diğer kozmetik endüstrileri için iyi bir alternatif kaynak olabileceğini göstermektedir.

Anahtar kelimeler: *Kolajen ekstraksiyonu, Sargocentron rubrum, istilacı balık türleri, tip I kolajen.*

INTRODUCTION

Biomaterials are distinguished by their distinctive properties, which make them ideal for use in conjunction with living tissues. Their versatility has led to an expanding role within the biomedical industry (Puad et al., 2019; Doğdu et al., 2024). Biomaterials are defined by their ability to meet specific criteria, including the following: biocompatibility, serializability, functionality, and manufacturability (Doğdu et al., 2021; Alemu Reta et al., 2024). In recent years, biomaterials have been used effectively in the treatment of damaged tissues, prolonging the life of the affected body part and tissue regeneration (Billiet et al., 2012).

Collagen is one of the most important biomaterials due to its wide range of industrial applications and is the most widely used biomaterial (Gorgieva and Kokol, 2011; Schmidt et al., 2016; Meyer, 2019; Zeng et al., 2024). Collagen is an important protein found in animal dermal tissue and in bone connective tissue. It constitutes approximately 30% of the total protein content of these tissues (Ogawa et al., 2003; Li et al., 2013; Khong et al., 2016; Stoilov et al., 2018; Lu et al., 2023). So far, researchers have identified at least 29 different forms of collagen, each characterised by its unique molecular composition and function (Shenoy et al., 2022; Ata et al., 2025). Type I collagen is the most prevalent protein in the human body, comprising approximately 90% of total protein (Chowdhury et al., 2018). It is predominantly present in the skin, bones, organ capsules, tendons, cornea, and fascia, with minimal expression in cartilaginous tissues (Naomi et al., 2021). The most prevalent designation of type I collagen is that of fibril-forming collagen; it is this form that is most widely utilised as a biomaterial in the field of tissue engineering, largely due to its abundance in biological systems (Sheehy et al., 2018). The resulting type I collagen is used in numerous sectors, including the food, cosmetics, biomedical and pharmaceutical industries (Felician et al., 2018; Cherim et al., 2019).

Originally derived from the skins of terrestrial animals such as cows and pigs, collagen has been replaced by alternative collagen sources such as fish in recent years due to its potential to transmit numerous diseases, including transmissible spongiform encephalopathy (TSE), foot-and-mouth disease (FDM) and avian influenza (Muyonga et al., 2004; Coppola et al., 2020). Marine organisms are seen as promising alternative sources of collagen due to the lack of religious restrictions and the absence of documented infectious diseases (Coppola et al., 2020). In particular, bycatch organisms obtained from fisheries activities are shown to be an important biomass, yet underutilised source of collagen (Lim et al., 2019; Rahman, 2019). By using this underutilised biomass as a source of biomaterial, it is thought that it can be one of the important methods of combating issues such as the management of invasive species as well as bringing species with no economic contribution to the economy (Doğdu et al., 2019; Doğdu et al., 2023).

The redcoat *Sargocentron rubrum* (Forsskal, 1775) is a member of the Holocentridae family. It is found in great numbers in coastal reefs and is typically found in the crevices of rocks at depths between 1 and 84 metres, forming dense aggregations (Randall, 1998; Kabaklı and Ergüden, 2022). *S. rubrum* is a species with a broad geographical distribution, occurring in the Red Sea and the western Pacific Ocean, from southern Japan to Vanuatu and New Caledonia in the southwest Pacific and extending east to New South Wales in Australia. In addition, it has been present in the Eastern Mediterranean Sea since its first record in 1947 (Haas and Steinitz 1947; Froese and Pauly, 2024). Although *S. rubrum* seems to be a successful representative of the lessepsian migration, it has not been studied other than biological studies because of its low commercial value (Taskavak and Bilecenoğlu 2001; Can et al. 2002; Türker et al. 2020; Kabaklı and Ergüden, 2022).

In this study, it was aimed to reduce the pressure on our invaded marine ecosystem by extracting and characterising collagen from *Sargocentum rubrum* scales for the first time and bringing a species with no economic value to the economy.

MATERIAL AND METHOD

Materials: A total of 58 *Sargocentron rubrum* specimens were collected from local fishermen in May 2023. The samples averaged 17.7 cm in length and weighed 118.08 g. Fish samples were stored at -21˚C until scales were obtained. After the scales were removed from the samples, they were washed with distilled water and dried in an incubator at 36˚C. A total of 50.2 g of dry fish scales were obtained from these samples.

Demineralization Process: The scales were washed on two occasions in solutions of 10 wt% NaCl to eliminate any extraneous proteins on their surface. To remove non-collagenous proteins, the prepared scales were mixed with NaOH. The mixture was stirred continuously at +4ºC for 2 days. At the end of 48 hours, pure water was added to the mixture at a ratio of 1:5 (w:v) and pH was neutralized. Then the mixture was centrifuged at 5000 rpm for 20 min and the solution was filtered and made ready for the next step. 10% butanol was added to the sample at a ratio of 1:5 (w:v) and kept at 4˚C for 24 hours. Then the solution was centrifuged at 5000 rpm for 20 min. The centrifuged solution was filtered to remove butanol and the

extraction step was started (Senaratne et al., 2006; Alves et al., 2017).

Collagen Extraction: Acid-soluble collagen (ASC) method was used for collagen extraction (Nagai and Suzuki, 2000; Senaratne et al., 2006; Li et al., 2013; Alves et al., 2017). Acetic acid (CH_3COOH), an organic acid, was used for ASC extraction. The red coat scales samples were extracted in 0.5 M CH_3COOH solution for 3 days, the solution was changed at 24 hour intervals and the filtrate was collected in a separate container. After each solution change, the accumulated filtrates were combined and subjected to precipitation with NaCl with a final concentration of 2.5 M to precipitate the collagen in the extract. The precipitated collagen samples were centrifuged at 10000 rpm for 1 hour in a cooled centrifuge at +4°C. The collagen samples precipitated at the bottom of the centrifuge tubes were dissolved in 0.5 M CH_3COOH and dialysed first against 0.1 M CH_3COOH and then against distilled water. After dialysis, the collagens obtained were lyophilized.

Proximate analyses and Collagen Yield: Proximate analyses were performed according to the methods of the Association of Official Analytical Chemists (Helrich, 1990). Also, we used the following formula to determine the collagen yield, considering the dry weight of the material (Nagai and Suzuki, 2000; Senaratne et al., 2006; Li et al., 2013; Alves et al., 2017). This approach accurately determined collagen quantification and provided a reliable indicator for the extraction efficiency of collagen from scales.

$$Collagen\ Yield\ (\%) = \frac{Weight\ of\ collagen\ (g)}{Weight\ of\ dry\ scales\ (g)} \times 100$$

Amino Acid Content Analyses: The amino acid content analyses in *S. rubrum* scales collagen were determined following the procedures set forth by Antoine et al. (1999). Also, Moisture, ash, fat, and protein levels in all collagen samples were calculated. A guard column was not used for the HPLC column. A Spectroflow 980 programmable fluorescence detector equipped with a 5 µL flow cell was used, with an excitation monochromator set at 330 nm and an emission cutoff filter of 418 nm. Other detector settings include a 0.1 PMT signal, 10% zero offsets, 1.0 s response (rise time units), and 10-3 A full-scale output range.

Sodium dodecyl sulfate-polyacrylamide gel electrophoresis (SDS-PAGE): To evaluate the molecular weight (MW) of the protein fractions released during the extraction step, SDS-PAGE was employed for the analysis of collagen samples. The electrophoresis procedure was conducted by Laemmli's method (Laemmli, 1970), employing a stacking gel with a concentration of 4%, and a resolving gel with a concentration of 12.5%. The lyophilised sample obtained as collagen was dissolved in 1% (w/v) SDS at a concentration of 2 mg/mL and the sample buffer was 0.5 M Tris-HCl, pH 6.8, containing 4% (w/v) SDS, 20% glycerol (v/v) and 10% (v/v) beta-mercaptoethanol in a 1:4 (v/v) ratio. Subsequently, 25 mL aliquots of the aforementioned samples were subjected to a heating process at 100°C for a period of 10 minutes. This was conducted in a pool, after which they were placed on a polyacrylamide gel and subjected to vertical electrophoresis. The gel was then stained with Coomassie blue (0.05% w/v in 15% v/v methanol and 5% v/v acetic acid) for ten minutes and decolourised with a solution of 30% methanol and 10% acetic acid for a period of 12 hours.

RESULTS AND DISCUSSION

The ratios of the nutritional components of collagen extracted from the *S. rubrum* scales were found as water 6.8%, ash 0.9%, fat 0.6% and protein 91.7%. From 50.2 g dry-weight fish scales obtained from *S. rubrum* samples, 5.65 g collagen was extracted by the ASC method. The yield of the extracted collagen was calculated as 11.2%. Nagai et al. (2001) found that the collagen yield extracted from the outer skin of cuttlefish (*Sepia lycidas*) by ASC method was 2%. Kittiphattanabawon et al. (2005) reported the yield of collagen extracted from the skin and bone of *Priacanthus tayenus* by ASC method as 10.94%. Duan et al. (2009) reported the yield of collagen extracted from *Cyprinus carpio* skin, scales and bone using ASC method as 41.3%, 1.35% and 1.06%, respectively. Kaewdang et al. (2014) reported the yield of collagen extracted from the swim bladder of *Thunnus albacares* fish by ASC and PSC methods as 1.07% and 12.10%, respectively. Sionkowska et al. (2015) reported that the yield of collagen extracted from the skin of *Brama australi* fish by ASC method was 1.5%. Wahyu and Widjanarko (2018) found that the collagen yield extracted from the outer skin of milkfish (*Chanos chanos*) by the ASC method was 0.73%. Yu et al. (2018) reported the yield of collagen extracted from the skin of *Nibea japonica* by the PSC method as 84.8%. Doğdu et al. (2019) reported the collagen yield extracted from the skin of the pufferfish *Lagocephalus sceleratus* using the ASC method was 50.9%. Rodrigues et al. (2023) reported that the yield of collagen obtained from Atlantic Codfish (*Gadus morhua*) skins using the ASC method was between 2.87% and 4.80%. Ampitiya et al. (2023) reported that the collagen yield obtained from the skins of *Thunnus albacares*, *Scomberomorus commerson* and *Lates calcarifer* species by ASC method was 61.26%, 58.21% and 59.31%, respectively. The differences in collagen yield in the studies may be due to different collagen structures between species, by-products or variability of extraction procedures

as parameters of extraction i.e. acid concentration, the ratio of raw materials to acid volume, extraction temperature, time (Wu et al., 2016; Pal and Suresh, 2016). When we look at the amounts of collagen obtained by acid (ASC) or enzymatic (PSC) extraction from the same species in previous studies, it is seen that the collagen extracted by enzymatic reaction is generally more efficient. In our study, 11.2% collagen yield obtained from *S. rubrum* scales is an acceptable yield value for collagen obtained from fish species and confirms that the study is an effective extraction method.

Amino acid analysis helps us to understand the quantitative composition of collagen. There are important properties that make collagen unique (Sharma et al., 2019). Type I collagen has a high content of the amino acids glycine, alanine, hydroxyproline and proline. The standard amino acid sequence of the triple helix structure is Gly-X-Y since the amino acid in every third position of the polypeptide chains forming the repeat structure is glycine, it is considered to be the main amino acid in type I collagen (Muyonga et al., 2004; Yousefi et al., 2017). In our study, the amino acid composition of collagen extracted from *S. rubrum* scales was found to consist of 35.10% glycine, 14.10% alanine, 12.90% proline, 9.80% hydroxyproline, 8.82% glutamic acid, 5.41% arginine, 3.41% aspartic acid, 3.01% lysine and 7.45% other amino acids (Figure 1). These results are close to collagen obtained from marine organisms by other researchers (Eastoe, 1957; Berillis, 2015; Sotelo et al., 2016; Nasri, 2019; Son et al., 2022). Although small differences are observed between the studies, glycine constitutes more than one-third of the structure of collagen obtained from fish. In addition, the high hydroxyproline obtained indicates increased stability of the triple helix of collagen due to hydrogen bonds between polypeptides (Sotelo et al., 2016; Alves et al., 2017; Li and Wu, 2018; Wahyu and Widjanarko, 2018; Akita et al., 2020).

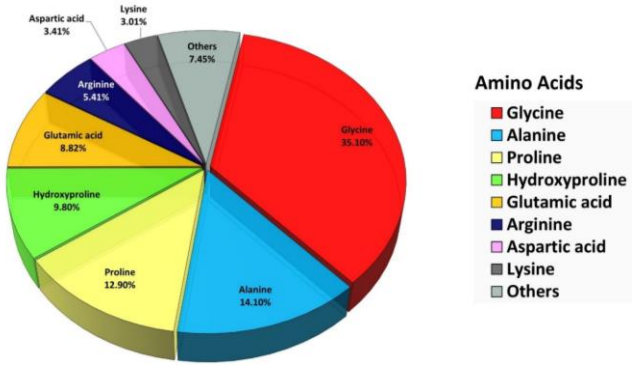


Figure 1. Amino acid composition of collagen obtained from *S. rubrum* scales.

SDS PAGE showed that collagen obtained from *S. rubrum* scales by the ASC method is composed of α 1 and α 2 chains and their dimers (β chains) (Figure 2). The α components showed two different types, varying in their mobility for both reducing and non-reducing conditions. Therefore, it can be concluded that the collagen obtained is composed of at least two α (α1 and α2). Also, the collagen exhibited high molecular weight components, specifically β components, as well as trace amounts of γ component. When we look at the molecular weight marker and Sigma Type-I collagen markers, it shows that the obtained collagen has molecular weights ranging from 116 to 200 kDa for the α 1 and α 2 chains. This is an indication that the collagen obtained is type I. This is similar to the pattern observed for some other fish species (Nagai et al., 2001, Gòmez-Guillèn et al., 2002) and is typical for type I collagen (Light and Bailey, 1985).

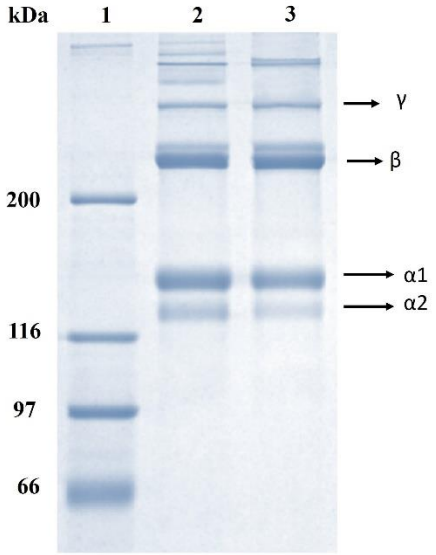


Figure 2. SDS-PAGE gel electrophoresis of *S. rubrum* scales collagen (1: Molecular weight marker, 2: Sigma Type-I collagen, 3: collagen obtained from *S. rubrum* scales).

CONCLUSION

In conclusion, collagen was extracted from *Sargocentron rubrum* species for the first time in the literature and characterised. As a result of the analyses, it was determined that the collagen obtained was Type I and had an acceptable yield of 11.2%. It has been proved that non-economic alien species such as *S. rubrum* used in our study can be used as an alternative source instead of terrestrial animal collagen used for industrial purposes. It was revealed that the wastes such as the scales or skin of alien and non-economically fish species. In this way, many alien species, which are considered invasive species in our country and the Mediterranean Sea, can be brought into the economy.

ACKNOWLEDGEMENTS

This study was supported by the İskenderun Technical University Scientific Research Projects Office

(2022YP05). The authors thank the İskenderun Technical University Scientific Research Projects Office.

REFERENCES

Akita, M., Nishikawa, Y., Shigenobu, Y., Ambe, D., Morita, T., Morioka, K. & Adachi, K. (2020). Correlation of proline, hydroxyproline and serine content, denaturation temperature and circular dichroism analysis of type I collagen with the physiological temperature of marine teleosts. *Food Chemistry*, ***329***, 126775. DOI: 10.1016/j.foodchem.2020.126775

Alemu Reta, B., Murugesh Babu, K. & Tesfaye, T. (2024). Smart and intelligent biomaterials for novel applications–a review. *International Journal of Polymeric Materials and Polymeric Biomaterials*, ***74***(2),1-19. DOI: 10.1080/00914037.2024.2316191

Alves, A.L., Marques, A.L., Martins, E., Silva, T.H. & Reis, R.L. (2017). Cosmetic potential of marine fish skin collagen. *Cosmetics*, ***4(***4), 39.

Antoine, F.R., Wei, C.I., Littell, R.C. & Marshall, M.R. (1999). HPLC method for analysis of free amino acids in fish using o-phthaldialdehyde precolumn derivatization. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, ***47***(12), 5100-5107. DOI: 10.1021/jf990032+

Ampitiya, A.G.D.M., Gonapinuwala, S.T., Fernando, C.A.N. & De Croos, M.D.S.T. (2023). Extraction and characterisation of type I collagen from the skin offcuts generated at the commercial fish processing centres. *Journal of Food Science and Technology*, ***60***(2), 484-493. DOI: 10.1007/s13197-022-05630-x

Ata, O., Bozdogan, N., Mataraci, C.E., Kumcuoglu, S., Bayram, S.K. & Tavman, S. (2025). Extraction and characterization of valuable compounds from chicken sternal cartilage: Type II collagen and chondroitin sulfate. *Food Chemistry*, ***462***, 141023. DOI: 10.1016/j.foodchem.2024.141023

Berillis, P. (2015). Marine collagen: Extraction and applications. *Research Trends in Biochemistry, Molecular Biology and Microbiology*, 1-13.

Billiet, T., Vandenhaute, M., Schelfhout, J., Van Vlierberghe, S. & Dubruel, P. (2012). A review of trends and limitations in hydrogel-rapid prototyping for tissue engineering. *Biomaterials*, ***33***(26), 6020-6041. DOI: 10.1016/j.biomaterials.2012.04.050

Can, M.F., Başusta, N. & Çekiç, M. (2002). Weight-length relationships for selected fish species of the small-scale fisheries off the south coast of Iskenderun Bay. *Turkish Journal of Veterinary & Animal Sciences*, ***26***(5), 1181-1183.

Cherim, M., Mustafa, A., Cadar, E., Lupaşcu, N., Paris, S. & Sirbu, R. (2019). Collagen sources and areas of use. *European Journal of Medicine and Natural Sciences*, ***2***(2), 8-13. DOI: 10.26417/ejis.v4i1.p122-128

Chowdhury, S.R., Mh Busra, M.F., Lokanathan, Y., Ng, M.H., Law, J.X., Cletus, U.C. & Binti Haji Idrus, R. (2018). Collagen type I: A versatile biomaterial. *Novel Biomaterials for Regenerative Medicine*, ***1077***, 389-414. DOI: 10.1007/978-981-13-0947-2_21

Coppola, D., Oliviero, M., Vitale, G.A., Lauritano, C., D'Ambra, I., Iannace, S. & de Pascale, D. (2020). Marine collagen from alternative and sustainable sources: Extraction, processing and applications. *Marine Drugs*, ***18***(4), 214. DOI: 10.3390/md18040214

Doğdu, S.A., Turan, C. & Ayas, D. (2019). Isolation and characterization of collagen and gelatin from skin of silver cheeked pufferfish *Lagocephalus sceleratus* for pharmaceutical and biomedical applications. *Natural and Engineering Sciences*, ***4***(3), 308-314. DOI: 10.28978/nesciences.661099

Doğdu, S.A., Turan, C., Depci, T. & Ayas, D. (2021). Natural hydroxyapatite obtained from pufferfish teeth for potential dental application. *Journal of Ceramic Processing Research*, ***22***(3), 356-361. DOI: 10.36410/jcpr.2021.22.3.356

Doğdu, S.A., Turan, C., Depci, T., Bahçeci, E. & Turan, F. (2023). Characterization of long-spıned sea urchın *Diadema setosum* shell and potential usage areas. *Pakistan Journal of Marine Sciences*, ***32***(1), 83-88.

Doğdu, S.A., Turan, C., Depci, T., Bahçeci, E., Sangün, K. & Ayas, D. (2024). Hydroxyapatite production and characterization from four pufferfish species teeth. *Journal of Ceramic Processing Research*, ***25***(1), 85-91. DOI: 10.36410/jcpr.2024.25.1.85

Duan, R., Zhang, J., Du, X., Yao, X. & Konno, K. (2009). Properties of collagen from skin, scale and bone of carp (*Cyprinus carpio*). *Food Chemistry*, ***112***(3), 702-706. DOI: 10.1016/j.foodchem.2008.06.020

Eastoe, J.E. (1957). The amino acid composition of fish collagen and gelatin. *Biochemical Journal*, ***65***(2), 363-368. DOI: 10.1042/bj0650363

Felician, F.F., Xia, C., Qi, W. & Xu, H. (2018). Collagen from marine biological sources and medical applications. *Chemistry & Biodiversity*, ***15***(5), e1700557. DOI: 10.1002/cbdv.201700557

Froese, R. & Pauly, D. (2024). FishBase. World Wide Web electronic publication. www.fishbase.org, version (06/2024).

Gorgieva, S. & Kokol, V. (2011). Collagen-vs. gelatine-based biomaterials and their biocompatibility: review and perspectives. *Biomaterials Applications for Nanomedicine*, ***2***, 17-52.

Gómez-Guillén, M.C., Turnay, J., Fernández-Dıaz, M.D., Ulmo, N., Lizarbe, M.A. & Montero, P. (2002). Structural and physical properties of gelatin extracted from different marine species: a comparative study. *Food Hydrocolloids*, ***16***(1), 25-34.

Haas, G. & Steinitz, H. (1947). Erythrean fishes on the Mediterranean coast of Palestine. *Nature*, ***160***(4053), 28-28. DOI: 10.1038/160028b0

Helrich, K. (1990). AOAC: official methods of analysis (Volume 1). Journal of the Association of Official Agricultural Chemists, 1, 237-242.

Kabakli, F. & Erguden, D. (2022). Age, Growth, and Mortality of the Redcoat *Sargocentron rubrum* (Forsskal, 1775), in Iskenderun Bay, Northeastern Mediterranean. *Thalassas: An International Journal of Marine Sciences*, ***38***(1), 103-111. DOI: 10.1007/s41208-021-00359-4

Kaewdang, O., Benjakul, S., Kaewmanee, T. & Kishimura, H. (2014). Characteristics of collagens from the swim bladders of yellowfin tuna (*Thunnus albacares*). *Food Chemistry*, ***155***, 264-270. DOI: 10.1016/j.foodchem.2014.01.076

Khong, N.M., Yusoff, F.M., Jamilah, B., Basri, M., Maznah, I., Chan, K.W. & Nishikawa, J. (2016). Nutritional composition and total collagen content of three commercially important edible jellyfish. *Food Chemistry*, ***196***, 953-960.

Kittiphattanabawon, P., Benjakul, S., Visessanguan, W., Nagai, T. & Tanaka, M. (2005). Characterisation of acid-soluble collagen from skin and bone of bigeye snapper (*Priacanthus tayenus*). *Food Chemistry*, ***89***(3), 363-372. DOI: 10.1016/j.foodchem.2015.09.094

Laemmli, U.K. (1970). Cleavage of structural proteins during the assembly of the head of bacteriophage T4. *Nature*, ***227***(5259), 680-685. DOI: 10.1038/227680a0

Light, N. & Bailey, A. J. (1985). Collagen cross-links: location of pyridinoline in type I collagen. *FEBS Letters*, ***182***(2), 503-508.

Li, P. & Wu, G. (2018). Roles of dietary glycine, proline, and hydroxyproline in collagen synthesis and animal growth. *Amino Acids*, ***50***, 29-38. DOI: 10.1007/s00726-017-2490-6

Li, Z.R., Wang, B., Chi, C.F., Zhang, Q.H., Gong, Y.D., Tang, J.J. & Ding, G.F. (2013). Isolation and characterization of acid soluble collagens and pepsin soluble collagens from the skin and bone of Spanish mackerel (*Scomberomorous niphonius*). *Food Hydrocolloids*, ***31***(1), 103-113. DOI: 10.1016/j.foodhyd.2012.10.001

Lim, Y.S., Ok, Y.J., Hwang, S.Y., Kwak, J.Y., & Yoon, S. (2019). Marine collagen as a promising biomaterial for biomedical applications. *Marine Drugs*, ***17***(8), 467. DOI: 10.3390/md17080467

Lu, W.C., Chiu, C.S., Chan, Y.J., Mulio, A.T. & Li, P.H. (2023). Characterization and biological properties of marine by-product collagen through ultrasound-assisted extraction. *Aquaculture Reports*, ***29***, 101514. DOI: 10.1016/j.aqrep.2023.101514

Meyer, M. (2019). Processing of collagen based biomaterials and the resulting materials properties. Biomedical Engineering Online, ***18***(1), 24. DOI: 10.1186/s12938-019-0647-0

Muyonga, J.H., Cole, C.G.B. & Duodu, K.G. (2004). Characterisation of acid soluble collagen from skins of young and adult Nile perch (*Lates niloticus*). *Food Chemistry*, ***85***(1), 81-89. DOI: 10.1016/j.foodchem.2003.06.006

Nagai, T. & Suzuki, N. (2000). Isolation of Collagen from Fish Waste Material Skin, Bone and Fins. *Food Chemistry*, ***68***(3), 277-281. DOI: 10.1016/S0308-8146(99)00188-0

Nagai, T., Yamashita, E., Taniguchi, K., Kanamori, N. & Suzuki, N. (2001). Isolation and characterisation of collagen from the outer skin waste material of cuttlefish (*Sepia lycidas*). *Food Chemistry*, ***72***(4), 425-429. DOI: 10.1016/S0308-8146(00)00249-1

Naomi, R., Ridzuan, P.M. & Bahari, H. (2021). Current insights into collagen type I. *Polymers*, ***13***(16), 2642. DOI: 10.3390/polym13162642

Nasri, M. (2019). Bioactive Peptides from Fish Collagen Byproducts. In: Simpson, B. K., Aryee, A. N., & Toldrá, F. (Ed), *Byproducts from agriculture and fisheries: Adding value for food, feed, pharma and fuels*., 309-333p, John Wiley & Sons.

Ogawa, H., Ueda, T., Aoyama, T., Aronheim, A., Nagata, S. & Fukunaga, R. (2003). A SWI2/SNF2-type ATPase/helicase protein, mDomino, interacts with myeloid zinc finger protein 2A (MZF-2A) to regulate its transcriptional activity. *Genes to Cells*, ***8***(4), 325-339. DOI: 10.1046/j.1365-2443.2003.00636.x

Pal, G.K. & Suresh, P.V. (2016). Sustainable valorisation of seafood by-products: Recovery of collagen and development of collagen-based novel functional food ingredients. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, ***37***, 201-215. DOI: 10.1016/j.ifset.2016.03.015

Puad, N.M., Koshy, P., Abdullah, H.Z., Idris, M.I. & Lee, T.C. (2019). Syntheses of hydroxyapatite from natural sources. *Heliyon*, ***5***(5). DOI: 10.1016/j.heliyon.2019.e01588

Rahman, M.A. (2019). Collagen of extracellular matrix from marine invertebrates and its medical applications. *Marine Drugs*, ***17***(2), 118. DOI: 10.3390/md17020118

Randall, J.E. (1998). Revision of the Indo-Pacific squirrelfishes (Beryciformes: Holocentridae: Holocentrinae) of the genus Sargocentron, with description of four new species. *Indo-Pac. Fish*., ***23***, 1-105.

Rodrigues, C.V., Sousa, R.O., Carvalho, A.C., Alves, A.L., Marques, C.F., Cerqueira, M.T. & Silva, T. H. (2023). Potential of Atlantic Codfish (*Gadus morhua*) Skin collagen for skincare biomaterials. *Molecules*, ***28***(8), 3394. DOI: 10.3390/molecules28083394

Schmidt, M.M., Dornelles, R.C.P., Mello, R.O., Kubota, E.H., Mazutti, M.A., Kempka, A.P. & Demiate, I.M. (2016). Collagen extraction process. *International Food Research Journal*, ***23***(3), 913-922.

Senaratne, L.S., Park, P.J. & Kim, S.K. (2006). Isolation and characterization of collagen from brown backed toadfish (*Lagocephalus gloveri*) skin.

Bioresource Technology, ***97***(2), 191-197. DOI: 10.1016/j.biortech.2005.02.024

Sharma, S., Dwivedi, S., Chandra, S., Srivastava, A. & Vijay, P. (2019). Collagen: A Brief Analysis. *Oral & Maxillofacial Pathology Journal*, ***10***(1),1-11. DOI: 10.5005/jp-journals-10037-1143

Sheehy, E.J., Cunniffe, G.M. & O'Brien, F.J. (2018). Collagen-based biomaterials for tissue regeneration and repair. In: Barbosa M.A. & Martins, L. C. M. (Ed), P*eptides and proteins as biomaterials for tissue regeneration and repair*, 127-150p, Woodhead Publishing.

Shenoy, M., Abdul, N.S., Qamar, Z., Al Bahri, B.M., Al Ghalayini, K.Z.K. & Kakti, A. (2022). Collagen structure, synthesis, and its applications: A systematic review. *Cureus*, ***14***(5), e24856. DOI: 10.7759/cureus.24856

Sionkowska, A., Kozłowska, J., Skorupska, M. & Michalska, M. (2015). Isolation and characterization of collagen from the skin of *Brama australis*. *International Journal of Biological Macromolecules*, ***80***, 605-609. DOI: 10.1016/j.ijbiomac.2015.07.032

Son, S.A., Shin, E.S., Park, Y.M., Ma, A., Yang, H., Kim, S. & Shin, T.S. (2022). Composition of collagen extracted from the skin of three different varieties of fish. *Journal of the Korean Society of Food Science and Nutrition*, ***51***(1), 71-81. DOI: 10.3746/jkfn.2022.51.1.71

Sotelo, G.C., Blanco Comesaña, M., Ramos, P. & Pérez Martín, R.I. (2016). Characterization of Collagen from Different Discarded Fish Species of the West Coast of the Iberian Peninsula. *Journal of Aquatic Food Product Technology*. ***25***(3), 388-399. DOI: 10.1080/10498850.2013.865283

Stoilov, I., Starcher, B.C., Mecham, R.P. & Broekelmann, T.J. (2018). Measurement of elastin, collagen, and total protein levels in tissues. *Methods in Cell Biology*, ***43***,133-146. DOI: 10.1016/bs.mcb.2017.08.008

Taskavak, E. & Bilecenoglu, M. (2001). Length–weight relationships for 18 Lessepsian (Red Sea) immigrant fish species from the eastern Mediterranean coast of Turkey. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, ***81***(5), 895-896. DOI: 10.1017/S0025315401004805

Türker, D., Zengin, K. & Bal, H. (2020). Length-weight relationships of 11 lessepsian immigrant fish species caught from Mediterranean coast of Turkey (Antalya Bay). *Acta Aquatica Turcica*, ***16***(2), 301-304. DOI: 10.22392/actaquatr.670648

Wahyu, Y.I., & Widjanarko, S.B. (2018). Extraction Optimization And Characterization Of Acid Soluble Collagen From Milkfish Scales (*Chanos chanos* Forskal). *Carpathian Journal of Food Science & Technology*, ***10***(1), 125-135.

Wu, X., Cai, L., Cao, A., Wang, Y., Li, T. & Li, J. (2016). Comparative study on acid-soluble and pepsin-soluble collagens from skin and swim bladder of grass carp (*Ctenopharyngodon idella*). *Journal of the Science of Food and Agriculture*, ***96***(3), 815-821. DOI: 10.1002/jsfa.7154

Yousefi, M., Ariffin, F. & Huda, N. (2017). An alternative source of type I collagen based on by-product with higher thermal stability. *Food Hydrocolloids*, ***63***, 372-382. DOI: 10.1016/j.foodhyd.2016.09.029

Yu, F., Zong, C., Jin, S., Zheng, J., Chen, N., Huang, J., & Ding, G. (2018). Optimization of extraction conditions and characterization of pepsin-solubilised collagen from skin of giant croaker (*Nibea japonica*). *Marine Drugs*, ***16***(1), 29. Doi: 10.3390/md16010029

Zeng, R., Tang, K., Tian, H. & Pei, Y. (2024). Collagen materials with oriented structure for biomedical applications. *Journal of Polymer Science*, ***62***(6), 998-1019. DOI: 10.1002/pol.20230664

Journal of Anatolian Environmental and Animal Sciences
(*Anadolu Çevre ve Hayvancılık Bilimleri Dergisi*)
DOI: https://doi.org/10.35229/jaes.1564156

JAES
Year: 9, No: 4, 2024 (623-631)
AÇEH
Yıl: 9, Sayı: 4, 2024 (623-631

ARAŞTIRMA MAKALESİ RESEARCH PAPER

Arıtma Çamuru ve Gıda Endüstrisi Atıklarından Karanlık Fermentasyon ile Biyohidrojen Üretimi: Substrat Derişiminin Etkisi

Habibe Elif GÜLŞEN AKBAY[1]*
[1]*Mersin Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, 33133, Mersin, Türkiye*

Geliş Tarihi: *09.10.2024* ***Kabul Tarihi:*** *03.12.2024* ***Basım Tarihi:*** *31.12.2024*
Atıf yapmak için: **Gülşen Akbay, H.E. (2024).** Arıtma çamuru ve gıda endüstrisi atıklarından karanlık fermentasyon ile biyohidrojen üretimi: Substrat derişiminin etkisi. *Anadolu Çev. ve Hay. Dergisi,* ***9***(4), 623-631. https://doi.org/10.35229/jaes.1564156
How to cite: **Gülşen Akbay, H.E. (2024).** Biohydrogen production from sewage sludge and fruit juice ındustry wastes by dark fermentation: Effect of various substrate concentrations. *J. Anatolian Env. and Anim. Sciences,* ***9***(4), 623-631. https://doi.org/10.35229/jaes.1564156

*: https://orcid.org/0000-0003-1144-9279

***Sorumlu yazarın:**
Habibe Elif GÜLŞEN AKBAY
Mersin Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, 33133, Mersin, Türkiye
✉: elifgulsen@mersin.edu.tr

Öz: Organik atıkların yönetiminde elektrik, ısı, biyo-gübre gibi faydalı ürünlerin eldesine imkân sağlayarak, doğal kaynakların sürdürülebilirliğini destekleyen yenilenebilir nitelikteki biyokütle enerjisinin önemi her geçen gün artmaktadır. Karanlık fermantasyon (KF) ile biyokütleden biyohidrojen üretimi sürdürülebilir ve daha temiz bir teknoloji olması ile öne çıkmaktadır. Tamamlayıcı özelliklere sahip birden fazla atığın birlikte fermantasyonu, daha yüksek biyohidrojen verimliliği elde etmek için umut verici bir yaklaşım olarak değerlendirilmektedir. Bu çalışmada mevsimlere ve arz-talep ilişkisine bağlı olarak işletme koşulları değişiklik gösterebilen meyve suyu üretimi endüstrisi atıkları (MSA) ve kentsel nitelikli arıtma çamurlarının (KAÇ), KF prosesi önderliğinde farklı substrat karışım oranlarında biyohidrojen üretimine etkisi araştırılmıştır. Bu amaçla biyoreaktörlerdeki karışımların toplam katı madde (TKM) oranı %8 olacak şekilde, KAÇ ve MSA içeriği 50:50,75:25 ve 25:75 olan üç farklı deney seti hazırlanmıştır. Anaerobik biyoreaktörler mezofilik sıcaklıkta kesikli sistemde işletilerek biyogaz/biyohidrojen üretim potansiyeli incelenmiştir. Fermantasyon süresi sonunda biyoreaktördeki KAÇ oranının %25'ten, %50 ve %75'e çıkması ile biyohidrojen üretim potansiyelinin sırası ile %14 ve %39,9 oranında artış gösterdiği belirlenmiştir. Bununla birlikte tüm biyoreaktörlerde çözünebilir kimyasal oksijen ihtiyacı ($Ç_{KOİ}$) ve karbonhidrat içeriklerinin sırası ile %14-18 ve %54-64 arasında giderildiği tespit edilmiştir. Modifiye Gompertz kinetik modeli tüm biyoreaktörler için deneysel verilere en iyi uyan model (R^2≥0,9949) olarak belirlenmiştir.

Anahtar kelimeler: Biyohidrojen, biyokütle, karanlık fermantasyon, organik atık yönetimi, sürdürülebilirlik.

Biohydrogen Production from Sewage Sludge and Fruit Juice Industry Wastes By Dark Fermentation: Effect of Various Substrate Concentrations

***Corresponding author's:**
Habibe Elif GÜLŞEN AKBAY
Mersin University, Faculty of Engineering, Department of Environmental Engineering, 33133, Mersin, Türkiye
✉: elifgulsen@mersin.edu.tr

Abstract: The importance of renewable biomass energy, which supports the sustainability of natural resources by enabling the production of useful products such as electricity, heat and bio-fertilizer in the management of organic waste, is increasing day by day. Biohydrogen production from biomass via dark fermentation (DF) stands out as a sustainable and cleaner technology. Co-fermentation of multiple wastes with complementary properties is considered a promising approach to achieve higher biohydrogen efficiency. In this study, the effects of fruit juice production industry wastes (MSA) whose operating conditions may vary depending on the seasons and supply-demand relationship and urban sewage sludge (KAÇ), on biohydrogen production at different substrate mixing ratios under the leadership of the DF process were investigated. For this purpose, three different experimental sets were prepared with KAÇ and MSA contents of 50:50, 75:25, and 25:75, so that the total solid matter (TS%) ratio of the mixtures in the bioreactors would be 8%. Biogas/biohydrogen production potential was investigated by operating anaerobic bioreactors in a batch system at mesophilic temperature. It was determined that at the end of the fermentation period, as the KAÇ ratio in the bioreactor increased from 25% to 50% and 75%, the biohydrogen production potential increased by 14% and 39.9%, respectively. Besides, in all bioreactors, soluble chemical oxygen demand (sCOD) and carbohydrate contents were reduced between 14-18% and 54-64%, respectively. The Modified Gompertz equation was determined as the model that best fits the experimental data for all bioreactors (R^2≥0.9949).

Keywords: Biohydrogen, Biomass, Dark fermentation, Organic waste management, Sustainability.

GİRİŞ

Hidrojen (H_2), doğal gaz olarak da bilinen metanın temiz bir alternatifi olması ve yüksek ısıl değeri (142 kJ/g) nedeniyle ideal bir enerji taşıyıcısıdır. Evrenin toplam kütlesinin dörtte üçüne katkıda bulunduğu tahmin edilen hidrojen elementi, canlıların neredeyse tüm moleküllerinde bulunmasına rağmen, gaz haline hacimce milyonda birden az rastlanılmaktadır. Günümüzde H_2, fosil yakıtlardan ve yenilenebilir kaynaklardan üretilebilmektedir (Abe &

Popoola, 2019). Hidrojen üretim yöntemleri kendi içerisinde değerlendirildiğinde, yaklaşık %50'sinin doğal gazdan (buhar metan reformasyonu), %30'unun petrol ürünlerinin parçalanmasından, %18'inin kömürün gazlaştırılmasından ve geri kalanının ise suyun elektrolizinden üretildiği görülmektedir (IEA, 2018). Örneğin; 2020 yılında dünya çapında 11 EJ'e (90 Mt) yakın hidrojen üretildiği ve bunun kimya ve rafinaj alt sektörlerinde kullanıldığı belirtilmiştir. Üretilen bu hidrojenin çoğunun doğal gazdan veya kömürden (Çin'de) üretildiği de raporlanmıştır (IEA, 2021). Bu veriler doğrultusunda H_2'nin ağırlıklı olarak yüksek enerji maliyeti gerektiren ve çevre dostu olmayan fosil yakıtlardan üretildiği sonucu çıkarılabilir. Fakat insanlığın karşılaştığı en acil zorluklardan biri olan ve önemi giderek artan küresel ısınma olgusunu ve etkilerini azaltmak için, sera gazı emisyonlarının özellikle de karbondioksitin (CO_2) azaltılması gerekmektedir. Bu nedenle hidrojenin yenilenebilir enerji prosesleri ile üretilmesi konusunda gerçekleştirilen araştırmalar olası paydaşlar (politikacılar, endüstriler, araştırma kurumları, yatırımcılar vb.) tarafından desteklenmelidir.

Son zamanlarda, karbonhidrat, protein, lipit ve selüloz/hemiselüloz bakımından zengin organik atıkların karanlık fermantasyon (KF) prosesi yoluyla yenilenebilir nitelikli biyohidrojen üretimine dönüştürülmesine olan ilgi artmıştır (Dong vd., 2009). KF prosesinde, uçucu yağ asitleri (UYA) (örn. asetat, propiyonat, bütirat) ve alkoller, CO_2 ve H_2 gibi diğer metabolitleri üreten hidrolitik, asidojenik ve asetojenik bakteriler dahil olmak üzere farklı anaerobik mikroorganizmalar ile etkileşime girer. Bu prosesinin ilk aşamalarında, organik substratların piruvata oksidasyonu sonucunda nikotinamid adenin dinükleotit (NAD)+hidrojen (NADH) oluşturulur. NADH: ferredoksin oksidoredüktaz (NFOR) içeren ve indirgenmiş ferredoksin üreten mikrobiyal türler tarafından kullanılabilir (Singh vd., 2021). Daha sonra piruvat asetil-CoA'ya dönüştürülür ve piruvat format liyaz veya asetil-CoA ile formatlanır ve piruvat-ferredoksin oksidoredüktaz (PFOR) yoluyla indirgenmiş ferredoksin ve H_2 üretir (Liu vd., 2017; Zhou vd., 2015). Glikoz glikolizi sürecinde, fermentatif bakterilerdeki sınırlı elektron taşıma zinciri nedeniyle aşırı NADH üretimi meydana gelebilir. Genellikle $NADH/NAD^+$ oranı, asidojenez aşamasında NADH ve H^+'nin NAD^+'a oksidasyonu yoluyla dengede tutulur. NADH'nin yetersiz oksidasyonu, ortamda fazla NADH ve H^+ bulunması ile sonuçlanır. Fermentatif bakteriler, düzenli metabolizmayı sürdürmek için hidrojen üreten fazla NADH'yi oksitlemeye çalışır (Ma vd., 2012). Bunun dışında, asetojenez sırasında asidojenik bakteriler propiyonik asit, bütirik asit, etanol ve diğer organikleri asetik asit ve hidrojene dönüştürebilmektedir (Wainaina vd., 2019). Sonuçta, teorik olarak asetat yolu ile her mol glikoz başına yaklaşık 4 mol H_2, bütirat yolu ile de 2 mol H_2 üretilir (Sarangi & Nanda, 2020; Vardar-Schara vd., 2008). Bu şekilde biyolojik yollar ile düşük sıcaklık ve atmosferik basınçta üretilen H_2'nin, teorik olarak daha az enerji yoğunluğu gerektirmesi diğer üretim yöntemlerine göre önemli avantajlar sağlamaktadır.

Organik atıkların, metan ve hidrojen gibi biyokütle enerjisi üretimi amacı ile substrat olarak kullanıldığı bu tür proseslerde günümüzde tek çeşit organik atığın fermantasyonu (mono ya da tekli), dengesiz besin içeriği ve toksik bileşik inhibisyonu gibi substrat özelliklerine bağlı dezavantajları beraberinde getirdiği için daha az tercih edilmektedir. Mono-fermentasyonun sınırlamalarının üstesinden gelmek için, tamamlayıcı özelliklere sahip birden fazla substratın birlikte fermentasyonu (ko-fermantasyon), atık geri dönüşümünün verimliliğini artırarak biyohidrojen üretim performansını geliştiren bir yaklaşım olarak uygulanmaktadır (Hussien vd., 2024; Yang & Wang, 2018). Ko-fermantasyon prosesinin karışımlardaki optimum karbon/azot (C/N) oranını sağlayacak daha dengeli substrat koşulları, eser elementlerin varlığı ve toksik bileşiklerin seyreltilmesi gibi bazı benzersiz avantajları da bulunmaktadır (Zhang vd., 2023).

Evsel ve endüstriyel atıksu arıtma tesislerinde (AAT) üretilen arıtma çamurları (AÇ), büyük miktarda olmaları, yüksek organik madde içerikleri ve teminindeki düşük maliyetler nedeniyle KF prosesi ile biyo-hidrojen üretimi için avantajlı bir substrat olarak değerlendirilmekte ve araştırılmaktadır (Yanga & Wang, 2017). Bununla birlikte, düşük C/N oranı, içeriğindeki karbonhidrat ve yağ oranının az olması ve ağır metaller gibi toksik bileşiklerin varlığından kaynaklı dezavantajlar nedeni ile literatürde AÇ'nin tekli-fermantasyonu genellikle nispeten düşük hidrojen verimi (<8,6 $mL/g_{uçucu\ katı\ madde\ (UKM)}$) ile sonuçlanmıştır (Alemahdi vd., 2015; Miranzadeh vd., 2024; Yang vd., 2019; Yin vd., 2021). Bununla birlikte, AÇ'nin gıda atığı, endüstriyel proses atığı, ormancılık ve tarım atıkları, karbonhidrat açısından zengin atık sular ve ham gliserol dahil olmak üzere diğer organik atıklarla ko-fermantasyonunun biyohidrojen üretim verimliliğini arttırabildiği raporlanmıştır (Machhirake vd., 2024).

Bir tür gıda endüstrisi atığı olarak nitelendirilen meyve işleme endüstrisi (meyve suyu, meyve aroması, bebek maması vb. üretimi) katı atıkları yüksek fermente edilebilirlikleri ve biyolojik olarak parçalanabilirlikleri nedeniyle AÇ için ko-fermantasyon substratı olarak umut verici bir seçenektir. Meyve suyu ve püre endüstrisinde ham meyveler parçalanma, pürenin ısıtılması, presleme, durultma, filtrasyon gibi işlemlere tabi tutulmaktadır (Gulsen Akbay vd., 2021). Sonuçta yapılarında fiziksel ve kimyasal değişiklikler meydana gelen yüksek hacimli meyve atıkları oluşmaktadır. Ayrıca meyve kabuğu, tohum, sap ve yaprak gibi farklı organik atıklar da bu endüstrilerde oluşan atıklardandır. Bu atıklar, AÇ'ye oranla yüksek C:N oranına sahiptir ve karbonhidratlar açısından da zengindir (Gulsen

Akbay, 2024). Bununla birlikte, meyve işleme endüstrisi atıkları mikrobiyal metabolizma ve enzimatik sentez için gerekli eser metallerce yüksek verimli bir KF prosesi için tek başına yeterli olmayabilir. Arıtma çamuru ise demir (Fe), magnezyum (Mg) ve nikel (Ni) gibi yeterli eser metale sahiptir. Bu nedenle, bu iki tür atığın anaerobik ko-fermantasyon işlemi biyohidrojen üretimini geliştirebilir.

Substrat karakterizasyonu ve özelliklerinin yanı sıra çoklu atık karışımındaki substrat derişimi de KF prosesi ile biyo-hidrojen üretimi için önemli bir parametredir. Substrat konsantrasyonu, karanlık fermantasyonda metabolik yolları ve mikrobiyal aktiviteyi önemli ölçüde etkileyebilir. Bu çalışmada, arıtma çamuru ve meyve işleme endüstrisi atıklarının üç farklı substrat oranında ko-fermantasyonu ile biyogaz üretim potansiyeli araştırılmıştır. Ko-fermantasyon sisteminde biyo-hidrojen üretimi ve organik maddelerin giderimi deneysel olarak incelenmiştir. Ayrıca, kümülatif biyo-hidrojen üretimleri çeşitli kinetik fonksiyonlar ile modellenmiştir.

MATERYAL VE METOT

Substrat Temini: Çalışmada kullanılan meyve işleme endüstrisi atıkları Karaduvar/Mersin'de faaliyet gösteren bir fabrikadan temin edilmiştir. Substrat içeriği elma (E), nar (N) ve kara havuç (H) suyu/konsantresi üretim prosesinden çıkan katı atıklardan oluşmaktadır. İkincil ana substrat olarak kullanılan arıtma çamuru (AÇ) ve bakteriyel aşı Karaduvar/Mersin'de işletilen kentsel atıksu arıtma tesisi (AAT) anaerobik çürütme ünitesinden temin edilmiştir. Çalışmada kullanılan katı atıklar 60 °C'ye ayarlı etüvde 24 saat süresince kurutulmuştur ve ardından bir desikatörde soğutulmuştur. Ortam sıcaklığına ulaşan atıklar maksimum parçacık boyutu 0,5 mm olacak şekilde laboratuvar tipi öğütücü ile parçalanmıştır ve daha sonraki kullanımlar için desikatörde oda sıcaklığında saklanmıştır. Bunlara ek olarak deneysel çalışmalarda bakteriyel aşı olarak kullanılması amacı ile aynı AAT'de bulunan anaerobik biyoreaktörden aktif çamur temin edilmiştir.

Substrat Karakterizasyonu: Substratların ve atık karışımlarının pH'ı standart yöntemler kullanılarak WTW Multimetre pH metre ile tespit edilmiştir (EPA, 2004).Toplam ve uçucu katılar (TKM, UKM) standart yöntemlere göre belirlenmiştir (EPA, 1996;EPA, 2001). Kimyasal oksijen ihtiyacı (KOİ), kapalı reflaks titrimetrik yöntemiyle analiz edilmiştir (APHA, 1995). Karbonhidrat (KH) derişimleri fenol sülfürik asit yöntemi ile tayin edilmiştir (Dubois, vd., 1956). KF prosesi için kullanılan substratların ve karışımların fizikokimyasal özellikleri Tablo 1'de verilmiştir.

Biyoreaktörlerdeki KOİ ve karbonhidrat çözünürlüğü ise daha önce ayrıntıları verilen yöntemle KF prosesi öncesi ve sonrasında belirlenmiştir (Gulsen Akbay vd., 2021). KF sonrası biyoreaktörlerdeki çözünebilir organik madde derişimlerindeki ($Ç_{OM}$) azalma ($Ç_{OM}$: $Ç_{KOİ}$ ve çözünür karbonhidrat ($Ç_{KH}$)) Eşitlik (1) ile hesaplanmıştır.

$$Ç_{OM}\ Giderimi\ (\%) = \frac{(Ç_{OM\ giriş} - Ç_{OM\ fermente})}{Ç_{OM\ giriş}}\ x\ 100 \qquad (1)$$

Tablo 1. Substrat ve karışımların fizikokimyasal karakterizasyonu.
Table 1. Physicochemical characterization of substrates and mixtures.

Parametre	Substrat (katı atıklar)				Karışım		
	E	H	N	KAÇ	%75KAÇ %25MSA	%50KAÇ %50MSA	%25KAÇ %75MSA
pH	3,56	5,44	3,64	8,21	6,09	5,56	5,10
TKM ($g_{TKM}/kg_{hamatık}$)	190	136	266	274	%8	%8	%8
UKM (g_{UKM}/kg_{TKM})	936	764	686	400	62 g/L	85 g/L	99 g/L
$Ç_{KOİ}$ (mg/L)	7860	8250	10300	210	8200	10161	11874
$Ç_{KH}$ (mg/L)	1448	3440	8354	166	5650	6258	7364

Deneysel Düzeneğin Hazırlanması

Bakteriyel Aşı: Deney setinde kullanılacak olan nihai bakteriyel aşının (BA) hazırlanması için anaerobik biyoreaktörden temin edilen sıvı çamurun içeriğindeki metanojenlerin inhibe olması amacı ile 80 °C'lik bir etüvde, başlangıç pH:5-6 olacak şekilde 60 dakika süresince ısıl muamele ile şoklanması sağlanmıştır. Bu aşamada substratın mevcut pH değeri 1-0,1 M'lık sülfirik asit (H_2SO_4) çözeltisi ile ayarlanmıştır. Isıl işlem ile muamele edilen bakteriyel aşı oda sıcaklığına ulaştıktan sonra asidojenlerin gelişimini hızlandırmak için $MnSO_4.H_2O$ (10 mg/L), NH_4Cl (960 mg/L), $MgSO_4.7H_2O$ (120 mg/L), KH_2PO_4 (220 mg/L), $CaCl_2$ (10 mg/L), $FeCl_2$ (43 mg/L) içeren bir çözelti ortamına (ÇO), BA:ÇO karışım oranı hacimce 2:1 ve toplam hacim 0,9 L olacak şekilde aşılanmıştır (Park vd., 2013). Hazırlanan aşı kültürü anaerobik-mezofilik ortamda iki gün bekletildikten sonra biyo-hidrojen üretimi aşaması için kullanıma hazır nihai bakteriyel aşı haline gelmiştir.

Karanlık Fermantasyon: Hesaplanan oranlarda katı atıklar 125 ml hacme sahip kauçuk septumlu cam biyoreaktörlere eklenmiştir. Bu aşamada üç farklı meyve işleme atığı eşit oranlarda karışıma eklenmiştir. Biyoreaktörlerdeki atık bileşimleri (%75MSA-%25KAÇ, (%50MSA-%50KAÇ ve %25MSA-%75KAÇ) başlangıç TKM oranı %8 olacak şekilde musluk suyu ve bakteriyel aşı ile seyreltilmiştir. Bu amaçla her karışıma 46 mL musluk suyu ve 4 mL bakteriyel aşı eklenmiştir. Hazırlanan karışımların başlangıç pH değerleri %75, %50 ve %25 MSA içeren biyoreaktörler için sırası ile yaklaşık olarak 5,00;5,50 ve pH:6,00 olarak belirlenmiştir. Literatürde, KF'nin optimum mikrobiyal büyüme ve

aktivite için 5,0 ila 7,0 aralığında optimum bir çalışma pH'ına ihtiyaç duyduğu bildirilmektedir (Li & Fang, 2007). Bu nedenle tüm karışımlar, kimyasal giderimini önlemek ve doğal süreci gözlemlemek amacı ile kendi pH değerlerinde ayarlama yapılmadan deneysel sürece dahil edilmiştir. Böylece karanlık fermantasyon için gerekli olan zayıf asidik şartlar kendiliğinden sağlanmıştır ve kimyasal maliyeti oluşmamıştır. Biyoreaktörler kapakları kapatılarak sızdırmazlığı sağlamak üzere parafilm ve koli bandı ile sıkı bir şekilde sarılmıştır. Oksijenin tamamen uzaklaştırılması amacı ile şişelere yaklaşık 2 dakika süresince azot gazı verilmiştir. Biyoreaktör içerisindeki gazın tahliyesi için ikinci bir enjektör iğnesi kullanılmıştır. Anaerobik ortam koşulları sağlanan şişeler, sıcaklığı 36±1 °C'ye ayarlanmış inkübatöre yerleştirilmiştir. Karışımların biyogaz/biyohidrojen üretim potansiyeli kesikli sistemde 5 gün süre ile günlük olarak incelenmiştir. Tüm deneyler iki tekrarlı olacak şekilde gerçekleştirilmiştir.

2.3.3. Biyogaz ve Biyohidrojenin Analizi

Üretilen biyogaz hacmi, su yer değiştirme metodu ile ölçülmüştür. Bu yöntem kullanılarak, reaktör baş boşluğunda biriken biyogaz, sıvıya gazın dağılmasını önlemek için, asitlendirilmiş (pH <3) ve tuzlu su (NaCl% 25) çözeltisi ile dolu ikinci bir şişeye enjektör iğnesine bağlı boru sistemi ile taşınmıştır. İkinci şişeye salınan biyogaz, şişenin bağlantılı olduğu dereceli cam büretten eşit hacimde sıvıyı azaltmıştır. Böylece dereceli bürette gerçekleşen hacimsel azalma ile üretilen biyogaz miktarı günlük olarak ölçülmüştür (Alibardi & Cossu, 2016). Hacmi bilenen biyogazın hidrojen gazı içeriği, bir termal iletkenlik dedektörü (TCD) ile moleküler elek 5A özellikli 1,83 m × 3,18 mm (iç çap) paslanmaz çelik kolon kullanılarak donatılmış gaz kromatografisi (GC, Agilent) cihazı ile belirlenmiştir. Enjektör, fırın ve dedektörün çalışma sıcaklıkları sırasıyla 30 °C, 30°C ve 100 °C'ye sabitlenmiştir. Taşıyıcı gaz olarak 5 mL.dak^{-1} akış hızında helyum kullanılmıştır.

2.4. Kinetik Modelleme Çalışmaları

Deneysel çalışmalarda elde edilen kümülatif biyohidrojen üretim değerleri dört farklı denklem (Modifiye Gompertz (MG), Monod Kinetiği (MK), Transfer Fonksiyonu (TF) ve Lojistik Fonksiyonu (LF)) kullanılarak OriginPro-2021 yazılımı ile modellenmiştir. Bu modeller genel olarak kümülatif biyohidrojen verimini, maksimum hidrojen üretim hızı, fermantasyon süresi ve biyohidrojen üretiminin gecikme fazı süresinin bir fonksiyonu olarak tahmin edebilmektedir. Doğrusal olmayan kinetik model sonuçlarının (teorik değer) deneysel biyohidrojen üretim değerlerine (gerçek değer) uygunluğunu ve yakınlığını yorumlamak için korelasyon katsayıları (R^2) ve model başarısı hakkında tahminlerde bulunmak için, Eşitlik (2) ile "Kök Ortalama Karesel Hata (RMSE)" değerleri belirlenmiştir (Kriswantoro & Chu, 2024). Çalışmada kullanılan modellere ait matematiksel formüller Tablo 2'de verilmiştir.

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{N}(V_{teo,i}-V_{den,i})^2}{N}} \quad (2)$$

Burada $V_{teo,i}$ model tarafından tahmin edilen, $V_{den,i}$ ise KF deneylerinde hesaplanan biyohidrojen verimidir. Ayrıca, "N" veri noktaları kümesini temsil etmektedir.

Tablo 2. Kinetik modellemede kullanılan eşitlikler.
Table 2. Equations used in kinetic modeling.

Model	Eşitlik	Kaynak
MG	BH(t)=NH*exp(-exp((Rh*2,7183/NH)*(λ-t)+1))	(Córdova vd., 2022)
MK	BH(t)=NH*((k*t) /(1+(k*t))	(Koch vd., 2017)
TF	BH(t)=NH*{1-exp(-(Rh*(t-λ))/NH)}	(Ren vd., 2023)
LF	BH(t)=NH/(1+exp{4Rh*((λ-t))/NH+2}	(Taşkan vd., 2022)

Tablo 2'de verilen eşitliklerde yer alan kısaltmalar; BH(t): Toplam biyohidrojen üretimi (mLH_2/gUKM), NH: Nihai biyohidrojen üretim potansiyeli (mLH_2/gUKM), Rh: maksimum biyohidrojen üretim hızı (mLH_2/gUKM.gün), k: hız sabiti (gün^{-1}), λ: gecikme fazı süresi (gün), *exp* (1) = 2.7183

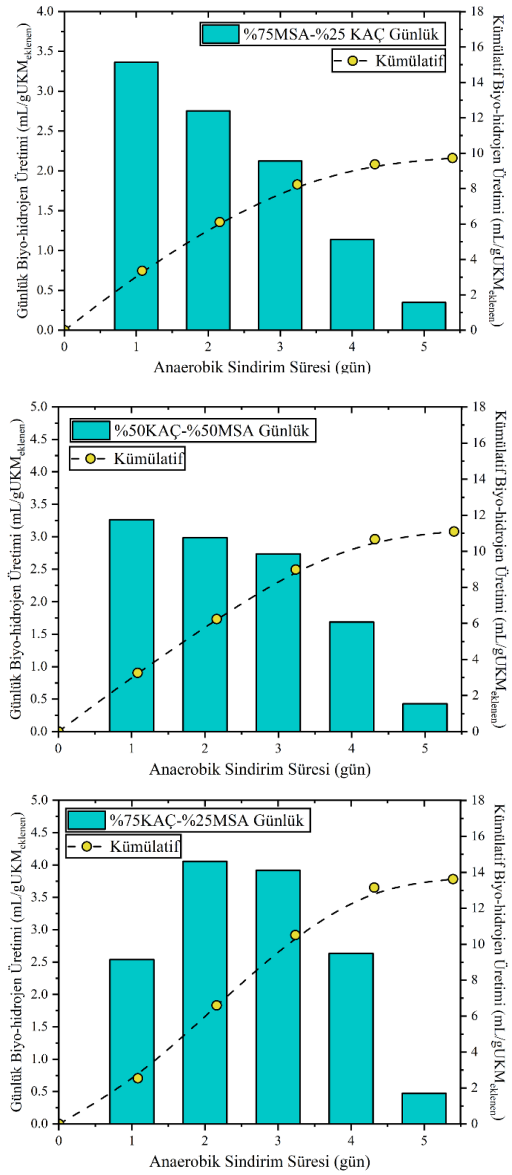
BULGULAR VE TARTIŞMA

Bu çalışmada, meyve işleme endüstrisi atıklarından oluşan biyokütlenin ve kentsel AAT arıtma çamurlarının çeşitli oranlarında kesikli işletme ile biyohidrojen üretim potansiyeli değerlendirilmiştir. Biyoreaktörlerde oluşan günlük ve kümülatif biyohidrojen üretimi Şekil 1'de verilmiştir.

Şekil 1 incelendiğinde MSA içeriği daha fazla olan biyoreaktörlerde biyohidrojen üretim prosesinin daha hızlı bir şekilde başladığı ve akabinde MSA oranının yoğunluğuna bağlı olarak daha keskin bir düşüşe geçtiği görülmüştür. Bununla birlikte ortalama 5 gün içerisinde tüm biyoreaktörlerdeki biyohidrojen üretiminin neredeyse sona erdiği belirlenmiştir. 5 günlük fermantasyon süresi sonucunda %75, %50 ve %25 MSA içeren biyoreaktörlerde üretilen biyohidrojen hacmi sırası ile 48,05; 47,28 ve 42,23 mL olmuştur. Şekil 2'de anaerobik proses sonucunda biyoreaktörlerde üretilen kümülatif biyogaz potansiyeli ve biyohidrojen içeriği verilmiştir.

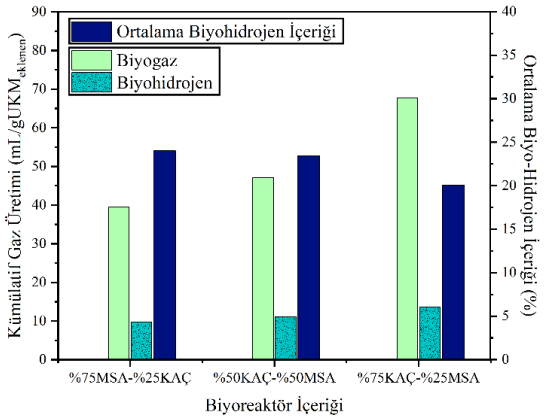
Hidrojen verimi parametresi, hidrojen fermantasyon verimliliğini değerlendirmek için yaygın olarak kullanılmaktadır. Şekil 1'de KAÇ'nin karışımdaki substrat konsantrasyonu %25'ten %75'e çıkarıldığında biyohidrojen veriminin 9,73 mL/gUKM$_{eklenen}$'den 13,62 mL/gUKM'ye yükseldiği görülebilir. Fermantasyon süresi sonunda biyoreaktördeki KAÇ oranının %25'ten %50 ve %75'e çıkması ile biyohidrojen üretim potansiyelinin sırası ile %14 ve %39,9 oranında artış gösterdiği belirlenmiştir. Biyoreaktördeki arıtma çamuru derişimi arttıkça biyohidrojen üretim veriminin artması fermentatif bakterilerin metabolik aktivitesinin ve fermentatif bakterilerin indüklenebilir enzimler salgılama yeteneğinin

artması olabilir (Yang & Wang, 2019). Substratların UKM değeri arttıkça organik madde muhtevasının da arttığı bilinmektedir. Tablo 1 incelendiğinde meyve atıklarının UKM oranının arıtma çamuruna oranla daha fazla olduğu görülmektedir. Karışımlar aynı TKM oranı ile hazırlanmış olsa da UKM içeriğindeki bu farklılık nedeni ile sonuçlar organik madde bakımından değişiklik gösterebilmektedir. Bu da karışımlardaki meyve atıkları oranı arttıkça biyoreaktörün organik madde içeriğinin de diğerlerine oranla artmasına neden olmaktadır. Sonuç olarak bu durum biyoreaktörde organik asitlerin (örn. asetat, propionat, bütirat ve laktat) birikmesine ve pH'ın düşmesine neden olabilir, bu da NAD^+/NADH'nin dinamik dengesini bozar ve fermantasyon bakterilerinin metabolik aktivitesinin azalmasına neden olmuş olabilir (Sato vd., 2015).



Şekil 1. Farklı MSA:KAÇ oranlarında hazırlanan karışımların günlük ve kümülatif biyohidrojen üretim potansiyeli.
Figure 1. Daily and cumulative biohydrogen production potential of mixtures prepared at different MSA:KAÇ ratios.

KF prosesi sonucu biyoreaktörlerdeki çıkış pH değerleri %75KAÇ, %50KAÇ ve %25KAÇ için sırası ile 5,32; 4,72 ve 4,56 olarak belirlenmiştir. Bu sonuçlar ortamdaki muhtemel asitleşmeyi desteklemektedir. Ayrıca, yüksek organik madde derişiminin fermantasyon ortamında hidrojen kısmi basıncının da yükselmesine neden olabileceği ve bunun da hidrojen üretim verimliliğini sınırlandırabileceği bildirilmiştir (Hawkes vd., 2002). Tablo 3'te arıtma çamurunun tekli-fermentasyonu ve diğer atıklar ile ko-fermentasyonu sonucu üretilen biyohidrojen miktarları karşılaştırılmıştır.



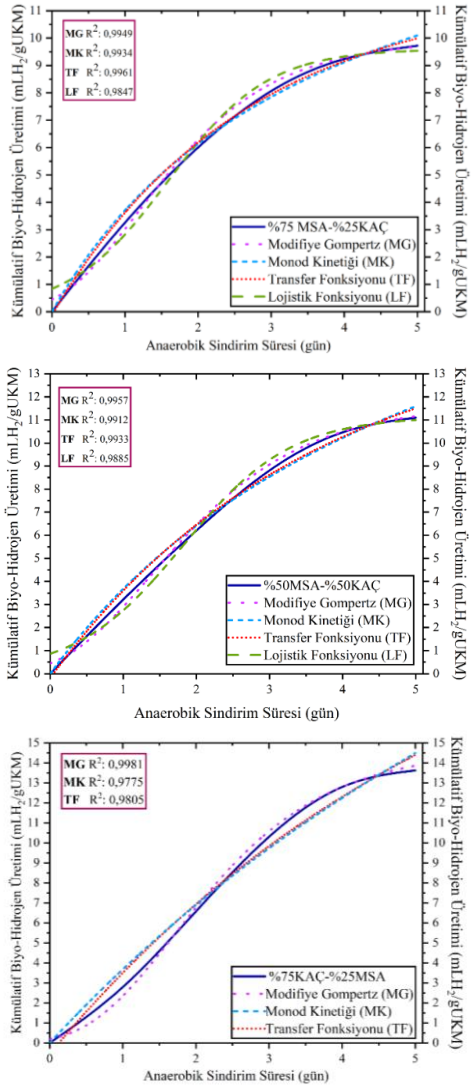
Şekil 2. Toplam biyohidrojen içeriği ve kümülatif biyogaz üretimi.
Figure 2. The overall biohydrogen content and cumulative biogas production.

Tablo 3. Arıtma çamuru (AÇ) ve organik atıkların KF proseslerinde substrat olarak kullanılmasıyla elde edilen maksimum biyohidrojen verimine ilişkin literatür verileri
Table 3. Literature data on maximum biohydrogen yield obtained by using sewage sludge (AÇ) and organic waste as substrate in DF processes.

Substrat	KF Şartları	Biyohidrojen verimi	Kaynak
AÇ, alkali ön işlem	Kesikli, 37 °C	11,68 mL/gUKM$_{eklenen}$	(Xiao & Liu, 2009)
AÇ, termal ön işlem	Kesikli, 37 °C	12,23 mL/gUKM$_{eklenen}$	(Xiao & Liu, 2006)
AÇ ve pirinç küspesi	Kesikli, 37 °C	14,96 mL/gUKM$_{eklenen}$	(Alemahdi vd., 2015)
AÇ ve mısır küspesi	Kesikli, 37 °C	13,40 mL/gUKM$_{eklenen}$	(Liu vd., 2013)
Meyve, sebze atıkları	Kesikli, 55 °C	20,81 mL/gUKM$_{eklenen}$	(Abubackar vd., 2019)
AÇ, vinas, kanatlı gübresi	Kesikli, 55 °C	27,1 mL/gUKM$_{eklenen}$	(Sillero vd., 2023)
MSA ve KAÇ	Kesikli, 37 °C	13,62 mL/gUKM$_{eklenen}$	Bu çalışma

Tablo 3 incelendiğinde, mevcut çalışmadaki maksimum hidrojen veriminin (13,62 mL/gUKM$_{eklenen}$), kesikli sistemde işletilen ve organik madde hidrolizi çeşitli ön işlemler ile arttırılan arıtma çamurlarının tekli karanlık fermentasyonuna (11,68–12,23 mL/gUKM$_{eklenen}$) kıyasla daha yüksek olduğu görülebilir. Bununla birlikte arıtma çamurunun farklı organik atıklar ile ko-fermentasyonunun, tekli-fermentasyonlarına kıyasla hidrojen üretimini artırabileceği gözlemlenmektedir; bunun nedeni, ko-fermentasyon sistemlerinin fermantasyon bakterileri için daha iyi C:N oranı ve daha dengeli besin koşulları sağlaması olabilir (Feng vd., 2011). Sonuç olarak bu çalışmadan elde edilen biyohidrojen üretimi sonuçların genel olarak literatür verileri ile uyumlu olduğu belirlenmiştir. Bununla birlikte KF sonunda %75KAÇ, %50KAÇ ve %25KAÇ içeren biyoreaktörlerde $Ç_{KOİ}$ giderimleri sırası ile %18, %16 ve %14 iken $Ç_{KH}$

giderimleri sırası ile %64, %57 ve %54 olarak gerçekleşmiştir.



Şekil 3. Biyorektörlerde oluşan kümülatif biyohidrojen üretim verimlerinin uydurulmuş kinetik eğrileri.
Figure 3. Fitted kinetic curves of cumulative biohydrogen production yields in biorectors.

Substratların çoklu-fermentasyonunda yer alan mikrobiyal toplulukların kinetik davranışı hakkında daha derin bir anlayış kazanmak ve KF prosesinin kinetik davranışını tanımlamak için Modifiye Gompertz (MG), Monod Kinetiği (MK), Transfer Fonksiyonu (TF) ve Lojistik Fonksiyonu (LF) kullanılmıştır. Farklı oranlarda substrat karışımı koşullarında nihai biyohidrojen üretim potansiyeli, maksimum biyohidrojen üretim hızı ve gecikme fazı süresi gibi kinetik parametrelerin eğri uydurma hesaplamalarının sonuçları Tablo 4'te verilmiştir. Ek olarak, Şekil 3'te hem deneysel verileri hem de kümülatif biyohidrojen üretimi için modellenmiş sonuçlar gösterilmiştir. Kinetik modelleme sonuçlarına göre biyohidrojen üretim veriminin modellenmesinde kullanılabilecek en uygun fonksiyonun tüm substrat derişimleri için MG olduğu belirlenmiştir. Bu değerlendirme yapılırken literatür uyarınca, yüksek R^2 ve düşük RMSE değerlerinin yanı sıra, biyohidrojen üretiminde deneyler ve model ile elde edilen teorik veriler arasındaki farkın %25'ten az olması koşulu dikkate alınmıştır (Kainthola vd., 2019). Bununla birlikte LF modeli %75-%50 MSA içeren biyoreaktörler ile yüksek uyumluluk gösterirken %25MSA içeren bioreaktörden elde edilen veriler ile uyumlu olmadığı belirlenmiştir. Monod modelinin bu çalışmadan elde edilen deneysel verilerle uyumlu bir eğri oluştursa da deneysel ve teorik veriler arasındaki yüksek fark nedeniyle kullanılabilir olmadığı sonucuna varılmıştır. Bunun nedeni karışımlardaki yüksek substrat konsantrasyonu nedeni ile hidrojen üretimi sağlayan kültürlerin büyüme kinetiğinin belirlenmesinin zor olmasıdır (Chai vd., 2021).

Tablo 4. Farklı substrat derişimlerinde biyohidrojen üretimi için kinetik parametreler.
Table 4. Kinetic parameters for biohydrogen production at different substrate concentrations.

Model	Parametre	%75MSA %25KAÇ	%50MSA %50KAÇ	%25MSA %75KAÇ
MG	BH(t) mL/gUKM	9,50	10,69	13,05
	BH(e) mL/gUKM	9,73	11,10	13,62
	Fark (%)	2,42	3,83	4,36
	NH mL/gUKM	9,93	11,69	14,70
	Rh mL/gUKM.gün	3,49	3,65	4,65
	λ (gün)	0,13	0,21	0,54
	RMSE	0,295	0,402	0,520
	Adj R^2	0,9916	0,9929	0,9969
MK	BH(t) mL/gUKM	5,49	5,09	3,53
	BH(e) mL/gUKM	9,73	11,10	13,62
	Fark (%)	77,23	118,07	285,83
	NH mL/gUKM	17,72	25,06	54,31
	k (gün^{-1})	0,26	0,17	0,07
	RMSE	3,544	4,817	7,728
	Adj R^2	0,9918	0,9890	0,9719
TF	BH(t) mL/gUKM	8,72	9,45	10,70
	BH(e) mL/gUKM	9,73	11,10	13,62
	Fark (%)	11,58	17,46	27,28
	NH mL/gUKM	11,81	15,34	25,97
	Rh mL/gUKM.gün	4,44	4,28	4,30
	λ (gün)	0,02	0,04	0,12
	RMSE	0,856	1,330	2,356
	Adj R^2	0,9935	0,9888	0,9676
LF	BH(t) mL/gUKM	9,65	10,95	-
	BH(e) mL/gUKM	9,73	11,10	13,62
	Fark (%)	0,82	1,36	-
	NH mL/gUKM	9,60	11,14	-
	Rh mL/gUKM.gün	3,52	3,78	-
	λ (gün)	0,23	0,35	-
	RMSE	0,477	0,471	-
	Adj R^2	0,9745	0,9809	-

Tablo 4'te gösterilen kinetik parametreler incelendiğinde maksimum biyohidrojen üretim hızı (Rh) değerlerinin MG modeli için biyoreaktördeki KAÇ oranı arttıkça arttığı görülmektedir. Bununla birlikte KF prosesinde organik madde hidrolizini gerçekleştiren mikroorganizmaların gecikme fazını ifade eden "λ" değerinin biyoreaktördeki MSA değeri arttıkça kısaldığı görülmektedir. Bu durum MSA'nın fazlaca olduğu ortamda bulunan mikroorganizmaların ortamda bulunan organik maddeleri biyohidrojen üretiminden daha çok üreme, gelişme ve ortama uyum sağlama faaliyetleri için kullanmasından kaynaklı olabilir. Bu durum deneysel sonuçlarda KAÇ oranı fazla olan biyoreaktörde daha fazla biyohidrojen üretilmesi ile de uyumludur.

SONUÇ

Bu çalışma, meyve işleme endüstrisi atıkları ve kentsel arıtma çamurlarının karanlık ko-fermantasyon prosesi ile biyohidrojen üretim performansının anlaşılmasında karışımdaki substrat derişimlerinin netleştirilmesine yardımcı olacaktır. Tüm biyoreaktörlerde üretilen biyogazların ortalama biyohidrojen içerikleri %20-%24 arasında değişim gösterirken MSA içeriği yüksek olan biyoreaktörlerde bu oranın daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Bununla birlikte biyoreaktörlerdeki arıtma çamuru oranı arttıkça biyogaz üretimindeki artışa bağlı olarak biyohidrojen üretiminin de arttığı belirlenmiştir. Bununla birlikte biyoreaktörlerdeki yüksek organik madde derişimlerinin fermantasyon sürecinde ortamın pH değerini düşürebildiği ve bunun da mikroorganizmaların metabolik aktivitesini inhibe ederek biyohidrojen üretiminin azalmasına yol açabileceği belirlenmiştir. Bu nedenle bu tür bir teknolojiyi benzer biyokütle ile daha büyük ölçekte tasarlarken, bertarafı önem ve öncelik arz eden atıkların organik madde miktarına bağlı olarak karışımların tasarlanabileceği dikkate alınmalıdır.

TEŞEKKÜR

Proje Numarası: 2023-1-AP1-4855 olan bu çalışma Mersin Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi tarafından desteklenmiştir.

KAYNAKLAR

Abe, J.O., Popoola, A.P.I., Ajenifuja, E. & Popoola, O.M. (2019). Hydrogen energy, economy and storage: Review and recommendation. *International Journal of Hydrogen Energy*, ***44***(29), 15072-15086. DOI: 10.1016/j.ijhydene.2019.04.068

Abubackar, H.N., Keskin, T., Yazgin, O., Gunay, B., Arslan, K. & Azbar, N. (2019). Biohydrogen production from autoclaved fruit and vegetable wastes by dry fermentation under thermophilic condition. *International Journal of Hydrogen Energy*, ***44***(34), 18776-18784. DOI: 10.1016/j.ijhydene.2018.12.068

Alemahdi, N., Che Man, H., Abd Rahman, N., Nasirian, N. & Yang, Y. (2015). Enhanced mesophilic bio-hydrogen production of raw rice straw and activated sewage sludge by co-digestion. *International Journal of Hydrogen Energy*, ***40***(46), 16033-16044. DOI: 10.1016/j.ijhydene.2015.08.106

Alibardi, L. & Cossu, R. (2016). Effects of carbohydrate, protein and lipid content of organic waste on hydrogen production and fermentation products. *Waste Management*, ***47***, 69-77. DOI: 10.1016/j.wasman.2015.07.049

APHA. (1995). Standard methods for the examination of water and wastewater (16th ed.). Washington.

Chai, A., Wong, Y.S., Ong, S.A., Aminah Lutpi, N., Sam, S.T., Kee, W.C. & Ng, H.H. (2021). Haldane-Andrews substrate inhibition kinetics for pilot scale thermophilic anaerobic degradation of sugarcane vinasse. *Bioresource Technology*, ***336***, 125319. DOI: 10.1016/j.biortech.2021.125319

Córdova-Lizama, A., Carrera-Figueiras, C., Palacios, A., Castro-Olivera, P.M. & Ruiz-Espinoza, J. (2022). Improving hydrogen production from the anaerobic digestion of waste activated sludge: Effects of cobalt and iron zero valent nanoparticles. *International Journal of Hydrogen Energy*, ***47***(70), 30074-30084. DOI: 10.1016/j.ijhydene.2022.06.187

Dong, L., Zhenhong, Y., Yongming, S., Xiaoying, K. & Yu, Z. (2009). Hydrogen production characteristics of the organic fraction of municipal solid wastes by anaerobic mixed culture fermentation. *International Journal of Hydrogen Energy*, ***34***(2), 812-820. DOI: 10.1016/j.ijhydene.2008.11.031

Dubois, M., Gilles, K.A., Hamilton, J.K., Rebers, P.A. & Smith, F. (1956). Colorimetric method for determination of sugars and related substances. *Analytical Chemistry*, ***28***, 350-356.

EPA. (1996). Method 2540B and 2540E, Test Methods for Eva2001ing Solid Waste Physical/Chemical Methods, SW-846, 3r.

EPA. (2001). Method 1684, Total, Fixed, and Volatile Solids in Water, Solids, and Biosolids, U.S.

EPA. (2004). Method 9045D, Soil and Waste pH, part of Test Methods for Evaluating Solid Waste, Physical/Chemical Methods. In Hazardous Waste Test Methods / SW-846, 1-5.

Feng, L., Yan, Y. & Chen, Y. (2011). Co-fermentation of waste activated sludge with food waste for short-chain fatty acids production: Effect of pH at ambient temperature. Frontiers of Environmental Science and Engineering in China, ***5***(4), 623-632. DOI: 10.1007/S11783-011-0334-2

Gulsen Akbay, H.E. (2024). Anaerobic mono and co-digestion of agro-industrial waste and municipal sewage sludge: Biogas production potential, kinetic modelling, and digestate characteristics. *Fuel*, ***355***, 129468. DOI: 10.1016/j.fuel.2023.129468

Gulsen Akbay, H.E., Dizge, N. & Kumbur, H. (2021). Enhancing biogas production of anaerobic co-

digestion of industrial waste and municipal sewage sludge with mechanical, chemical, thermal, and hybrid pretreatment. *Bioresource Technology*, ***340***, 125688. DOI: 10.1016/j.biortech.2021.125688

Hawkes, F.R., Dinsdale, R., Hawkes, D.L. & Hussy, I. (2002). Sustainable fermentative hydrogen production: challenges for process optimisation. *International Journal of Hydrogen Energy*, ***27***(11-12), 1339-1347. DOI: 10.1016/s0360-3199(02)00090-3

Hussien, M., Jadhav, D.A., Le, T.T.Q., Jang, J.H., Jang, J.K. & Chae, K.J. (2024). Tuning dark fermentation operational conditions for improved biohydrogen yield during co-digestion of swine manure and food waste. *Process Safety and Environmental Protection*, ***187***, 1496-1507. DOI: 10.1016/j.psep.2024.05.068

IEA, International Energy Agency, (2018). World Energy Outlook 2018. (24 Mayıs 2024)

IEA, International Energy Agency, (2021). World Energy Outlook 2021. (24 Mayıs 2024)

Kainthola, J., Kalamdhad, A.S., Goud, V.V. & Goel, R. (2019). Fungal pretreatment and associated kinetics of rice straw hydrolysis to accelerate methane yield from anaerobic digestion. *Bioresource Technology*, ***286***, 121368. DOI: 10.1016/j.biortech.2019.121368

Koch, K., Lippert, T. & Drewes, J.E. (2017). The role of inoculum's origin on the methane yield of different substrates in biochemical methane potential (BMP) tests. *Bioresource Technology*, ***243***, 457-463. DOI: 10.1016/j.biortech.2017.06.142

Kriswantoro, J.A. & Chu, C.Y. (2024). Biohydrogen production kinetics from cacao pod husk hydrolysate in dark fermentations: Effect of pretreatment, substrate concentration, and inoculum. *Journal of Cleaner Production*, ***434***, 140407. DOI: 10.1016/j.jclepro.2023.140407

Li, C. & Fang, H.H.P. (2007). Fermentative hydrogen production from wastewater and solid wastes by mixed cultures. *Critical Reviews in Environmental Science and Technology*, ***37***(1), 1-39. DOI: 10.1080/10643380600729071

Liu, D., Li, R.Y., Ji, M. & Cai, Y.M. (2013). Enhanced hydrogen and methane production from sewage sludge by addition of cornstalk in two-stage fermentation process. *Asian Journal of Chemistry*, ***25***(12), 6535-6539. DOI: 10.14233/ajchem.2013.14347

Liu, D., Sun, Y., Li, Y. & Lu, Y. (2017). Perturbation of formate pathway and NADH pathway acting on the biohydrogen production. *Scientific Reports*, ***7***(1), 1-8. DOI: 10.1038/s41598-017-10191-7

Ma, K., Zhao, H., Zhang, C., Lu, Y. & Xing, X.H. (2012). Impairment of NADH dehydrogenase for increased hydrogen production and its effect on metabolic flux redistribution in wild strain and mutants of Enterobacter aerogenes. *International Journal of Hydrogen Energy*, ***37***(21), 15875-15885. DOI: 10.1016/j.ijhydene.2012.08.017

Machhirake, N.P., Vanapalli, K.R., Kumar, S. & Mohanty, B. (2024). Biohydrogen from waste feedstocks: An energy opportunity for decarbonization in developing countries. *Environmental Research*, ***252***, 119028. DOI: 10.1016/j.envres.2024.119028

Miranzadeh, M.B., Jafarsalehi, M., Akram, J., Ebrahimi, M., Mazaheri, A. & Mashayekh, M. (2024). Boosting biogas production in the wastewater treatment plants: A narrative review on co-digestion of sewage sludge with internal and external organic waste. *Bioresource Technology Reports*, ***26***, 101856. DOI: 10.1016/j.biteb.2024.101856

Park, J.H., Cheon, H.C., Yoon, J.J., Park, H.D. & Kim, S.H. (2013). Optimization of batch dilute-acid hydrolysis for biohydrogen production from red algal biomass. *International Journal of Hydrogen Energy*, ***38***(14), 6130-6136. DOI: 10.1016/j.ijhydene.2013.01.050

Ren, Y., Tang, S., Hong, F., Jiang, W., Liu, Z., Lu, H., … & Si, B. (2023). Effects of milli-magnetite on biohydrogen production from potato peels: Insight of metabolism mechanisms. *Fuel*, ***348***, 128576. DOI: 10.1016/j.fuel.2023.128576

Sarangi, P.K. & Nanda, S. (2020). Biohydrogen Production Through Dark Fermentation. *Chemical Engineering & Technology*, ***43***(4), 601-612. DOI: 10.1002/ceat.201900452

Sato, O., Suzuki, Y., Sato, Y., Sasaki, S. & Sonoki, T. (2015). Water-insoluble material from apple pomace makes changes in intracellular NAD^+/NADH ratio and pyrophosphate content and stimulates fermentative production of hydrogen. Journal of Bioscience and Bioengineering, ***119***(5), 543-547. DOI: 10.1016/j.jbiosc.2014.10.017

Sillero, L., Solera, R. & Perez, M. (2023). Effect of temperature on biohydrogen and biomethane production using a biochemical potential test with different mixtures of sewage sludge, vinasse and poultry manure. *Journal of Cleaner Production*, ***382***, 135237. DOI: 10.1016/j.jclepro.2022.135237

Singh, T., Alhazmi, A., Mohammad, A., Srivastava, N., Haque, S., Sharma, S., … & Gupta, V.K. (2021). Integrated biohydrogen production via lignocellulosic waste: Opportunity, challenges & future prospects. *Bioresource Technology*, ***338***, 125511. DOI: 10.1016/j.biortech.2021.125511

Taşkan, B., Köroğlu, E.O. & Taşkan, E. (2022). Cladophora sp. as a sustainable feedstock for dark fermentative biohydrogen production. *International Journal of Hydrogen Energy*, ***47***(34), 15410-15418. DOI: 10.1016/j.ijhydene.2022.03.024

Vardar-Schara, G., Maeda, T. & Wood, T.K. (2008). Metabolically engineered bacteria for producing hydrogen via fermentation. *Microbial Biotechnology*, ***1***(2), 107. DOI: 10.1111/J.1751-7915.2007.00009.x

Wainaina, S., Lukitawesa, Kumar Awasthi, M. & Taherzadeh, M.J. (2019). Bioengineering of anaerobic digestion for volatile fatty acids, hydrogen or methane production: A critical review. *Bioengineered*, ***10***(1), 437. DOI: 10.1080/21655979.2019.1673937

Xiao, B.Y. & Liu, J.X. (2006). Effects of thermally pretreated temperature on bio-hydrogen production from sewage sludge. *Journal of Environmental Sciences*, ***18***(1), 6-12.

Xiao, B. & Liu, J. (2009). Effects of various pretreatments on biohydrogen production from sewage sludge. *Chinese Science Bulletin*, ***54***(12), 2038-2044. DOI: 10.1007/S11434-009-0100-z

Yang, G. & Wang, J. (2017). Fermentative hydrogen production from sewage sludge. *Critical Reviews in Environmental Science and Technology*, ***47***(14), 1219-1281. DOI: 10.1080/10643389.2017.1348107

Yang, G. & Wang, J. (2018). Various additives for improving dark fermentative hydrogen production: A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, ***95***, 130-146. DOI: 10.1016/j.rser.2018.07.029

Yang, G., Hu, Y. & Wang, J. (2019). Biohydrogen production from co-fermentation of fallen leaves and sewage sludge. *Bioresource Technology*, ***285***, 121342. DOI: 10.1016/j.biortech.2019.121342

Yang, G. & Wang, J. (2019). Biohydrogen production by co-fermentation of sewage sludge and grass residue: Effect of various substrate concentrations. Fuel, ***237***, 1203-1208. DOI: 10.1016/j.fuel.2018.10.026

Yin, Y., Chen, Y. & Wang, J. (2021). Co-fermentation of sewage sludge and algae and Fe^{2+} addition for enhancing hydrogen production. *International Journal of Hydrogen Energy*, ***46***(13), 8950-8960. DOI: 10.1016/j.ijhydene.2021.01.009

Zhang, H., Fu, Z., Guan, D., Zhao, J., Wang, Y., Zhang, Q., … & Wang, D. (2023). A comprehensive review on food waste anaerobic co-digestion: Current situation and research prospect. *Process Safety and Environmental Protection*, ***179***, 546-558. DOI: 10.1016/j.psep.2023.09.030

Zhou, J., Olson, D.G., Lanahan, A.A., Tian, L., Murphy, S.J.L., Lo, J. & Lynd, L.R. (2015). Physiological roles of pyruvate ferredoxin oxidoreductase and pyruvate formate-lyase in Thermoanaerobacterium saccharolyticum JW/SL-YS485. *Biotechnology for Biofuels*, ***8***(1), 1-14. DOI: 10.1186/s13068-015-0304-1

Journal of Anatolian Environmental and Animal Sciences
(*Anadolu Çevre ve Hayvancılık Bilimleri Dergisi*)
DOI: https://doi.org/10.35229/jaes.1563357

JAES
Year: 9, No: 4, 2024 (632-640)
AÇEH
Yıl: 9, Sayı: 4, 2024 (632-640)

ARAŞTIRMA MAKALESİ **RESEARCH PAPER**

Yaşlı Dostu Kent Kapsamında Bolu Kent Merkezinde Mahalle Parklarına Mekânsal Erişilebilirliğin Değerlendirilmesine Yönelik Cbs Tabanlı Bir Yaklaşım

Kıymet Pınar KIRKIK AYDEMİR[1]* Gamze KAZANCI[2] Nihat KARAKUŞ[3]
[1]*Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi, Mimarlık Fakültesi, Şehir ve Bölge Planlama Bölümü, İstanbul, Türkiye*
[2]*İstanbul Teknik Üniversitesi, Mimarlık Fakültesi, Şehir ve Bölge Planlama Bölümü, İstanbul, Türkiye*
[3]*Akdeniz Üniversitesi, Serik Gülsün-Süleyman Süral MYO, Park ve Bahçe Bitkileri Bölümü, Antalya, Türkiye*

Geliş Tarihi: *08.10.2024* ***Kabul Tarihi:*** *29.11.2024* ***Basım Tarihi:*** *31.12.2024*

Atıf yapmak için: **Kırkık Aydemir, K.P., Kazancı, G. & Karakuş, N. (2024).** Yaşlı dostu kent kapsamında bolu kent merkezinde mahalle parklarına mekânsal erişilebilirliğin değerlendirilmesine yönelik Cbs tabanlı bir yaklaşım. *Anadolu Çev. ve Hay. Dergisi, **9***(4), 632-640. https://doi.org/10.35229/jaes.1563357
How to cite: **Kırkık Aydemir, K.P., Kazancı, G. & Karakuş, N. (2024).** A GIS-based approach for evaluating spatial accessibility to neighborhood parks in the bolu city center within the scope of age-friendly cit. *J. Anatolian Env. and Anim. Sciences, **9***(4), 632-640. https://doi.org/10.35229/jaes.1563357

*: https://orcid.org/0000-0002-1331-1655
: https://orcid.org/0000-0002-6344-523X
: https://orcid.org/0000-0002-6924-1879

***Sorumlu yazarın:**
Kıymet Pınar KIRKIK AYDEMİR
Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi, Mimarlık Fakültesi, Şehir ve Bölge Planlama Bölümü, İstanbul, Türkiye
✉: kiymetpinar.aydemir@ibu.edu.tr

Öz: Kentte yaşayanların kentsel yaşam kalitesinin sağlanması ve kentsel yeşil sistemlerden yararlanabilmeleri, her yaş grubunu kapsayan uygun fiziksel ve sosyal ortamların oluşturulması ile mümkündür. Özellikle kentsel yaşam içerisinde hareket kabiliyeti kısıtlı bireyler olarak yaşlıların yeşil alanlara erişilebilirliğinin sağlanmış olması, kamu/toplum yararını savunan yaşlı dostu kentlerin esas amaçlarındadır. Yaşlı dostu kentlerde yaşlıların mahalle ölçeğinde kentsel yeşil alanlara erişilebilirliğini değerlendirmede ana faktör ikamet alanları ile kentsel yeşil alanlar arasındaki yaya yürünebilirlik mesafesidir. Çalışmada, Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS) tabanlı network analizi kullanılarak yaşlıların kentsel yeşil alanlara erişilebilirliklerinin mahalle ölçeğinde değerlendirilmesi ve mahallelerin yaşlı dostu mahalle kapsamında sınıflandırılması hedeflenmiştir. Bu hedef doğrultusunda ilk olarak yeşil alanların erişilebilirliğine dair literatür taramasıyla erişilebilirlik ölçütleri ortaya konulmuş ve kent merkezinde yer alan parklar CBS ortamında sayısallaştırılmıştır. ArcGIS Pro 10.7 yazılımında yapılan network analizi sonucunda yaşlıların parklara erişilebilirlik düzeyleri mekânsal olarak tespit edilmiş ve önem düzeyine göre ağırlıklı puanlandırma yapılarak yaşlı dostu mahalle haritası üretilmiştir. Üretilen haritaya göre, Bolu kent merkezinde erişimi iyi düzeyde olan 20 mahallenin yaşlı dostu mahalle olduğu, 10 mahallenin erişiminin orta ve 13 mahallenin erişiminin zayıf düzeyde olması nedeniyle 23 mahallenin yaşlı dostu mahalle olmadığı sonucuna varılmıştır.

Anahtar kelimeler: Yaşlı dostu kent, mekânsal erişilebilirlik, park, yeşil alan, GIS, Bolu.

A GIS-Based Approach for Evaluating Spatial Accessibility to Neighborhood Parks in the Bolu City Center within the Scope of Age-Friendly City

***Corresponding author's:**
Kıymet Pınar KIRKIK AYDEMİR
Bolu Abant İzzet Baysal University, Faculty of Architecture, Department of Urban and Regional Planning, Istanbul, Türkiye
✉: kiymetpinar.aydemir@ibu.edu.tr

Abstract: Ensuring the quality of urban life for residents and enabling them to benefit from urban green systems, is achievable through the creation of appropriate physical and social environments that cater to all age groups. Specifically, providing access to green spaces for elderly individuals within urban life and often face mobility constraints, is a key objective in cities that advocate for public and societal benefit. In age-friendly cities, the primary factor in evaluating the elderly's accessibility to urban green spaces at the neighborhood scale is the walkability distance between residential areas and these green spaces. This study aims to assess the accessibility of urban green spaces for the elderly at the neighborhood scale using Geographic Information System (GIS)-based network analysis and to classify neighborhoods within the scope of age-friendly neighborhoods. Firstly, accessibility criteria were established through a literature review on green space accessibility, and parks located in the city center were digitized within a GIS environment. Network analysis conducted in ArcGIS Pro spatially determined the levels of accessibility to parks for the elderly, and a weighted scoring system was applied according to the significance of accessibility, resulting in the production of an age-friendly neighborhood map. According to the generated map, 20 neighborhoods in Bolu city center were found to be age-friendly, with good levels of accessibility, while 10 neighborhoods had moderate accessibility and 13 neighborhoods exhibited poor accessibility, leading to the conclusion that 23 neighborhoods were not considered age-friendly.

Keywords: Age-friendly city, spatial accessibility, park, green area, GIS, Bolu.

GİRİŞ

Dünya genelinde ve Türkiye'de özellikle 20. yüzyılın ikinci yarısı itibari ile nüfusun yaşlanma eğilimi gösterdiği bilinmektedir (İçli, 2017; Pan vd., 2021). Dünya Sağlık Örgütü (WHO)'ne göre 45-59 yaş arası orta yaş, 60-74 yaş arası yaşlılık, 75-89 yaş arası ileri yaşlılık ve 90 yaş ve üstü ihtiyarlık olarak sınıflandırılmaktadır. Genel olarak ise 65 yaş üstü kişiler yaşlı olarak kabul edilmektedir (Caner vd., 2013). Birleşmiş Milletlerin dünya nüfusuna dair yaptığı tahminlere göre, 2022 yılında dünya nüfusunun 7 milyar 975 milyon 105 bin 156 kişi olması beklenirken, yaşlı nüfusun ise 782 milyon 998 bin 642 kişi olacağı öngörülmüştür. Bu veriler ışığında, dünya nüfusunun %9,8'inin yaşlılardan oluştuğu hesaplanmaktadır. Yaşlı nüfus yaş grubuna göre incelendiğinde, 2017 yılında yaşlı nüfusun %61,6'sının 65-74 yaş grubunda, %29,7'sinin 75-84 yaş grubunda ve %8,6'sının 85 ve daha yukarı yaş grubunda yer aldığı görülürken, 2022 yılında %64,5'inin 65-74 yaş grubunda, %27,7'sinin 75-84 yaş grubunda ve %7,9'unun 85 ve daha yukarı yaş grubunda yer almaktadır (TÜİK, 2023).

Dünya'da ve Türkiye'de yaşlı nüfusun artışı (TUIK (2024), verilerine göre Türkiye'de 2018 yılında 65 yaş ve üzeri yaşlı nüfus 7 milyon 186 bin 204 kişi iken, son beş yıl içinde %21,4 oranında bir artış göstererek, 2023 yılında 8 milyon 722 bin 806 kişiye ulaşmıştır ve yaşlı nüfusun toplam nüfus içindeki oranı ise 2018 yılında %8,8 iken, 2023 yılı itibarıyla %10,2'ye çıkmıştır) ile yaşlı bireylerin kent yaşamına uyumunda yaşanan zorluklar sebebiyle 2005 yılında WHO tarafından "Yaşlı Dostu Kent" kavramı gündeme getirilmiştir (Karakaş, 2021). Amerika'da yapılan bir araştırmada ulaşım mesafesinin uzak olmasından dolayı insanların hobi bahçeleri gibi dış mekan etkinliklerine katılmayı tercih etmedikleri saptanmıştır. Bu durum ulaşım kolaylığının özellikle yaşlı bireylerin kent yaşamına adaptasyonunda önemli bir rol aldığını göstermektedir (Kordon ve Miller, 2023).

Nüfusun önemli bir bölümünü oluşturan yaşlı kişilerin kent yaşamına sorunsuz bir şekilde adapte olması şüphesiz ki yaşamlarındaki mutluluğu artıracaktır. Mutluluk seviyesi artan yaşlı kişilerde kendilerini toplumun önemli bir parçası olarak hissederek yılların kendilerinde oluşturduğu tecrübe ve olgunlukları yeni nesillere daha rahat aktaracaklar ve toplumsal yaşama daha etkin bir şekilde katılabileceklerdir (Arslan ve Ekren, 2017). Yaşlı dostu kentlerde aktif ve sağlıklı yaşlanma ve erişilebilir çevre ihtiyacı sekiz temel başlıkta ele alınmaktadır (WHO, 2015). Gündem 21, 2030 ajandasının 11. hedefinde, özellikle kentlerde savunmasız grupları oluşturan yaşlılar için erişilebilir kentsel yeşil sistem ve kentsel güvenlik konularına değinilmektedir (Bostancı, 2021).

WHO'nun 2010 yılındaki raporunda, yürüme mesafesi kapsamında (fiziksel engellerle sınırlandırılmamış yol ağları dâhil) doğrusal bir mesafe içindeki yeşil alanların mekânsal erişilebilirliği temel alınmaktadır (WHO, 2010). Yaşlı yetişkinlerin kentsel yeşil alanlara erişim mesafesine ilişkin literatürde çeşitli kabuller yer almaktadır (Tablo 1). Örnek olarak; Azzopardi vd. (2018) yaşlıların yeşil alana yürüme mesafesinin en fazla 1000 m olması gerektiğini belirtmektedir. Apparicio vd. (2008) için konforlu bir şekilde yürünebilirliğin sınırları; 500 m, 1000 m ve 2000 m olarak tanımlanmaktadır. ABD'de yapılan birçok çalışma kapsamında ise 400 m yürüme mesafesinin kentsel yeşil alanlara erişilebilirlik çalışmalarında standart olarak belirtildiği görülmektedir (Lindsey vd., 2001; Nicholls, 2001; Forsyth, 2004; Giles-Corti vd., 2005; Cook, 2005; Wolch vd., 2005; Nielsen ve Hansen, 2007; Boone vd., 2009; Cutts vd., 2009; Norwegian Institute of Public Health,2009). Bir diğer çalışma olarak Gong vd. (2016) iyi nitelikteki yeşil alan erişilebilirliğini 300-500m arası mesafe olarak değerlendirmektedir (Tablo 1).

Comber vd. (2008), hem yeşil alan büyüklüğü hem de mesafesine ilişkin yaptıkları çalışmada erişilebilir mesafeyi 300 m olarak önermiştir (Grahn ve Stigsdotter, 2003; Comber vd., 2008; Higgs vd., 2012; La Rosa, 2014; Annerstedt vd., 2016). Rekreasyon alanlarının günlük kullanımı için maksimum yürüme mesafesi İskandinav Bakanlar Kurulu tarafından 250-300 m mesafe olarak belirtilmiştir (Annerstedt vd., 2016). Mueller (2017) ve Artmann vd. (2019) ise yaşlı erişilebilirliği için 0-250 m arası hizmet alanları için iyi erişilebilir, 250-500 m arası orta erişilebilir, 500-1000 m arası zayıf erişilebilir (refakatçı ile gidilebilir alan) olarak üç farklı ölçütte ele almıştır (Tablo 1). Benzer şekilde, Türkiye'de İmar Kanunu yönetmeliklerinden biri olan Mekânsal Planlar Yapım Yönetmeliğinde de yeşil alanlara erişim mesafesi olarak 500 metre etki alanı dikkate alınmaktadır (Resmî Gazete, 2014).

Tablo 1. Yaşlıların yeşil alanlara erişim mesafeleri
Table 1. Access distances of elderly people to green areas

Yazarlar	Çalışma yılı	Yürünebilirlik ölçütleri (m)
Forsyth	2000	400
Lindsey vd.	2001	400
Nicholls	2001	400
Grahn ve Stigsdotter	2003	300-400
Cook	2005	400
Giles-Corti vd.	2005	400
Wolch vd.	2005	400
Nielsen ve Hansen	2007	400
Comber vd.	2008	300
Apparicio vd.	2008	500, 1000 ve 2000
Boone vd.	2009	400
Norveç Halk Sağlığı Enstitüsü	2009	400
Cutts vd.	2009	400
Higgs vd.	2012	300-400
La Rosa	2014	300-600
Türkiye, İlgili Yönetmelik	2014	500
Annerstedt vd.	2016	300
Gong vd.	2016	300–500 arası
Mueller vd.	2017	250, 500 ve 1000
Azzopardi	2018	1000
Artmann vd.	2019	250, 500 ve 1000

İncelenen çalışmaların bir kısmında buffer analizi kullanırken (Handley vd., 2003; Apparicio vd., 2008; Higgs vd., 2012; Yenice, 2012; Bilgili vd.,2018; Dursun ve Güller, 2019), bir kısmında da network analizi kullanıldığı görülmektedir (Comber vd., 2008; So, 2016; Ünal vd., 2016;

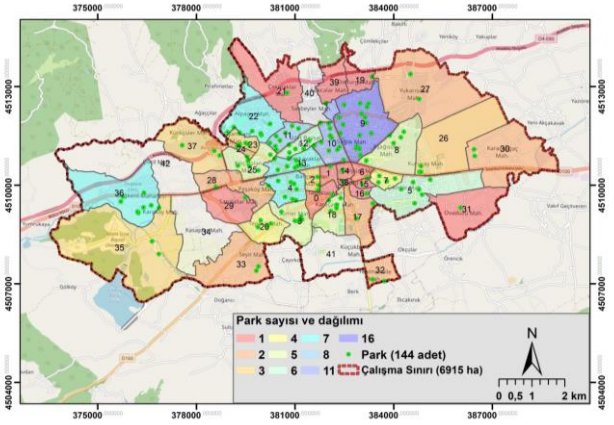
Mueller, 2017; Azzopardi vd., 2018; Du ve Zhang, 2020). Buffer analizi genellikle yakınlık veya mesafe temelli çalışmalarda kullanılırken, ağ analizi ise birbirine bağlı öğelerden oluşan bir ağda hareket, akış veya erişilebilirlik analizleri yapmak için kullanılmaktadır. Her iki ölçüm yönteminde de kullanımla ilgili olan kritik mesafelerin veya eşiklerin ortaya konulması çalışmaların olumlu/olumsuz yanlarını değerlendirme açısından da oldukça önemlidir. Yeşil alan erişilebilirliğini içeren çalışmaların bir kısmında yaşlıların yürüyüş hızında yavaşlama etkisinin olmaması ve rahat yürüyebilmeleri için eğimin %8'in altında olması önerilmektedir (Aldas vd., 2018; Amaya vd., 2022; Tuğluer ve Ekren, 2022). Yapılan çalışmalarda, kullanıcıların tercih ettikleri yollar/güzergahlar her zaman doğrusal olmadığı için network analizinin daha çok tercih edildiği görülmektedir (Neuvonen vd., 2007; Apparicio vd., 2008; Higgs vd., 2012; Koppen vd., 2014; La Rosa, 2014).

Çalışma kapsamında, yaşlıların kentsel yeşil alanlara erişilebilirliklerinin mahalle ölçeğinde belirlenmesi amacıyla CBS tabanlı network analizi kullanılmış olup, elde edilen erişilebilirlik verilerinin önem düzeyine göre ağırlıklı puanlandırması yapılmıştır. Yaşlı dostu mahalle kapsamında gereklilikler Bolu kent merkezindeki mahalleler üzerinden sınıflandırılarak haritalandırılmıştır.

MATERYAL VE METOT

Bolu kent merkezi 6915 ha olup, kent 43 mahalleden oluşmaktadır. Araştırma alanında yüzölçümü bakımından en büyük mahalle Karaköy Mahallesi (748,14 ha) iken en küçük mahalle Büyükcami Mahallesidir (7,54 ha). TÜİK (2021) verilerine göre Bolu ili kent merkezi nüfusu 217935 kişidir. Toplam nüfusun 184682'si merkez mahallelerde yaşamakta olup, 33246 kişi merkeze bağlı köylerde yaşamaktadır

Araştırma kapsamında Bolu kent merkezindeki yaşlıların kentsel yeşil alanlara erişilebilirliğinin network analizi ile tespit edilmesi amaçlandığından, kent merkezindeki yaşlılar tarafından kullanılmakta olan kentsel yeşil alanlar ve yol haritaları araştırmanın ana materyallerini oluşturmaktadır. Bolu ile ilgili yapılmış çalışmalar, kentsel yeşil alan ve park kavramına ilişkin literatür çalışmaları, mahalle haritaları, mahalle nüfusu, Google Earth ve ArcGIS Basemap haritaları da araştırmanın materyalleri arasında yer almaktadır. Bolu ili kent merkezinde yer alan parklara ait nitel veriler Bolu Belediyesinden temin edildikten sonra parkların konumlarını belirlemek için ArcGIS yazılımında nokta veri tabanı oluşturulmuştur. Oluşturulan bu veri tabanında her parkın lokasyonu Google Earth ve ArcGIS Basemap haritaları kullanılarak belirlenmiştir. Haritalardan elde edilemeyen parkların lokasyonları ise arazide konumları alınarak belirlenmiştir. Nokta veri tabanında parkların büyüklükleri ve isimleri gibi öznitelik verileri tanımlanırken Bolu Belediyesi'nden temin edilen nitel veriler kullanılmıştır. Çalışma alanındaki parkların mekânsal dağılımları ve mahalle özelinde park sayılarına göre dağılımları Şekil 1'de verilmiştir.



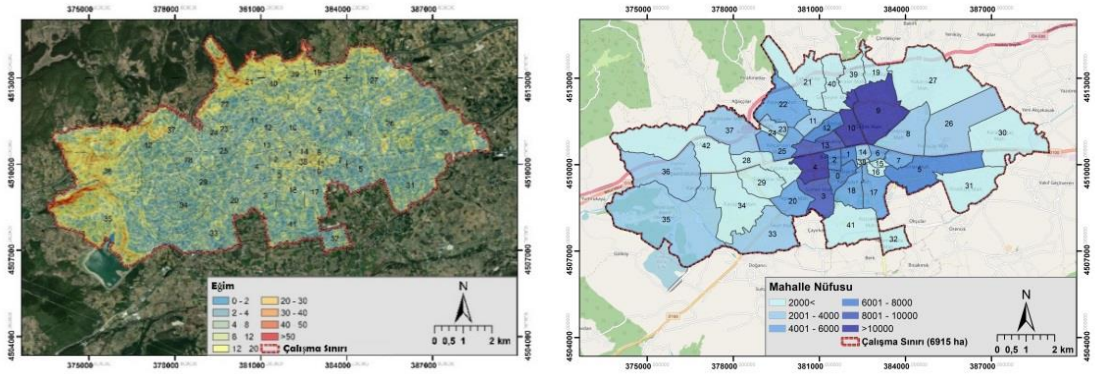
Şekil 1. Çalışma alanı ve parkların mahallere göre mekânsal dağılımı.
Figure 1. Spatial distribution of study areas and parks by neighborhood.

Bolu kent merkezindeki mahallelerde bulunan yeşil alanların yaşlılar tarafından erişilebilirliğinin sorgulandığı çalışmada TÜİK (2021) verilerine göre en yüksek nüfusa sahip olan mahalle Sağlık Mahallesi (24888 kişi) iken en düşük nüfusa sahip mahalle Karacaağaç Mahallesidir (541 kişi) (Şekil 2b). Mahalle nüfusu, kent merkezindeki mahallelerden çeperdeki mahallelere doğru azalmaktadır.

Yeşil alan erişilebilirliği ile yapılan çalışmalarda araştırmaya derinlik veren diğer bir faktör de arazinin eğim yapısıdır (Wu vd., 2015; Pan vd., 2021). Kuzeyinde ve güneyinde iki büyük dağ şeridi olan Bolu kentinde, dağların yüksek kesimlerindeki düzlüklerin oluşturduğu platolarda eğimin %20-%30'lara ulaştığı dikkat çekmektedir (Şekil 2a). Ancak kent merkezindeki eğim %0-8 arasında olduğundan ve yürüme üzerine olumsuz etki yaratmaması sebebiyle eğim, analizlere bir değişken girdi olarak dâhil edilmemiştir.

Araştırmanın metodu mahalle ölçeğinde yaşlıların kentsel yeşil alanlara erişilebilirlik durumunu ortaya koymak ve yaşlı dostu mahalle haritasını üretebilmek için veri toplama, coğrafi verinin üretilmesi, network analizi ve mahalle erişilebilirliğin önem düzeyine göre ağırlıklandırılmış puanlandırması yapılarak model geliştirilmesi olmak üzere dört temel adımı içermektedir.

Birinci aşamada, araştırma alanının sınırları belirlenmiş ve mahalle sınırları açık kaynak olan Open Street Map'den temin edilmiştir (URL-1). Kentsel yeşil alanlara ait nitel veriler için Bolu Belediyesi ile görüşme sağlanmış ve kentteki yeşil alanlara ait nitel veriler temin edilmiştir. Mahalle ölçeğinde yaşa göre nüfus verileri ise Türkiye İstatistik Kurumu Başkanlığı Kocaeli Bölge Müdürlüğü temin edilmiştir.



Şekil 2a-2b: Bolu kent merkezi eğim yapısı (solda), mahalle nüfusunun dağılımı (sağda).
Figure 2a-2b: Bolu city center slope structure (left), distribution of neighborhood population (right).

İkinci aşamada, kentsel yeşil alanların konumlarının belirlenmesi için CBS ortamında nokta veritabanı WGS_1984_UTM_Zone_36N koordinat sistemine göre oluşturulmuştur. Google Earth ve ArcGIS Basemap haritalarından yararlanılarak oluşturulan veri tabanında kentsel yeşil alan kapsamında parklar sayısallaştırılmıştır. Sayısal nokta verisi olarak elde edilen parkların öznitelik verileri tanımlanırken Bolu Belediyesi'nden temin edilen nitel veriler kullanılmıştır.

Üçüncü aşamada, kentsel yeşil alanlara ve parklara ait nokta verisi kullanılarak yaşlıların parklara erişilebilirlik ölçütleri literatürden yararlanılarak belirlenmiştir. Bu kapsamda yaşlıların parklara erişiminin belirlenmesinde, Mueller (2017)'in erişilebilirlik ölçütleri referans alınarak 250 m, 250-500m ve 500-1000m arası erişilebilirlik mesafeleri kullanılmıştır. Parkların birbirine yakın olması nedeniyle erişilebilirlik analizi sonucunda elde edilen verilerde aynı lokasyonda birden fazla parkın erişilebilirlik poligonları oluşmuştur. Erişilebilirliğin mekânsal büyüklüğü hesaplanmadan önce aynı lokasyondaki birden fazla olan erişilebilirlik poligonları ArcGIS yazılımında, çalışmanın veri tabanında merge işlemi gerçekleştirilerek tek bir poligona indirgenmiştir. Sonrasında erişilebilirlik ölçütlerine göre mekânsal büyüklükler hesaplanmıştır. Ayrıca analiz sonrası elde edilen verilerin düzeltmesi yapıldıktan sonra her mahallenin erişilebilirliğinin mekânsal büyüklüğü hesaplanmıştır.

Dördüncü aşamada ise network analizi sonucunda her mahallenin ölçütlere göre erişilebilirliğinin mekânsal büyüklüğü elde edilmiştir. Her mahallenin mekânsal büyüklüğünün farklı olmasından dolayı erişilebilirlik puanında bütünlüğü sağlayabilmek amacıyla ilk olarak mahalle ölçeğinde sınıflandırılan erişilebilirlik alanları, mahalle alanına oranlanmıştır (Eşitlik 1). Elde edilen oran verilerine erişilebilirliğin önem düzeyine göre ağırlıklı puanlandırma yapılmıştır. Bu kapsamda; iyi erişilebilir (0-250 m) alanlar için 3 puan, orta erişilebilir (250-500 m) alanlar için 2 puan, zayıf erişilebilir (500-1000 m) alanlar için 1 puan, erişilebilir olmayan (1000 m üstü) alanlar için 0 puan verilmiştir (Tablo 2).

$$MEO_{x_i} = \frac{MEA_{x_i}}{TMA_x} \times 100 \qquad \text{(Eşitlik 1)}$$

Eşitlik 1. MEO_{x_i}: x mahallesindeki i düzeydeki erişilebilirlik oranı, MEA_{x_i}: x mahallesindeki i düzeydeki erişilebilirlik sınıfı alanı, TMA_x: x mahallesi toplam mahalle alanı.

Tablo 2. Yaşlıların parklara erişilebilirliğinin mesafelere göre puanlandırılması.
Table 2. The scoring of elderly accessibility to parks based on distances.

Erişilebilirlik mesafesi	Erişilebilirlik düzeyi	Erişilebilirlik Puanı (EP)
0<250 m	İyi erişilebilir	3
250-500 m	Orta erişilebilir	2
500-1000 m	Zayıf erişilebilir (refakatçi ile gidilebilir)	1
>1000 m	Erişilebilir değil	0

Mahalle erişilebilirlik puanı, mahalle ölçeğinde her erişilebilirlik sınıfına ait oran ile erişilebilirlik puanının çarpılıp puanların toplamına bölünmesiyle elde edilmiştir (Eşitlik 2). Eşitlik 2'ye göre 0-100 aralığında elde edilen sonuçlar ile mahallelerin yeşil alan erişilebilirlik oranı yüzde cinsinden değerlendirilmiştir. Sonra da mahalle erişilebilirlik puanı CBS ortamında eşit aralık kullanılarak üç farklı düzeyde sınıflandırılarak erişilebilirlik kapsamında yaşlı dostu mahalle haritası oluşturulmuştur.

$$MEP_x = \sum_{i=0}^{n} \frac{2\ MEO_{x_i}\ EP_i}{i} \qquad \text{(Eşitlik 2)}$$

Eşitlik 2. MEP_x: x mahallesindeki erişilebilirlik puanı, MEO_{x_i}: x mahallesindeki i düzeydeki erişilebilirlik oranı, EP_i: i düzeydeki erişilebilirlik puanı.

BULGULAR

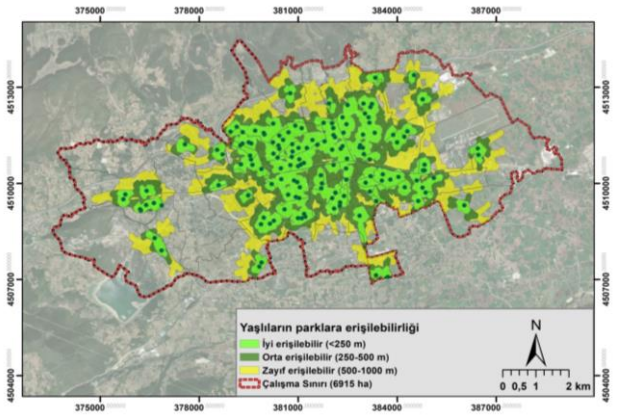
Bolu kent merkezi mahalle nüfusu 184682 olup çalışmada yaşlı nüfusun kentsel yeşil alan kapsamında park alanlarına erişilebilirliği sorgulandığından, WHO tarafından "yaşlı nüfus" olarak belirtilen 65 yaş üstü nüfus yoğunluğu Bolu kent merkezinde 14849'dur. 65 yaş altı nüfus popülasyonu 169833 kişidir (TÜİK, 2021) (Tablo 3). 65 yaş üstü yaşlı nüfusun yoğun olduğu mahalleler sırasıyla Sağlık Mahallesi (1524 kişi), Beşkavaklar Mahallesi (953 kişi), Bahçelievler Mahallesi (859 kişi), Tabaklar Mahallesidir

(800 kişi). Çivril, Büyükcami, Salıbeyler, Sarıcalar ve Küçükberk Mahallelerinde 65 yaş üstü nüfusun yaşamadığı görülmektedir. Kentsel yeşil alan kapsamında, kent merkezinde 500 m^2 ve üzerinde büyüklüğe sahip 144 park alanı bulunmaktadır (Bolu Belediyesi, 2021). Park alanları dağılımı ve büyüklükleri Tablo 3'te verilmiştir.

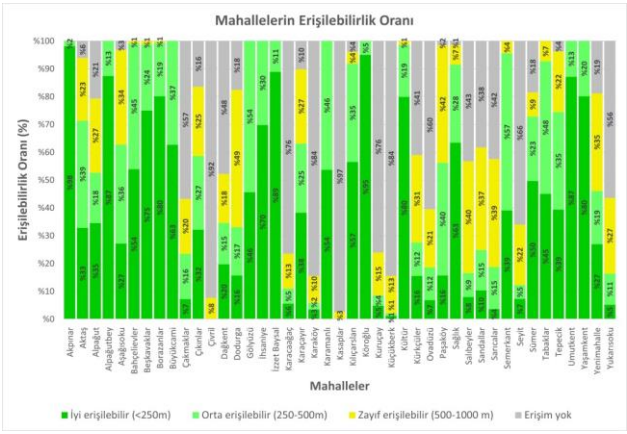
Tablo 3. Bolu kent merkezinde mahalle ölçeğinde yaşlı nüfusu, park sayıları ve alanları.
Table 3. Elderly population, number of parks and areas on a neighborhood scale in Bolu city center.

Mahalle Adı	65 yaş üstü nüfus	65 yaş altı nüfus	Toplam nüfus	Park sayısı	Park alanı (ha)	Mahalle yerleşim alanı (ha)
Akpınar	161	1408	1569	1	0,08	14
Aktaş	515	5471	5986	2	0,47	116
Alpağut	313	4769	5082	7	1,14	192
Alpağutbey	283	3070	3353	8	1,88	64
Aşağısoku	333	3016	3349	5	10,89	192
Bahçelievler	859	6692	7551	3	2,54	34
Beşkavaklar	953	7667	8620	7	1,68	86
Borazanlar	884	11680	12564	7	1,31	97
Büyükcami	0	347	347	1	0,65	8
Çakmaklar	132	545	677	1	0,13	237
Çıkınlar	487	6326	6813	6	2,91	254
Çivril	0	482	482	0	0,00	401
Dağkent	268	2827	3095	7	2,59	321
Dodurga	52	626	678	1	0,11	67
Gölyüzü	341	3666	4007	1	0,61	27
İhsaniye	341	3357	3698	1	0,29	25
İzzet Baysal	447	7363	7810	6	1,39	59
Karaağaç	102	434	536	2	0,32	348
Karaçayır	618	5352	5970	5	7,16	92
Karaköy	93	4034	4127	3	0,47	749
Karamanlı	660	5673	6333	1	0,07	30
Kasaplar	115	439	554	0	0,00	291
Kılıçarslan	286	4695	4981	5	2,53	109
Köroğlu	381	4215	4596	4	0,54	43
Kuruçay	98	3459	3557	3	0,73	361
Küçükberk	0	437	437	0	0,00	222
Kültür	767	10288	11055	11	3,23	106
Kürkçüler	201	2269	2470	3	1,18	218
Ovadüzü	123	541	664	1	0,13	221
Paşaköy	215	1679	1894	2	0,45	138
Sağlık	1524	23825	25349	16	2,48	284
Salıbeyler	0	349	349	0	0,00	130
Sandallar	101	610	711	1	0,28	132
Sarıcalar	0	332	332	1	0,38	87
Semerkant	170	1734	1904	1	0,15	21
Seyit	173	2624	2797	2	0,18	250
Sümer	715	9358	10073	5	0,42	112
Tabaklar	800	7158	7958	1	0,23	58
Tepecik	435	5076	5511	4	0,56	107
Umutkent	223	1377	1600	2	0,79	16
Yaşamkent	414	2828	3242	3	0,93	37
Yenimahalle	78	568	646	2	0,32	66
Yukarısoku	188	1167	1355	2	0,15	493
TOPLAM	**14849**	**169833**	**184682**	**144**	**52,37**	**6915**

Tablo 3'te görüldüğü üzere 43 mahalleden oluşan kentte en çok mahalle parkı Sağlık Mahallesi ve Kültür Mahallesindedir. Parklar mekânsal büyüklüğü açısından değerlendirildiğinde, mekânsal büyüklüğü en az olan mahalle Karamanlı Mahallesi (665 m^2), en fazla olan mahalle Aşağısoku Mahallesidir (108851 m^2). Kasaplar, Küçükberk ve Salıbeyler Mahallelerinde park alanı yoktur. Akpınar, Gölyüzü, İhsaniye, Karamanlı, Semerkant, Tabaklar, Çakmaklar, Dodurga, Ovadüzü, Sandallar ve Sarıcalar Mahallelerinde 1 adet park alanı mevcuttur. Bolu kentinde, yaşlıların parklara erişilebilirliğinin mekânsal dağılımı Şekil 3'te, erişilebilirlik düzeylerinin mahalle alanına oranlanması Şekil 4'te verilmiştir.



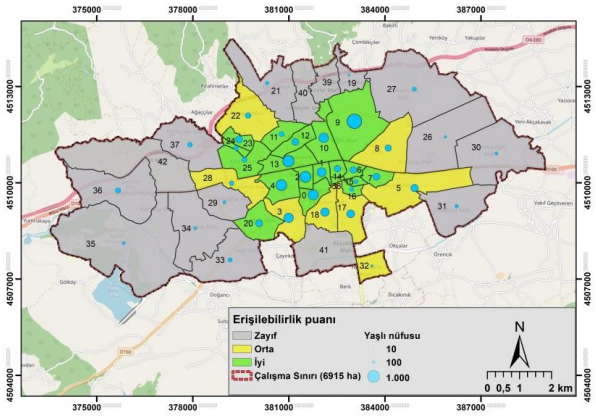
Şekil 3. Network analizine göre yaşlıların parklara erişilebilirliğinin mekânsal dağılımı.
Figure 3. Spatial distribution of elderly people's accessibility to parks according to network analysis.



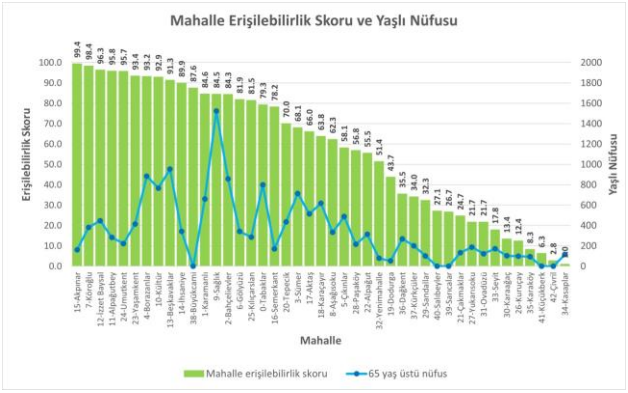
Şekil 4. Mahallelere göre yaşlıların parklara erişilebilirlik oranı.
Figure 4. Accessibility rate of elderly people to parks by neighborhood.

Bolu kent merkezinde yaşlıların parklara erişimini belirlemek üzere yapılan network analizi sonucunda, kentin %21,21'inde erişimin iyi olduğu, %14,21'inde erişimin orta düzeyde olduğu, %17,24'ünde erişimin zayıf olduğu ve %47,34'ünde erişimin olmadığı tespit edilmiştir. Kentte 16 mahallenin tamamında iyi, orta ve zayıf erişilebilirlik varken, 27 mahallenin tamamında erişilebilirlik bulunmamaktadır. Kentin %35,42'sinde yaşlılar bireysel olarak parklara erişebilirken, %17,24'ünde refakatçi yardımı ile parklara erişebilmektedir. Network analizi sonucuna göre Akpınar Mahallesinin yaşlıların parklara erişilebilirliği açısından en erişilebilir mahalle olduğu, Kasaplar Mahallesinin en erişilemez mahalle olduğu tespit edilmiştir.

Network analizi sonucunda elde edilen üç farklı erişilebilirlik ölçüt (zayıf, orta ve iyi düzeydeki erişilebilirlik) değerlerinin bütüncül değerlendirilebilmesi ve mahallelerin erişilebilirliklerinin birbiriyle kıyaslanabilmesi için geliştirilen model uygulanmıştır. Model uygulanırken, erişilebilirlik verilerinin önem düzeyine göre ağırlıklı puanlandırması yapılarak (Tablo 2) mahalle erişilebilirlik puanı elde edilmiştir. Mahalle erişilebilirlik puanlarının eşit aralıklar kullanılarak sınıflandırılması sonucunda elde edilen yaşlı dostu mahalle haritası, mahalle özelinde yaşlıların parklara erişilebilirlik puanı ve yaşlı nüfusu Şekil 5 ve Şekil 6'da verilmiştir.



Şekil 5. Yaşlı nüfusuna göre parklara erişilebilirliğin mekânsal dağılımı.
Figure 5. Spatial distribution of accessibility to parks by elderly population.



Şekil 6. Yaşlı dostu mahalle haritası, mahalle özelinde yaşlıların parklara erişilebilirlik puanı ve yaşlı nüfusu.
Figure 6. Age-friendly neighborhood map, accessibility score of elderly people to parks and elderly population specific to the neighborhood.

Çalışma kapsamında oluşturulan modelin uygulanması sonucunda, Bolu kent merkezinde erişimi iyi düzeyde olan 20 mahallenin yaşlı dostu mahalle olduğu, 10 mahallenin erişiminin orta ve 13 mahallenin erişiminin zayıf düzeyde olması nedeniyle 23 mahallenin yaşlı dostu mahalle olmadığı tespit edilmiştir.

Kentin tarihi çekirdeğini oluşturan mahallelerden biri olan Akpınar Mahallesi, kentteki en yüksek erişim puanına (99,4) sahiptir. Kasaplar Mahallesi, kentteki en düşük erişim puanına (1,0) sahiptir. Mahalle içerisinde erişilebilirliği en düşük olan mahalleler sırasıyla; Kasaplar (1,0), Çivril (2,8), Küçükberk (6,3), Karaköy (8,3), Kuruçay (12,4), Karaağaç (13,4), Seyit (17,8), Ovadüzü (21,7), Yukaısoku (21,7), Çakmaklar (24,7), Sarıcalar (26,7) ve Salıbeyler (27,1)'dir. En küçük yerleşim büyüklüğüne sahip olan Büyükcami Mahallesi (8 ha), kentteki iyi erişime sahip (87,6) mahallelerden biridir. En büyük yerleşim büyüklüğüne sahip olan Karaköy Mahallesi (748 ha) kentteki zayıf erişime sahip (8,3) mahallelerden biridir. İçerisinde en fazla park yer alan Sağlık Mahallesi (16 park), kentteki en fazla yaşlı nüfusun yaşadığı mahalle olmakla birlikte iyi erişim puanına (84,5) sahip mahallelerden biri olmuştur.

TARTIŞMA VE SONUÇ

Bolu kent merkezinde, Network analizini sonucunda mahalle erişilebilirliklerinin farklı çıkmasında, mahallelerdeki parkların homojen dağılmaması ve yol ağının farklılık göstermesi etkili olmuştur. Bu farklılık sonucunda kentin %35,42'sinde yaşlılar bireysel olarak parklara erişebilirken, %17,24'ünde refakatçi yardımı ile parklara erişebilmektedir.

İncelenen örneklerde Mueller (2017)'in Salzburg şehrindeki çalışmasında, yaşlı nüfusunun %48'inin yürüyerek yeşil alana ulaşabildiği, %35'lik yaşlı kesimin tekerlekli sandalye ile ulaşabildiği, %17 yaşlı nüfusunun da araç ile ulaşım sağladığı belirtilmiştir. Mueller (2017) yaşlıların parklara erişilebilirliklerindeki farklılığı dört bölgeye ayırarak yapmış olduğu çalışmasında, bir bölgede düşük nüfus yoğunluğu ve daha yüksek derecede yeşil alan erişim imkânı olması ve kent içerisindeki parkların homojen dağılım göstermemesi ile açıklamıştır. Yine Salzburg'da Artmann vd. (2019)'nin yaptıkları çalışmada, yaşlıların büyük bir kısmının 20-30 dakika yürüme ile yeşil alana ulaşabildiği ve kentte yaşlıların parklara erişiminde 57 saniye ile 4 dakika arasında ulaşılabilirlik farkı yaşandığı belirtilmiştir. Bu farklılık yol ağı ve arazi eğiminin farklı olması ile açıklanmıştır. Bir diğer çalışmada ise Hong-Kong kentinin Kowloon semtinde yeşil alanlara erişim için belirlenen 300-500 m mesafe kapsamında yapılan çalışmada, Kowloon semtinin %10-%30 aralığında parklara erişilebilir özelliğe sahip bir yerleşim yeri olduğu belirtilmiştir.

Bu araştırmada kullanılan Network analizi sonucunda ise üç farklı erişilebilirlik ölçüt (zayıf, orta ve iyi düzeydeki erişilebilirlik) değerlerinin bütüncül değerlendirilebilmesi ve mahallelerin erişilebilirliklerinin birbiriyle kıyaslanabilmesi için geliştirilen model sonucunda, kentin çekirdeğini oluşturan mahallelerden biri olan Akpınar Mahallesinin 99,4 puanla en erişilebilir yaşlı dostu mahalle olduğu tespit edilmiştir. Bu durumun Akpınar mahallesinin çevresinde yer alan mahallelerdeki

parkların Akpınar Mahalle sınırına yakın olması, mahalle yerleşim alanının küçük olması ve mahalle ulaşım ağının iyi olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Kasaplar Mahallesi ise, içerisinde park bulunmayan ancak komşu mahalle parklarına zayıf erişimi olan bir mahalle olduğu için kentteki en düşük erişim puanına (1,0) sahip mahalle olarak tespit edilmiştir. En küçük yerleşim büyüklüğüne sahip olan Büyükcami Mahallesi (8 ha) içerisinde 1 adet park bulunmasına rağmen mahalle alanının küçük olması nedeniyle kentteki iyi erişime sahip (87,6) yaşlı dostu mahallelerden biri olarak tespit edilmiştir. Büyükcami Mahallesi iyi bir erişime sahip olmasına karşın, ticaret merkezi olması sebebiyle mahallede konut amaçlı kullanım genellikle bulunmamakta ve yaşlı nüfus tarafından yerleşim alanı olarak pek tercih edilmemektedir. En büyük yerleşim büyüklüğüne sahip olan Karaköy Mahallesi (748 ha) içerisinde 3 adet park bulunmasına rağmen mahalle içerisinde yerleşim yerinin az olması nedeniyle kentteki zayıf erişime sahip (8,3) mahallelerden biri olduğu tespit edilmiştir. Karaköy mahallesinin küçük bir kısmında yerleşim alanı ve üniversite kampüsü bulunurken, geri kalanı tarım ve orman alanlarından oluşmaktadır. İçerisinde en fazla park yer alan Sağlık Mahallesi (16 park), kentteki en fazla yaşlı nüfusun yaşadığı mahalle olmakla birlikte iyi erişim puanına (84,5) sahip yaşlı dostu mahallelerden biri olarak tespit edilmiştir. Oluşturulan modelde mahalle puanlarının farklı çıkmasında, mahallelerin büyüklükleri, içerisindeki ve çeperindeki erişilebilir mesafede yer alan park sayıları ve mahalle büyüklüklerinin farklılık göstermesi etkili olmuştur.

Kentin oluşturulan modele göre bütüncül değerlendirilmesi sonucunda, yaşlılar için parklara erişimi iyi düzeyde olan 20 mahallenin yaşlı dostu mahalle olduğu, 10 mahallenin erişiminin orta düzeyde ve 13 mahallenin erişiminin zayıf düzeyde olması nedeniyle 23 mahallenin yaşlı dostu mahalle olmadığı sonucuna varılmıştır. Bunun temel sebebi kent merkezini oluşturan mahallelerin toplam alan büyüklüğünün planlanmış mahallelere nazaran düşük olması ve kentin etaplar halinde genişlemesi sonucu park alanları ve sayılarının sınırlı olmasıdır. Kentin tarihi çekirdeğini oluşturan mahalleler hem toplam mahalle alanı olarak hem de park sayısı olarak düşük olmasına karşın, bu mahallelerin sınıra yakın komşu mahallerde bulunan park alanları sebebiyle erişim puanları yüksektir. 1955'te onaylanan ilk imar planı sonrası gelişen Borazanlar, Beşkavaklar, Kılıçarslan, Sağlık ve Kültür Mahalleleri planlı yerleşim alanları olmaları sebebi ile gerek park alanları açısından gerekse de park erişilebilirliği açısından avantajlı mahallelerdir. Bu mahallelerdeki yaşlı nüfus yoğunluğu diğer mahallelerden daha yüksektir. Kentin kuzeybatısında gelişen Yaşamkent ve Umutkent Mahallelerinin de park alanı büyüklüğü ile yaşlı nüfus doğru orantılı bir şekilde birbirini etkilemekte ve her iki mahallenin de erişim puanı iyi düzeydedir. Kent genelinde planlanmış mahalleler hem park alanı büyüklüğü hem de hizmet erişilebilirliğinin iyi olması nedeniyle yaşlı dostu mahalleler olmaktadır.

Sonuç olarak yaşlı bireylerin gündelik yaşamında sağlıklı ve güvenli bir şekilde hareket edebilmeleri için yeşil alan erişilebilirliği yüksek, katılımcı ortamda sosyalleşmeyi artıran mekânsal çözümlere ihtiyaç vardır. Bolu kentinin kentsel yeşil alanlara erişilebilirlik açısından yaşlı dostu kent olabilmesi için; kentte erişilebilirliğin düşük olduğu mahallelerde yeni parkların yapılması, yeni parkların konumlandırılmasının kullanıcıların parklara erişmek için kullanacağı yol ağı dikkate alınarak planlanması gerekmektedir. Ayrıca, mekânsal yasal dayanaklar geliştirilmeli ve bunlar politik normlar ile uygulamaya aktarılmalıdır. Çalışmada kullanılan model, Bolu'da yaşlı erişilebilirliği konusunda üç farklı erişilebilirlik ölçütü üzerinden yapılan bir dizi hesaplamaların tek bir sonuca indirgenmesine olanak sağlamakta, mahalle ölçeğinde yeşil alan erişilebilirliğinin önem düzeylerini dikkate almaktadır. Çalışmada geliştirilen modelin, farklı konudaki araştırmacılar ve yerel yönetimler için yaşlı dostu kentte yeşil alan varlığı ve erişilebilirliği açısından örnek bir model teşkil etmesi beklenmektedir.

KAYNAKLAR

Aldas, D., Reyes, J., Morales, L., Pazmiño, P., Núñez, J. & Toaza, B. (2018). *Impacts Analysis towards a Sustainable Urban Public Transport System*. In *ICORES*, 38-46.

Amaya, V., Moulaert, T., Gwiazdzinski, L. & Vuillerme, N. (2022). Assessing and qualifying neighborhood walkability for older adults: construction and initial testing of a multivariate spatial accessibility model. *International journal of environmental research and public health*, ***19***(3), 1808.

Annerstedt van den Bosch, M., Mudu, P., Uscila, V., Barrdahl, M., Kulinkina, A., Staatsen, B. & Egorov, A.I. (2016). Development of an urban green space indicator and the public health rationale. *Scandinavian journal of public health*, ***44***(2), 159-167.

Apparicio, P., Abdelmajid, M., Riva, M. & Shearmur, R. (2008). Comparing alternative approaches to measuring the geographical accessibility of urban health services: Distance types and aggregation-error issues. *International journal of health geographics*, ***7***(1), 1-14.

Arslan, M. ve Ekren, E. (2017). Yaşlı Kişilerin Sağlığı ve Etkinlikleri için Terapi Bahçeleri. *Ahi Evran Üniversitesi Sosyal Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 3(2), 361-373

Artmann, M., Kohler, M., Meinel, G., Gan, J. & Ioja, I. C. (2019). How smart growth and green infrastructure can mutually support each other-A conceptual framework for compact and green cities. *Ecological Indicators*, ***96***, 10-22.fmich

Azzopardi, J. (2018). *Effect of distance measures and feature representations on distance-based accessibility measures*. Master Thesis in Geographical Information Science.

Bilgili B. C., Gökyer E., Özyavuz M., Çorbacı, Ö.L., (2018). Peyzaj tasarımında coğrafi bilgi sistemleri kullanımının değerlendirilmesi: Çankırı Karatekin Üniversite yerleşkesi örneği. *Düzce Üniversitesi Ormancılık Dergisi, **14***, 1-17.

Bolu Belediyesi.(2021). Bolu Kenti 1/25000 Nazım İmar Planı ve Park Alanları, (Erişim tarihi: 22.05.2021).

Boone, C., Geoffrey B., Morgan G. & Chona S. (2009). Parks and People: An Environmental Justice Inquiry in Baltimore, Maryland. *Annals of the Association of American Geographers*, ***99***, (4), 767-787.

Bostancı, S. (2021). "Yerel Gündem 21'den Yerel Gündem 2030'a Geçiş Ne Tür Yenilikler Getiriyor?" What kind of innovations brings from Local Agenda 21 to 2030? *Journal of Emerging Economies and Policy*, ***6***(1), 114-123.

Caner, Ö.C., Gözün, G., Hilwah, A., Gökçek, M., Arslan, D. & Basan, N.M. (2013). *Yaşlı dostu şehirler: Kavramsal çerçeve ve örneklerle değerlendirmeler*. Güneş Tıp Kitabevleri, Ankara.

Comber, A., Chris B. & Edmunf, G. (2008). Using a GIS-based network analysis to determine urban greenspace accessibility for different ethnic and religious groups. *Landscape and Urban Planning*, ***86***, 103-114.

Cook, E. (2005). SLIDES: The Trust for Public Land: Conserving Land for People.

Cutts, B.B., Darby, K.J., Boone, C.G. & Brewis, A. (2009). City structure, obesity, and environmental justice: An integrated analysis of physical and social barriers to walkable streets and park access. *Social science & medicine*, ***69***(9), 1314-1322.

Du, M. & Zhang, X. (2020). Urban Greening: A new paradox of economic or social sustainability? *Land Use Policy*, ***92***, 104487.

Dursun, D. & Güller, C. (2019). Çocuk ve Kentsel Mekan İlişkisi: Erzurum'da Çocuk Oyun Alanlarının Erişilebilirlik ve Alansal Yeterlilik Analizi. *Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergis*i, ***10***(1), 11-27.

Forsyth, T. (2004). *Critical political ecology: the politics of environmental science*. Routledge.

Giles-Corti, B., Broomhall, M.H., Knuiman, M., Collins, C., Douglas, K., Ng, K. & Donovan, R.J. (2005). Increasing walking: How important is distance to, attractiveness, and size of public open space? *American Journal of Preventive Medicine*, ***28***(2), 169-176.

Gong, F., Zheng, Z. C. & Ng, E. (2016). Modeling elders accessibility to urban green space in high density cities: A case study of Hong Kong. *Procedia Environmental Sciences*, ***36***, 90-97.

Grahn, P. ve Stigsdotter, U. A. (2003). Landscape planning and stress. *Urban Forestry & Urban Greening*, ***2***(1), 1-18.

Handley, J., Paulеıt, S., Slinn,P., Barber, A. & Jones, C. (2003). "Providing Accessible Natural Greenspace in Towns and Cities: A Practical Guıde to Assessing the Resource and İmplementing Local Standarts for Provision. http://www.english nature.org.uk/pubs/publication/pdf/Accessgreenspace.pdf

Higgs, G., Fry, R. & Langford, M. (2012). Investigating the implications of using alternative GIS-based techniques to measure accessibility to green space. *Environment and Planning B: Planning and Design*, ***39***(2), 326-343.

İçli, G. (2017). Yavaşlayan Kentler ve Yaşlılar. *Yaşlı Sorunları Araştırma Dergisi*, ***10***(2), 67-75.

Karakaş, N., Deniz, S., Bentli, R. & Erten, B. (2023). Quality of life and associated factors among oldest-old in Turkey. *Activities, Adaptation & Aging*, ***47***(4), 446-460.

Koppen, G., Sang, Å.O. & Tveit, M.S. (2014). Managing the potential for outdoor recreation: Adequate mapping and measuring of accessibility to urban recreational landscapes. *Urban forestry & Urban greening*, ***13***(1), 71-83.

Kordon, S. &Miller, P. (2023). People's Reasıns not to Participate in Communıty Gardens in Disadvantaged Neıghborhoos of Roanoke, Vırgınıa.Artgrıd- Journal of Architecture Engineering and Fine Arts, ***5***(2), 110-125.

La Rosa, D. (2014). Accessibility to greenspaces: GIS based indicators for sustainable planning in a dense urban context. *Ecological Indicators*, ***42***, 122-134.

Lindsey, G., Maraj, M., & Kuan, S. (2001). Access, equity, and urban greenways: An exploratory

investigation. *The Professional Geographer*, ***53***(3), 332-346.

Mueller, C., Beyel, S. & Klein, U. (2017). Barrier-free accessibility of facilities of the local general interest and space attractiveness for seniors. GIS-based demographic impact analysis and cartographic representations to gain insight. *Kartogr*, ***67***, 202-209.

Neuvonen, M., Sievänen, T., Tönnes, S. & Koskela, T. (2007). Access to green areas and the frequency of visits–A case study in Helsinki. *Urban Forestry & Urban Greening*, ***6***(4), 235-247.

Nicholls, S. (2001). Measuring the accessibility and equity of public parks: A case study using GIS. *Managing leisure*, ***6***(4), 201-219.

Nielsen, T.S. & Hansen, K.B. (2007). Do green areas affect health? Results from a Danish survey on the use of green areas and health indicators. *Health & place*, *13*(4), 839-850.

Norwegian Institute of Public Health. (2009). Miljø og helse - en forskningsbasert kunnskapsbase (Environmentand Health - A Research-based Knowledge Base).

Pan, H., Liu, Y. & Chen, Y. (2021). The health effect of perceived built environment on depression of elders people in rural China: Moderation by income. *Health & Social Care in the Community*, ***29***(1), 185-193.

Resmi Gazete. (2014). Mekansal Planlar Yapım Yönetmeliği, Erişim adresi: https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2014/06/20140614-2.htm (Erişim tarihi:22.08.2024)

So, S.W. (2016). *Urban green space accessibility and environmental justice: A gis-based analysis in the city of Phoenix*. Doctoral Dissertation, Arizona University of Southern California.

Tuğluer, M. & Ekren, E. (2022). Kentsel açık yeşil alanların engelliler için evrensel standartlar kılavuzu kapsamında değerlendirilmesi: Kahramanmaraş Engelliler Sevgi Parkı Örneği, *Turkısh Journal of Forest Science,* ***6***(2), 588-603.

TÜİK. (2023). Dünyadaki Yaşlı Nüfusu, Erişim adresi: https://data.tuik.gov.tr/Bulten/Index?p=Istatistiklerle-Yaslilar-2022-49667#:~:text=Birle%C5%9Fmi%C5%9F%20Milletler%20d%C3%BCnya%20n%C3%BCfus%20tahminlerine,8'ini%20ya%C5%9Fl%C4%B1%20n%C3%BCfus%20olu%C5%9Fturdu. (Erişim tarihi: 25.09.2024).

TÜİK. (2024). Türkiye'deki Yaşlı Nüfusu, Erişim Adresi: https://data.tuik.gov.tr/Bulten/Index?p=Istatistiklerle-Yaslilar-2023-53710#:~:text=T%C3%9C%C4%B0K%20Kurumsal&text=Ya%C5%9Fl%C4%B1%20n%C3%BCfus%20olarak%20kabul%20edilen,10%2C2'ye%20y%C3%BCkseldi. (Erişim tarihi: 21.08.2024)

TÜİK. (2021). Türkiye İstatistik Kurumu Bolu İli Demografik verileri. (Erişim tarihi: 22.05.2021)

URL 1: https://www.cumhuriyet.com.tr/amp/turkiye/bolu-en-mutlu-2nci-il-oldu-1977088 (Erişim tarihi: 21.08.2024)

Ünal, M., Uslu, C. & Cilek, A. (2016). GIS-based accessibility analysis for neighbourhood parks: the case of Cukurova district. *Journal of Digital Landscape Architecture*, ***1***, 46-56.

WHO. (2010). Parma declaration on environment and health. *In: Fifth Ministerial Conference on Environment and Health, Parma, Italy, 10-12 March 2010*. Copenhagen.

WHO. (2015). *Measuring the agefriendliness of cities: a guide to using core indicators*. WHO, Geneva

Wolch, J., Wilson, J.P. & Fehrenbach, J. (2005). Parks and park funding in Los Angeles: An equity-mapping analysis. *Urban geography*, ***26***(1), 4-35.

Wu, Y.T., Prina, A.M., Jones, A., Matthews, F.E., Brayne, C. & Cfas, M. (2015). Older people, the natural environment and common mental disorders: cross-sectional results from the Cognitive Function and Ageing Study. *BMJ open*, ***5***(9), Article e007936.

Yenice, M.S. (2012). Kentsel yeşil alanlar için mekânsal yeterlilik ve erişebilirlik analizi; Burdur örneği, Türkiye. *Turkish Journal of Forestry*, ***13***(1), 41-47.

Journal of Anatolian Environmental and Animal Sciences
(*Anadolu Çevre ve Hayvancılık Bilimleri Dergisi*)
DOI: https://doi.org/10.35229/jaes.1570185

JAES
Year: 9, No: 4, 2024 (641-647)
AÇEH
Yıl: 9, Sayı: 4, 2024 (641-647)

ARAŞTIRMA MAKALESİ **RESEARCH PAPER**

The Effects of Propolis on the Developmental Stages and Biochemıcal Composıtion of *Musca Domestica* Linnaeus, 1758 (Diptera: Muscidae)

Melisa SAMUR[1]* **Meltem KÖKDENER[1,2]**
[1]*Ondokuz Mayıs University, Institute of Science, Department of Forensic Science, Samsun, Türkiye*
[2]*Ondokuz Mayıs University, Health Science Faculty, Samsun, Türkiye*

Received: *19.10.2024* ***Accepted:*** *03.12.2024* ***Published:*** *31.12.2024*

How to cite: **Samur, M. & Kökdener, M. (2024).** The Effects of Propolis on the Developmental Stages and Biochemıcal Composıtion of Musca Domestica Linnaeus, 1758 (Diptera: Muscidae). *J. Anatolian Env. and Anim. Sciences*, **9**(4), 641-647. https://doi.org/10.35229/jaes.1570185

Atıf yapmak için: **Samur, M. & Kökdener, M. (2024).** Propolisin *Musca domestica* Lınnaeus, 1758 (Dıptera: Muscıdae)'nın Gelişim Evreleri ve Biyokimyasal Kompozisyonu Üzerine Etkileri. *Anadolu Çev. ve Hay. Dergisi*, **9**(4), 641-647. https://doi.org/10.35229/jaes.1570185

*: https://orcid.org/0009-0002-7797-4973
: https://orcid.org/0000-0002-0107-3274

***Corresponding author's:**
Melisa SAMUR
Ondokuz Mayıs University, Institute of Science, Department of Forensic Science, Samsun, Türkiye
✉: melisasamur2000@gmail.com

Abstract: The housefly (*Musca domestica L.)* is well known as a global pest of animals and humans. The houseflies contain high purity chitin and protein and these widely used in industry and medicine. Their larvae have the ability to produce animal protein through the biodegradation of organic waste. House flies provide an alternative for recycling nutrients while also generating multiple income streams, so their large-scale production is important. This study investigates the impacts of four different propolis on some life history traits and protein, carbohydrate, and lipid content of *M. domestica.*

Groups of 30 newly hatched *M. domestica* larvae were transferred to a polyethylene cup filled diet with different concentration of propolis and kept at 25.6 ± 0.8°C, 62% RH and a photoperiod of 12:12 (L:D). One-way ANOVA was used to compare life history and biochemical parameters. The results showed that increasing concentrations of propolis reduced larval length and weight. We observed a decrease in the number of pupae and adults but noted a significant increase in pupal weight. Propolis diets did not affect the larval development time compared to the control, but they did shorten the pupal development time. In presentt study, increasing propolis concentrations increased carbohydrate content and decreased lipid amount of *M. domestica* larvae compared to the control

Keywords: Biochemical composition, developmental stages, *Musca domestica*, propolis.

Propolisin *Musca domestica* Lınnaeus, 1758 (Dıptera: Muscıdae)'nın Gelişim Evreleri ve Biyokimyasal Kompozisyonu Üzerine Etkileri

***Sorumlu yazar:**
Melisa SAMUR
Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Adli Bilimler Anabilim Dalı, Samsun, Türkiye
✉: melisasamur2000@gmail.com

Öz: Ev sineği (*Musca domestica L.*), hayvanlar ve insanlar için küresel bir zararlı olarak bilinir. Ev sinekleri, yüksek saflıkta kitin ve protein içerir ve bu maddeler endüstri ve tıp alanında yaygın olarak kullanılmaktadır. Larvaları, organik atıkların biyolojik bozunumu yoluyla hayvansal protein üretme yeteneğine sahiptir. Ev sinekleri, besinlerin geri dönüşümü için bir alternatif sunarken aynı zamanda birden fazla gelir kaynağı oluşturarak ekonomik katkı sağlar. Bu nedenle, büyük ölçekli üretimleri önemlidir. Bu çalışma, dört farklı propolisin bazı yaşam öyküsü özellikleri ile *M. domestica*'nın protein, karbonhidrat ve lipid içeriği üzerindeki etkilerini incelemektedir.

Yeni çıkan 30 adet *M. domestica* larvası, farklı konsantrasyonlarda propolis içeren bir diyet ile doldurulmuş polietilen kaplara aktarılmış ve 25,6 ± 0,8°C, %62 bağıl nem ve 12:12 (L:D) fotoperiyot koşullarında tutulmuştur. Yaşam öyküsü ve biyokimyasal parametrelerin karşılaştırılması için tek yönlü ANOVA kullanılmıştır. Sonuçlar, artan propolis konsantrasyonlarının larva uzunluğu ve ağırlığını azalttığını göstermiştir. Pupa ve yetişkin sayısında bir azalma gözlemlenirken, pupa ağırlığında anlamlı bir artış kaydedilmiştir. Propolis diyetleri, kontrol grubuna kıyasla larval gelişim süresini etkilememiş ancak pupal gelişim süresini kısaltmıştır. Bu çalışmada, artan propolis konsantrasyonlarının larvaların karbonhidrat içeriğini artırdığı, lipid miktarını ise azalttığı tespit edilmiştir.

Anahtar kelimeler: Biyokimyasal kompozisyon, *Musca domestica*, gelişim evreleri, propolis.

INTRODUCTION

Honeybees collect propolis, is a natural resin collected from plant exudates and used to protect and sterilize the hive. (Hepşen et al., 1996; Geçkil et al., 2005) It acts as a protective barrier against bacteria, fungi, and other harmful agents within the hive. (Garedew et al., 2002; Simone-Finstrom et al., 2017)

The color of propolis ranges from yellow to dark brown, and it is water-insoluble with a semi-solid, sticky consistency. (Almeida and Menezes, 2002; Gulhan, 2009) Propolis contains more than 300 identified compounds, including polyphenols, alcohols, acids, terpenoids, steroids, sugars, and amino acids. (Marruci, 1995; Hepşen et al., 1996). The pharmaceutical, cosmetic, and food industries widely use propolis due to its rich composition (Ghisalberti, 1979; Marruci, 1995; Gekkeret al., 2005; Nirala ve Bhadauria, 2008; Sforcin, 2016; Touzani et al., 2021)

Additionally, the properties of propolis are noteworthy in applications such as increasing biomass in insects. The nutrients and natural components found in propolis can positively affect insect development and growth performance. Therefore, propolis has potential for enhancing efficiency in insect farming, particularly in biomass production. These properties make propolis valuable not only in health applications but also for improving insect growth performance, providing it with a broad range of uses (İtavo et al., 2011; Kinasihet al., 2018; Bakaakiet al., 2023). Propolis has immune stimulating effects and improves the productivity and growth performance of poultry (Zafarnejad et al., 2017; Denli et al., 2005; Subha et al., 2010). In the meantime, propolis increases growth in poultry due to its potential to regulate gastrointestinal microbiota (Kacaniova, *et al*., 2012).

The housefly (*Musca domestica*) and its relatives are medium to small-sized dipterans commonly found in various aquatic and terrestrial habitats, excluding arid environments. (Skidmore, 1985) These insects can carry pathogens and harmful substances, particularly around garbage, dung, livestock farms, and humans, posing potential health and hygiene risks. (Scott et al., 2009; Greenberg, 2019) However, the contribution of *M. domestica* to the organic decomposition cycle, its role in supporting waste recycling, and its enhancement of soil fertility are important aspects. (Hwangbo, 2009; Zhang et al., 2012)

The protein-rich nutritional content of *M. domestica* larvae often leads to their use as animal feed. With their high protein content and rapid development capabilities, these larvae serve as an effective and economical food source for poultry, fish, and other animals. The use of these larvae in animal feed also plays a significant role in food safety and sustainable agriculture. (Hwangbo, 2009; Zhang et al., 2012)

Improving the growth performance of *Musca domestica* offers significant economic and environmental benefits. Faster and more efficient larval growth results in higher biomass production and, consequently, a greater protein source. Additionally, this performance enhancement allows for more effective production processes at both laboratory and industrial scales. Researchers are exploring the use of natural additives like propolisto bolster this performance enhancement and improve the health of larvae.

Natural additives can promote sustainable production by reducing environmental impacts and improving the overall developmental quality of the larvae. This supports the more effective use of *M. domestica* in animal feed production. (Kovtunova et al., 2018; Geden et al., 2021; Ganda et al., 2022)

The aim of this research is to determine the effects of propolis on the developmental stages of *M. domestica* and the biochemical components (protein, carbohydrate, lipid) in larvae. The study seeks to investigate how different doses of propolis affect the developmental duration, weight, and size of *M. domestica* larvae. Additionally, the research aims to evaluate the impact of propolis on the biochemical components of the larvae to understand their role in development and health. The potential of propolis to enhance the growth performance of *Musca domestica* larvae and its effects on efficiency will also be explored. The findings of the research will reveal the effects of propolis on *Musca domestica* and contribute to the applications of this knowledge in ecological studies.

MATERIAL AND METHOD

Examination of the Developmental Cycle

This study was conducted between and February June 2024 at the Animal Physiology Laboratory of, Ondokuz Mayıs University, Samsun. This study was designed to investigate the effects of different propolis concentrations on the larval and adult traits of *M. domestica*.

Establishment of Musca domestica Colony: Adult houseflies were captured from a dairy farm on the campus of the Ondokuz Mayıs University, Samsun, using aerial insect nets, between May and September 2019, and transported to the laboratory. The flies were maintained in cages (50x40x50 cm) at 62% relative humidity (RH), 25.6 ± 0.8 °C and a photoperiod of 12:12 (L:D) h light cycle (modified from Kökdener, 2021).

Males and females were held together in the same cages. Sugar cubes and water were supplied ad libitum (Hogsette and Farkas 2002). In our experiments, we

utulized flies from the same generation of the colony in all replicates to minimize the genetic variability among the samples. Five days after adult emergence, a plastic cup containing a wheat bran diet was placed in the adult cage supplied as an oviposition substrate for 24 hours. Larvae that hatched from the eggs were transferred to glass jars containing with the wheat bran diet and reared them. Larvae were reared on wheat bran diet in glass jars covered with tulle, tightly held by rubber bands, following the previously described

Experimental Design: Propolis was dissolved in 1 ml of 70% ethanol to create a 1 g/ml propolis stock solution. From the prepared solution, different volumes (40 µl, 80 µl, 120 µl, and 160 µl) were taken and mixed with 30 g of wheat bran to prepare food containing four concentration of propolis. The diet were prepared by mixing the wheat bran and milk (wt/wt) to achieve moisture levels of 60% in the substrate. Cow milk was supplied from the market. Then the diets was prepared by mixing different concentration of propolis and placed in a 400 ml polypropylene clear plastic cups. Only 30 first-instar maggots were added to each of the treated and control diets. The wheat bran diet, without propolis (untreated), served as the control treatment. The tulle cover over the neck of the jar was secured with a rubber band to prevent the larvae from escaping the rearing jar. Five replicate jars were set up for each experimental treatment. A total of 25 tests (20 for different concentrations of propolis, and control) with 750 larvae total were performed larvae of *M. domestica* were used.

Effects of Different Doses of Propolis on the Developmental Cycle of M. domestica: The parameters measured were larval length, number of adults and pupae adult, pupal, and larval weight, and development time. Two larvae were sampled from each cup were recorded at regular intervals of 12 h. Larval weights were measured using a microbalance and larval lengths were measured using a ruler. The duration of each stage was decided by observing the larval stage duration from the first between the and observation of a stadium to the last observation. Larval counts were recorded daily until pupariation and dead larvae were removed. Larval development time was calculated as the duration of the development from the first instar (i.e., egg hatching) until pupariation and the duration of each stage was the time between the first and last observations of the particular stage. Pupariae were monitored every 12 hr until adult emergence. Pupariae and adult weights were recorded. Pupal development time was calculated as the duration of development from the time of pupation to the emergence of the adult. Gender of the surviving adults was recorded for each treatments.

Statistical Analysis: All analyses were used IBM SPSS Statistics 20 software programme. Normality analyses was determined by the Shapiro–Wilk test. Aone way ANOVA was used to analyze the data on the percentage of pupal and larval, development time, pupal and larval survival. In the event of a significant F-test ($P<0.05$), the Tukey's HSD test was used to compare means.

Analysis of Protein, Carbohydrate, and Lipid Levels

Preparation of Diets Containing Different Concentrations of Propolis for Biochemical Analysis and Acquisition of Larvae: In our study, to determine how propolis in different amounts affects the consumption amounts, larval weights, larval protein lipid and carbohydrate amounts, and development time of *Musca domestica* larvae. This study used propolis at four concentrations (explained above). Different concentrations of propolis solutions (40 µl, 80 µl, 120 µl, and 160 µl/g) homogenized the wheat bran diets. We mixed a wheat bran diet with milk as the control treatment

Two diets were prepared for each propolis concentration. Jars were maintained at same the laboratory conditions and monitored every 12 h until the third instar. When the larvae reached the third instar, 15 larvae were collected from the diets for protein analysis, and 15 larvae were collected for carbohydrate and lipid analyses. The larvae were numbered and stored at -20°C until the analysis were conducted.

Protein Analysis: Protein contents were determined through the Yılmaz and Akman Gündüz (2021) method. Larvae were homogenized in K2HPO4 (500 µl).

The homogenate was then diluted with the buffer solution (1000 µl) and centrifuged at 3500 rpm and +4°C for 15 minutes. After centrifugation, this supernatant, was diluted with 900 µl buffer. 100 µl of the solution was added 2500 µl of Solution A (CuSO4) and 900 µl of water. This mixture was left to stand for 10 minutes. Subsequently, 250 µl of Solution B (Folin-Ciocalteu) was added, and the mixture was left to stand for 45 minutes. The prepared mixture was then vortexed, and the absorbance was read at 695 nm against a blank (the blank was 1000 µl of distilled water).

Carbohydrate and Lipid Analysis: Carbohydrate and lipid contents were determined through the Yılmaz and Akman Gündüz (2021). The larvae were homogenized the larvae were homogenized (100 µl) then 900 µl of the chloroform-methanol (1:2) mixture was added and mixed. The mixture was then centrifuged at 14,000 rpm for 2 minutes. After centrifugation, 100 µl of the supernatant was taken and transferred to a new tube, and 900 µl of the chloroform-methanol (1:2) mixture was added. Then 100 µl of solution was used for carbohydrate and lipid analysis. For carbohydrate analysis, 100 µl of the sample is reduced to approximately 50 µl in a 90 °C water bath. Afterward,

950 µl of anthrone reagent was added and placed back into the water bath at 90 ºC for 15 minutes. After cooling on ice, we measured the absorbance at 695 nm in comparison to a blank.

For lipid analysis, 100 µl of the solution was heated in a water bath at 90 ºC until it completely evaporated. 40 µl of concentrated sulfuric acid was added, and then incubated in the water bath at 90 ºC for 2 minutes. The solutions were removed from the water bath, cooled on ice, and 960 µl of vanillin-phosphoric acid reagent was added. These suspensions were left at room temperature for 30 minutes. The absorbance of the sample was read at 525 nm wavelength.

***Statistical Analysis**:* The effect of propolis on the protein, carbohydrate, and lipid content of *M. domestica* larvae was evaluated using one-way analysis of variance (ANOVA). All statistical data analyses were carried out with the software package SPSS (version 21). The significance between control and treatments group was compared using the Student-Newman-Keuls (SNK) test at a 5% level.

RESULTS

Larval and Pupal Development Duration: Mean larval and pupal development times are shown in Table 1. Larval development time was not significantly different among concentrations (F=0.670; p<0.616). Pupal development time differed significantly among concentrations (F=21785.439; p<0.000) (Table 1).

While the larval development time was similar at four concentrations of propolis. The pupal development time taken to complete the development of the control group is longer than the treated group.

Table 1. Larval and pupal development time of *musca domestica* on diets containing propolis.

Concentration	Larval Duration (days) (Mean±SD)	Pupal Duration (days) (Mean±SD)
1	4.00±0.005a	5.61±0.003a
2	4.44±0.002a	5.05±0.005a
3	4.37±0,003a	4.54±0.003b
4	4.21±0.004a	4.09±0.003b
Control	4.81±0.009a	5.73±0.004a
	P<0.616	**P<0.000**

Concentration 1 (40 µl/30g), concentration 2 (80 µl/30g), concentration 3 (120 µl/30g), concentration 4 (160 µl/30g). Means within the same column followed by different letters are significantly different according to the Tukey test at a 5% significance level (P<0.05).

Larval Length and Weight: The mean larval weights and lengths sampled from different concentrations of the propolis are shown in Table 2. The mean larval weights and lengths significantly differed among treatments on days 1 (Larval Length: F=2.640; P<0.046, Larval Weight: F=3.118; P<0.024) and 2 (Larval Length: F=10.269; P<0.000, Larval Weight: F=13.598; P<0.000). Propolis affected larval growth in length and weight in a dose dependent manner on day 1 and 2.

Larval length and weight were not significantly different among treatments on day 3 (Larval Length: F=1.337; P<0.271, Larval Weight: F=0.580; P<0.724) and 4 (Larval Length: F=2.397; P<0.064, Larval Weight: F=1.638; P<0.181).

Table 2. Mean larval length and larval weight of musca domestica exposed to different propolis concentrations at different days of experimental set up

Concentratior	Larval Length (mm)/ Larval Weight (g)	Day 1 (Mean±SD)	Day 2 (Mean±SD)	Day 3 (Mean±SD)	Day 4 (Mean±SD)
1	LL	4.62±0.35ab	9.97±0.55bc	11.82±0.30a	12.56±0.18ab
	LW	0.0017±0.0004ab	0.0135±0.0015b	0.0230±0.0006a	0.0267±0.0006a
2	LL	4.32±0.35ab	9.63±0.24b	11.79±0.46a	12.50±0.17ab
	LW	0.0016±0.0002ab	0.0090±0.0013ab	0.0222±0.0009a	0.0251±0.0010a
3	LL	4.31±0.25ab	8.56±0.51ab	11.62±0.22a	12.35±0.12ab
	LW	0.0013±0.0002ab	0.0089±0.0012ab	0.0214±0.0020a	0.0250±0.0005a
4	LL	4.09±0.38a	7.60±0.67a	11.53±0.17a	12.20±0.18a
	LW	0.0009±0.0001a	0.0075±0.0014a	0.0207±0.0017a	0.0249±0.0011a
Control	LL	5,37±0,21b	11,62±0,214c	12,40±0,22a	13,01±0,30b
		P<0,046	**P<0,000**	**P<0,271**	**P<0,064**
	LW	0,0020±0,0005b	0,0195±0,0038c	0,0236±0,0007a	0,0228±0,0017a
		P<0,024	**P<0,000**	**P<0,580**	**P<0,181**

Concentration 1 (40 µl/30g), concentration 2 (80 µl/30g), concentration 3 (120 µl/30g), concentration 4 (160 µl/30g Means within the same column followed by different letters are significantly different according to the Tukey test at 5% significance level (P<0.05).

Pupal and Adult Weights: The mean pupal and adult weights are shown in Table 3. Mean pupal weight differed significantly among treatments (F: 11.384; P<0.000). The mean pupal weight generally increased with increasing propolis concentration. Female weight was significantly different among treatments (F: 29.485; P<0.000). Female weight increased with increasing propolis concentration. However, male weight was not significantly different among treatments (F: 0.359; P<0.837)

Table 3. Pupal and adult weights at different propolis concentrations.

Concentration	Pupal Weight (g) (Mean±SD)	Female Weight (g) (Mean±SD)	Male Weight (g) (Mean±SD)
1	0.0192±0.0003ab	0.0029±0.00007a	0.0029±0.00007b
2	0.0194±0.0004b	0.0028±0.00007a	0.0030±0.00006b
3	0.0195±0.0003b	0.0028±0.00005a	0.0032±0.00006bc
4	0.0214±0.0006c	0.0028±0.00006a	0.0033±0.00006c
Control	0.0178±0.0003a	0.0029±0.00007a	0.0024±.00007a
	P<0.000	**P<0.837**	**P<0.000**

Concentration 1 (40 µl/30g), concentration 2 (80 µl/30g), concentration 3 (120 µl/30g), concentration 4 (160 µl/30g). Means within the same column followed by different letters are significantly different according to the Tukey test at a 5% significance level (P<0.05).

***Number of Pupae and Adults**:* The mean number of pupae and adults are shown in Table 4. The number of pupae differed significantly among treatments (F: 12.457; P<0.000). Number of males differed significantly among treatments (F: 2.877, P<0.049); however, the number of females was not significantly different among treatments (F: 2.752; P<0.057). The mortality rate of pupae and adults increased with increasing propolis concentrations.

Table 4. Number of Pupae and Adults at Different Propolis Concentrations.

Concentration	Number of Pupae (Mean±SD)	Number of Females (Mean±SD)	Number of Males (Mean±SD)
1	15.80±0.73bc	5.60±0.87ab	6.80±0.92ab
2	13.60±0.68bc	5.20±0.73ab	6.60±0.81ab
3	13.20±0.86b	4.40±0.40ab	5.80±0.37ab
4	10.20±0.37a	3.60±0.40a	4.80±0.49a
Control	16.20±0.66c	6.60±0.81b	8.00±0.83b
	P<0.000	**P<0.049**	**P<0.057**

Concentration 1 (40 µl/30g), concentration 2 (80 µl/30g), concentration 3 (120 µl/30g), concentration 4 (160 µl/30g). Means within the same column followed by different letters are significantly different according to the Tukey test at a 5% significance level (P<0.05).

Protein Amount: The protein amount of *M. domestica* larvae is shown in Figure 1. Larvae reared on a diet with different concentrations of propolis also had a lower content of protein when compared to the control. The protein content was not significantly different among concentrations (F = 1.701, P = 0.160).

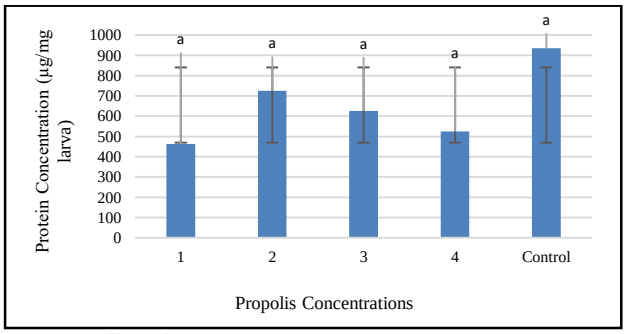


Figure 1. Effect of Propolis on Protein Amount in M. domestica Larvae. Concentration 1 (40 µl/30g), concentration 2 (80 µl/30g), concentration 3 (120 µl/30g), concentration 4 (160 µl/30g).

Carbohydrate Amount: The carbohydrate amount of *M. domestica* larvae is shown in Figure 2. The carbohydrate amount of *M. domestica* was significantly different among concentrations (F = 4.894, P = 0.002). The carbohydrate amount was similar at concentrations 1 and 2.

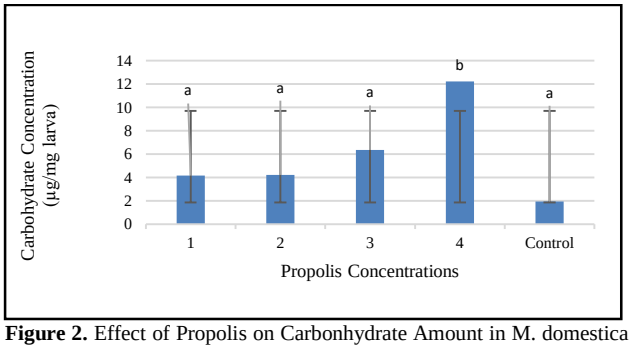


Figure 2. Effect of Propolis on Carbonhydrate Amount in M. domestica Larvae. Concentration 1 (40 µl/30g), concentration 2 (80 µl/30g), concentration 3 (120 µl/30g), concentration 4 (160 µl/30g).

Lipid Amount: The lipid amount of *M. domestica* larvae is shown in Figure 3. The lipid amount of *M. domestica* was significantly different among concentrations (F = 4.253, P = 0.004). The lipid amount was similar at concentrations 3 and 4.

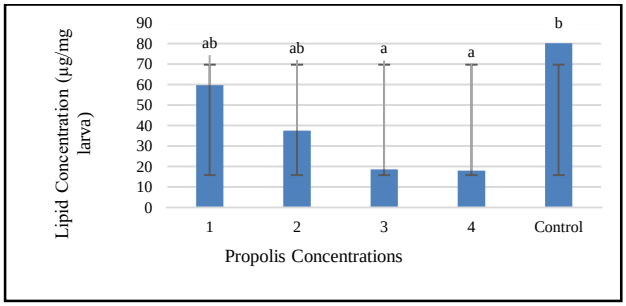


Figure 3. Effect of Propolis on Lipid Amount in *M. domestica* Larvae. Concentration 1 (40 µl/30g), concentration 2 (80 µl/30g), concentration 3 (120 µl/30g), concentration 4 (160 µl/30g).

DISCUSSION

Insects need sufficient protein, vitamins, lipids, carbohydrates and minerals in their diet in order to perform functions such as growth, development and reproduction. Diet is one of the important factors impacting the biochemical parameters of insects (Tognocchi et al., 2024). The present study was designed to determine how four different concentrations of propolis affect a number of life-history variables and biochemical composition of *M. domestica.*

In present study, mean larval weight in the control treatment was higher than for the rest of the treatments during three days. After 4 day, mean larval weight of concentrations 1 (0.0267 g) was higher than for the rest of the treatments. The lowest weight was recorded at control (0.0228) at 4 th days. Bakaaki et al., 2023, observed that the mean black soldier fly larvae (BSFL) weight in the propolis treatments was higher than that for the control for the first 5 and 10 days.

In the present study, the mean weight of larvae decreased with the increasing propolis concentration. Mean larval weight of the concentration 4 was lower than the concentrations 1 during four days. Seven et al., (2012) said that propolis is rich in compounds such as flavonoids and benzoic acid which enhance nutrient digestibility. These compounds have positively impacted feed intake which conduced to increased weight of housefly larvae treated with propolis. Contrary to our study, Bakaaki et al., 2023 showed that the 0.8g propolis (highest concentrations) treatment yielded the heaviest larvae (mean weight 0.183g) while the control treatment (0g propolis treatment) generated the least larvae weight (mean weight 0.17g) at the end of 10 days.

Kökdener and Kiper (2020) emphasized that a balanced diet provides better results and that the developmental performance of house flies positively increases with the increase in diet quality. Hence the concentration 1 might have been the most ideal quality feedstock to enhance the larval weight of housefies.

In the present study, larval and pupal survival was affected by propolis exposure, and the larval and pupal mortality of *M. domestica* increased with increasing propolis concentrations in the diets. Larval nutrition influences the larval and pupal mortality (Kökdener and Kiper, 2020).

Similarly, Ararso and Legesse (2016) showed that high concentration of propolis, 8 and 10 % w/v were the most toxic causing 90% and 80% mortality of lesser wax moth. In contrast to our study, Bakaaki et al., 2023 indicated that the 0.6g propolis treatment produced the highest pupae number while the 0.2g propolis treatment produced the least pupae number during the first ten days.

The control gave the highest mean pupae and adult number, while the concentrations 4 gave the least mean pupae number. The number of pupae of concentrations 1 (15.80) was similar to control (16.20). Similarly, Kökdener and Kiper (2020) observed that the highest percentage of larval and pupal survival was recorded at the wheat bran diet. Garedew et al. 2003 showed that, propolis sensitivity differed according to larval stages. For example treatment with 4% propolis resulted in 100% mortality of larval stage 5 (L5) of *G. mellonella*.

In the present study the total larval development time taken to complete development of the control group (10.54 days) is longer than the treated group by approximately (0.93–2.24 days) The larval development period was similar at four concentrations of propolis and approximately 9-19 hr shorter than in the control. This may indicate propolis extract acelerated development stage.

The pupal development times decreased with increasing propolis concentrations in the diets 0.12-1.64 days when compared to the control. Our results are in line with Garedew et al. 2003 showed that the length of the pupal phase of *Galleria mellonella* (Lepidoptera: Pyralidae), decreased with increased concentration of propolis.

The control group's larval and pupal development duration are longer than the treated group in our study. Similary, Bakaaki et al., 2023 observed that all pupae from propolis treated substrate emerged into adult flies earlier (5 days) compared to other treatments. In the current study, propolis addition to wheat bran enhanced the growth performance of *M. domestica*. Our results are in line with Garedew et al. 2003 who found that propolis accelerates the development of the larval/pupal stage of *G. mellonella.* Similarly, Ararso and Legesse (2016) showed that earlier adult emergence of lesser wax moth was observed in treatments of higher concentrations. In present study, propolis have impacted the amount of lipids, proteins, and carbohydrates, which results in altering development times.

Propolis has an effect on the pupal weight in a dose-dependent manner in our study. The results from this study also showed that an increase in the concentration of the propolis affects the adults (male) and pupal weight. Chemicals, larval density, tissue type, and diet significantly impacted pupal weight and hence the resulting adult dry mass.

In the present study, dietary propolis supplementation resulted in alterations in the amount of biochemical parameters among treatments. Overall, the results indicated that propolis was not significantly affecting the protein levels in the larvae. The stability of protein levels suggests that propolis does not have a notable impact on protein metabolism.

CONCLUSION

To the best of our knowledge, first studies have examined the effects of propolis on the development of *M. domestica*. The data indicated that the increased concentrations of propolis significantly affect some life history traits of *M. domestica*. Total development was a faster time in the presence of propolis as compared to control. Larval weights decreased with increasing propolis concentrations, but pupal weights increased. Our results showed that increasing propolis concentrations have an adverse effect on insects' larval and pupal survival. High dose propolis has negative effects on some parameters of *M. domestica* larvae. In addition, propolis reduced the total protein and amount, increase carbonhydrate amount.

Further study would be indicated to investigate how the specific components of propolis affect the performance of fies and the effect of propolis on the life characteristics of the adult housefly. Comprehensive studies should be conducted on the effects of propolis on different insect species. Specifically, extensive studies could be conducted to understand the impact of propolis on different insect species.

Conflict of Interest: The authors declare that there are no conflicts of interest.

REFERENCES

Almeida, E.D. & Menezes, H. (2002). Anti-inflammatory activity of propolis extracts: a review. *Journal of Venomous Animals and Toxins*, ***8***(2), 191-212.

Ararso, Z., & Legesse, G. (2016). Insecticidal action of honeybees propolis extract against larvae of lesser wax moth. *Agrıculture* and *Bıology Journal of North Amerıca*, **7**(6), 302-306

Bakaaki, N., Aanyu, M., Onen, H., Opio, D., Sengendo, F. & Chemurot, M. (2023). Growth performance of the black soldier fly, Hermetia illucens larvae (Linnaeus, 1758) fed on honeybee propolis-treated wheat bran. *Journal of Insects as Food and Feed*, ***9***(3), 281-287.

Cammack, J.A. & Tomberlin, J.K. (2017). The impact of diet protein and carbohydrate on select life-history traits of the black soldier fly *Hermetia illucens* (L.)(Diptera: Stratiomyidae). *Insects*, ***8***(2), 56.

Denli, M., Cankaya, S., Silici, S., Okan, F. & Uluocak, A.N., 2005. Effects of dietary addition of Turkish propolis on growth performance, carcass characteristics and serum variables of quail (*Coturnix cortunix japonica*). *Asian-Australasian journal of Animal Science*, ***18***(16),

Ganda, H., Zannou, E.T., Kenis, M., Abihona, H.A., Houndonougbo, F.M., Chrysostome, C.A.A. M., ... & Mensah, G. A. (2022). Effect of four rearing substrates on the yield and the chemical composition of housefly larvae, *Musca domestica* L. 1758 (Diptera: Muscidae). *International Journal of Tropical Insect Science*, 1-9.

Garedew, A., Schmolz, E., & Lamprecht, I. (2004). Effect of the bee glue (propolis) on the calorimetrically measured metabolic rate and metamorphosis of the greater wax moth Galleria mellonella. *Thermochimica Acta*, ***413***(1-2), 63-72.

Garedew, A., Schmolz, E., Schricker, B. & Lamprecht, I. (2002). Microcalorimetric investigation of the action of propolis on Varroa destructor mites. *Thermochimica acta*, ***382***(1-2), 211-220.

Geckil, H., Ates, B., Durmaz, G., Erdogan, S. & Yilmaz, I. (2005). Antioxidant, free radical scavenging and metal chelating characteristics of propolis.

Geden, C.J., Nayduch, D., Scott, J.G., Burgess IV, E.R., Gerry, A.C., Kaufman, P.E. & Machtinger, E.T. (2021). House fly (Diptera: Muscidae): biology, pest status, current management prospects, and research needs. *Journal of Integrated Pest Management*, ***12***(1), 39.

Gekker, G., Hu, S., Spivak, M., Lokensgard, J.R. & Peterson, P.K. (2005). Anti-HIV-1 activity of propolis in CD4+ lymphocyte and microglial cell cultures. *Journal of ethnopharmacology*, ***102***(2), 158-163.

Ghisalberti, E.L. (1979). Propolis: a review. *Bee world*, ***60***(2), 59-84.

Greenberg, B. (2019). Flies and disease: I. Ecology, classification, and biotic associations.

Gülhan, M.F. (2009). *Pestisite maruz bırakılmış gökkuşağı alabalık dokularında propolisin etkilerinin incelenmesi*. Yüksek Lisans Tezi, NÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Niğde.

Hepşen, İ. F., Tilgen, F. & Er, H. (1996). Propolis: Tıbbi özellikleri ve oftalmolojik kullanımı. *Journal of Turgut Ozal Medical Center*, ***3***(4).

Hwangbo, J., Hong, E.C., Jang, A., Kang, H.K., Oh, J.S., Kim, B.W. & Park, B.S. (2009). Utilization of house fly-maggots, a feed supplement in the production of broiler chickens. *Journal of Environmental Biology*, ***30***(4)

Ítavo, C.C.B.F., Morais, M.G., Costa, C., Ítavo, L.C.V., Franco, G.L., Da Silva, J.A. & Reis, F.A. (2011). Addition of propolis or monensin in the diet: Behavior and productivity of lambs in feedlot. *Animal Feed Science and Technology*, ***165***(3-4), 161-166.

Kacaniova, M., Rovna, K., Arpasova, H., Cubon, J., *et al*., (2012). *In vitro* and *in vivo* activity of propolis on the microbiota from gastrointestinal tract of chickens. *Journal of Environmental Science and health part A Toxic Harzadous Substances and Environmental Engineering*, ***47***(11), 1665-1671.

Kinasih, I., Julita, U., Suryani, Y., Cahyanto, T., Annisa, D.S., Yuliawati, A. & Putra, R.E. (2018). Addition of black soldier fly larvae (*Hermetia illucens* L.) and propolis to broiler chicken performance. *In IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, November 2018*, (Vol. 187, No. 1, p. 012026). IOP Publishing.

Kovtunova, A., Drevko, Y., Faust, E., Bannikova, A. & Larionova, O. (2018). Dynamics of amino acid profile of *Musca domestica* larva during cultivation on substrate enriched with microelements. *Proceedings of the National Academy of Sciences, India Section B: Biological Sciences*, ***88***, 1257-1264.

Kökdener, M. & Kiper, F. (2020). The impact of diet protein and carbohydrate on select life-history traits of the housefly Musca domestica Linnaeus, 1758 (Diptera: Muscidae). *Munis Entomology Zoology*, ***15***, 171-179.

Marruci, MC. (1995). Propolis, chemical composition, biological properties and therapeutic activity. *Apidologie*, ***26***, 83-9.

Nirala, S. K. & Bhadauria, M. (2008). Propolis reverses acetaminophen induced acute hepatorenal alterations: a biochemical and histopathological approach. *Archives of Pharmacal Research*, ***31***, 451-461.

Scott, J.G., Liu, N., Kristensen, M. & Clark, A.G. (2009). A case for sequencing the genome of *Musca domestica* (Diptera: Muscidae). *Journal of medical entomology*, ***46***(2), 175-182

Sforcin, J.M. (2016). Biological properties and therapeutic applications of propolis. *Phytotherapy research*, ***30***(6), 894-905.

Simone-Finstrom, M., Borba, R. S., Wilson, M. & Spivak, M. (2017). Propolis counteracts some threats to honey bee health. *Insects*, ***8***(2), 46.

Skidmore P. (1985). The biology of the Muscidae of the world. *Ser Entomol.* ***29***, 1-550.

Subha, G., Indira, P. & Kunit, K.M., (2010). Application and effectiveness of immunestimulants, prebiotics and probiotics in Aquaculture. *The Israeli journal of Aquaculture-Bamidgeh*, ***62***(3), 130-138

Tognocchi, M., Abenaim, L., Adamaki-Sotiraki, C., Athanassiou, G.C., Rumbos, I.C., Mele, M., Conti, B. & Conte. G. (2024). Effect of different diet composition on the fat profile of two different black soldier fly larvae populations. *Animal*, ***18***, 101205

Touzani, S., Imtara, H., Katekhaye, S., Mechchate, H., Ouassou, H., Alqahtani, A. S., & Lyoussi, B. (2021). Determination of phenolic compounds in various propolis samples collected from an African and an Asian region and their impact on antioxidant and antibacterial activities. *Molecules*, ***26***(15), 4589.

Yılmaz, Y. & Gündüz, N.E.A. (2021). Kadmiyumun küçük balmumu güvesi larvalarında protein, lipit ve karbohidrat miktarları ile etkileşimi. *Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi*, ***36***(2), 326-333.

Zafarnejad, K., Nazar, A. & Mostafa, R. (2017). Effect of bee glue on growth performance and immune response of broiler chickens. *Journal of applied animal research*. ***459***(1), 280-284.

Zhang, Z., Wang, H., Zhu, J., Suneethi, S. & Zheng, J. (2012). Swine manure vermicomposting via housefly larvae (Musca domestica): the dynamics of biochemical and microbial features. *Bioresource Technology*, ***118***, 563-571

Journal of Anatolian Environmental and Animal Sciences
(*Anadolu Çevre ve Hayvancılık Bilimleri Dergisi*)
DOI: https://doi.org/10.35229/jaes.1561066

JAES
Year: 9, No: 4, 2024 (648-659)
AÇEH
Yıl: 9, Sayı: 4, 2024 (648-659)

ARAŞTIRMA MAKALESİ RESEARCH PAPER

İstanbul'da Kentsel Arka Planda Atmosferik Siyah Karbon Konsantrasyon Değişiminin Değerlendirilmesi

Zehra ÇOLAK[1]* Burcu ONAT[1] Melike Servin COŞGUN[1] Burcu UZUN AYVAZ[1] Coşkun AYVAZ[1] S. Levent KUZU[2] Elif YAVUZ[3] Hilal ÇETİN[2] Zeynep FİDAN[2] Ülkü ALVER ŞAHİN[1]

[1]*İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa, Mühendislik Fakültesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, İstanbul, Türkiye*
[2]*İstanbul Teknik Üniversitesi, İnşaat Fakültesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, İstanbul, Türkiye*
[3]*Yıldız Teknik Üniversitesi, İnşaat Fakültesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, İstanbul, Türkiye*

Received: *04.10.2024* ***Accepted:*** *04.12.2024* ***Published:*** *31.12.2024*

Atıf yapmak için: **Çolak, Z., Onat, B., Coşgun, M.S., Uzun Ayvaz, B., Ayvaz, C., Kuzu, S.L., Yavuz, E., Çetin, H., Fidan, Z. & Alver Şahin, Ü. (2024).** İstanbul'da kentsel arka planda atmosferik siyah karbon konsantrasyon değişiminin değerlendirilmesi. *J. Anatolian Env. and Anim. Sciences*, **9**(4), 648-659. https://doi.org/10.35229/jaes.1561066

How to cite: **Çolak, Z., Onat, B., Coşgun, M.S., Uzun Ayvaz, B., Ayvaz, C., Kuzu, S.L., Yavuz, E., Çetin, H., Fidan, Z. & Alver Şahin, Ü. (2024).** Assessment of Atmospheric Black Carbon Concentration Change in Urban Background in Istanbul. *Anadolu Çev. ve Hay. Dergisi*, **9**(4), 648-659. https://doi.org/10.35229/jaes.1561066

*: https://orcid.org/0000-0002-2726-4255
: https://orcid.org/0000-0002-3036-2809
: https://orcid.org/0009-0007-0333-4582
: https://orcid.org/0000-0002-0228-5674
: https://orcid.org/0000-0003-0052-0842
: https://orcid.org/0000-0002-2251-3400
: https://orcid.org/0000-0001-8690-8092
: https://orcid.org/0009-0007-6331-1956
: https://orcid.org/0009-0003-4081-9563
: https://orcid.org/0000-0002-1075-707X

***Corresponding author's:**
Zehra ÇOLAK
İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa, Mühendislik Fakültesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, İstanbul, Türkiye
✉: colakzhr@gmail.com

Öz: Siyah karbon (Black Carbon, BC), eksik bir yanma ürünüdür ve ince partikül madde bileşeni olup solunduğunda insan sağlığı için zararlıdır. Ayrıca BC iklim değişikliğinde kısa ömürlü iklim zorlayıcısı (short lived climate force) olarak tanımlanmakta ve CO_2'den sonra önemli bir ısı tutma etkisine sahiptir. Dünyanın diğer kentlerinde atmosferik BC konsantrasyon değişimi oldukça yaygın çalışılmışken, Türkiye'de sadece İstanbul'da kısıtlı sayıda ve sadece trafik alanlarında çalışma bulunmaktadır. Bu çalışmada, İstanbul'da ilk kez yarı kent arka planı bir alanda BC'nin değişimleri ve diğer parametrelerle ilişkisi mevsimsel olarak incelenmiştir. BC ölçümleri tek dalga boyunda (880 nm) tek kanallı AE51 aethalometre ile yapılmıştır. Mevsimsel ortalama BC konsantrasyon değişimleri yaz, sonbahar, kış ve ilkbahar mevsimlerinde gerçekleştirilmiş örnekleme dönemlerinde sırasıyla 1,97 ± 3,10 µg/m^3, 1,77 ± 2,36 µg/m^3, 3,33 ± 4,29 µg/m^3, 3,22 ± 3,25 µg/m^3 olarak ölçülmüştür. En yüksek konsantrasyon kış mevsiminde gerçekleştirilen örnekleme döneminde gözlenmiştir. BC ile partikül madde ve trafikle ilgili kirleticiler (NO_X gibi) arasında pozitif yüksek korelasyonlar olduğu tespit edilmiştir. BC'nin gün içi saatlik değişimleri incelendiğinde trafiğin yoğun olduğu sabah ve akşam saatlerinde İstanbul trafiğinin bölgesel emisyonlara katkısı olduğu görülmüştür. Rüzgâr hızı, PBLH gibi meteorolojik parametrelerin ve mevsimsel konsantrasyon üzerinde önemli bir etkisi olduğu ve trafik kaynağının kentsel arka plan bölgesinde her mevsim önemli bir BC kaynağı olduğu söylenebilir. Kentsel ortamlarda BC'nin mekânsal dağılımının anlaşılması için uzun süreli mevsimsel farklar ortaya konulmasını ve hem sabit hem mobil ölçümlerle izlenmesini tavsiye ediyoruz.

Keywords: Siyah karbon, İstanbul, kentsel arka plan.

Assessment Of Atmospheric Black Carbon Concentration Change In Urban Background In Istanbul

Abstract: Black carbon (BC) is an incomplete combustion product and a component of fine particulate matter that is harmful to human health when inhaled. BC is also identified as a short lived climate forcing in climate change and has a significant heat-trapping effect after CO_2. While atmospheric BC concentration changes have been widely studied in other cities of the world, there are only a limited number of studies in traffic areas in Istanbul, Turkey. In this study, for the first time in Istanbul, the seasonal variations of BC in the urban background and its relationship with other parameters were investigated seasonally. Seasonal mean BC concentration changes were measured as 1,97 ± 3,10 µg/m^3, 1,77 ± 2,36 µg/m^3, 3,33 ± 4,29 µg/m^3, 3,22 ± 3,25 µg/m^3 in summer, autumn, winter and spring, respectively. The highest concentration was observed in winter. There were high positive correlations between BC and particulate matter and traffic-related pollutants (such as NO_X). When the hourly variations of BC during the day were analyzed, it was seen that Istanbul traffic contributed to regional emissions in the morning and evening hours when the traffic was heavy. It can be said that meteorological parameters such as wind

***Sorumlu yazar:**
Zehra ÇOLAK
İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa, Mühendislik Fakültesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, Avcılar, İstanbul,Türkiye
✉: colakzhr@gmail.com

speed, PBLH and seasonal concentrations have a significant effect on BC concentrations and that the traffic source is an important source of BC in the urban background region in all seasons. In order to understand the spatial distribution of BC in urban environments, we recommend that long-term seasonal differences should be demonstrated and monitored with both fixed and mobile measurements.

Anahtar kelimeler: Black carbon, Istanbul, urban background.

GİRİŞ

Siyah karbon (Black Carbon, BC), fosil ve biyoyakıtların yanması sonucu oluşan yanmamış karbonu temsil eden bir kirleticidir. Ayrıca kurum (soot)'un ışık emici özelliği ölçüldüğünde "siyah karbon" (BC) olarak adlandırılırken, termal-optik tekniklerle ölçüldüğünde "elemental karbon" (EC) olarak adlandırılmaktadır (Viana vd. 2012). Bu iki parametre arasında genelde iyi bir korelasyon olduğu belirtilirken (Ahmed vd., 2009) bazı çalışmalarda BC'nin EC'ye göre 1.5-2 kat daha yüksek ölçüldüğü sonucuna ulaşılan çalışmalarda mevcuttur (Watson vd. 2005; Ozdemir vd. 2014).

BC endüstriyel faaliyetler, taşıt emisyonları ve orman yangınları gibi kaynaklardan atmosfere yayılır (Mao vd., 2023). BC atmosferdeki görünür ışığı güçlü bir şekilde absorbe ederek atmosferi ısıtabilir ve bu da iklim üzerinde pozitif ışınımsal etkiye neden olur (Myhre & Samset, 2015). BC, CO_2'den sonra sera etkisine en fazla katkıda bulunan ikinci kirletici olarak kabul edilmektedir (Bond vd., 2013) . BC'nin atmosferik ömrü bölgesel ve zamansal farklılıklara göre değişmekle birlikte yaklaşık bir-iki haftadır (Cape vd., 2012; Ramanathan & Carmichael, 2008). Bu nedenle BC, Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli'nin altıncı değerlendirme raporunda kısa ömürlü iklim zorlayıcısı olarak da adlandırılır (IPCC, 2019).

BC'nin optik özellikleri ve atmosferik ısınmadaki rolü aerosolün organik madde içeriği, yaşlanma süreci, higroskopik özelliklerine göre değişkenlik gösterir (Ma vd., 2020; Wang vd., 2020; Zeng vd., 2019). BC partiküllerinin karla kaplı yüzeylerde birikmesi albedoyu azaltarak güneş radyasyonunun daha fazla emilmesine ve dolayısıyla sıcaklık artışına yol açar (Beres vd., 2020) ve kar erimesini hızlandırır. Bu etki, kutup ve dağlık bölgelerde, kar ve buzun atmosferik sıcaklıklarda önemli bir rol oynadığı yerlerde daha belirgindir. Ayrıca BC, aerosollerin bulut damlacığı oluşturma potansiyelini arttırmaktadır (Motos vd., 2019).

BC, iklim değişikliğini etkilemesinin yanı sıra ince partikül maddenin önemli bir bileşeni (Klimont vd., 2017) olmasından dolayı kısa ve uzun süreli maruziyetinde insan sağlığı üzerinde olumsuz etkisi bulunmaktadır. BC'nin solunum morbiditesi ve mortalitesi ile ilişkilendirildiği, akciğer fonksiyonlarını azalttığı, yaşlılarda ventriküller aritmi riskini artırdığı ve hem çocuklarda hem de yaşlılarda bilişsel fonksiyonları azalttığı (Nguyen & Roper, 2024), solunum ve kardiyovasküler hastalık sorunlarına yol açabilen toksik bir bileşen olduğu (Abdillah & Wang, 2023) , uzun vadeli BC maruziyetinin doğal ölüm ve kardiyovasküler hastalıklarla ilişkili olabileceği (Nilsson Sommar vd., 2021), prematüre ölüm ve solunum ile kardiyovasküler hastalıkların artışına neden olduğu (Gu vd., 2020), ve ayrıca kanser riskine önemli bir katkı sağladığı (Hu vd., 2021) yapılan çalışmalarda belirtilmiştir.

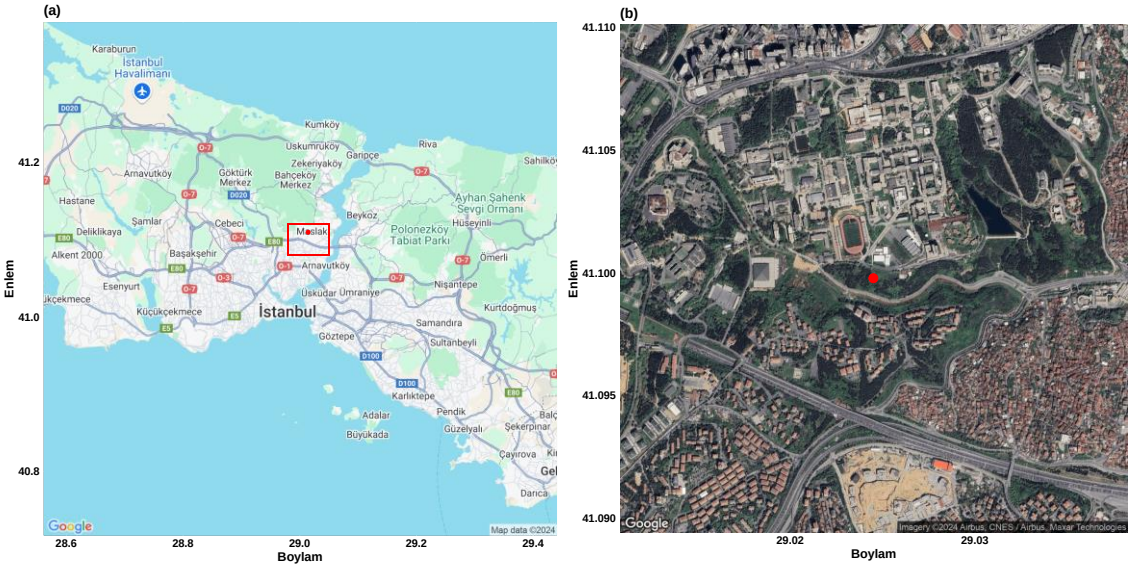
BC tüm bu iklim değişikliği ve sağlık üzerindeki etkileri nedeni ile son yıllarda üzerinde oldukça yoğun şekilde çalışılan bir kirletici parametredir. Yapılan çalışmaların çoğu BC'nin farklı bölgelerde konsantrasyonunun zamansal değişimi, meteorolojik faktörlerin etkisi ve kaynaklarının belirlenmesi konularında olduğu görülmektedir. Tüm bu çalışmalar neticesinde Dünya Sağlık Örgütü (WHO) ve Avrupa Birliği BC'nin önemli bir atmosferik kirletici parametre olduğunu belirtmiş ve 2030 ve sonrasında sınır değerlerinin tanımlanarak kentsel alanlarda izlenmesini tavsiye etmiştir (Ritz vd., 2019). Ayrıca IPCC; kısa ömürlü iklim zorlayıcı bir (short lived climate forces, SLCFs) parametre olarak BC'yi tanımlamakta ve ulusal envanterlerde SLCFs'lerın hesaplanması için metodoloji geliştirme çalışmalarını yürütmektedir (IPCC, 2019).

Türkiye'de atmosferik BC konsantrasyonlarının belirlenmesine yönelik yapılan oldukça kısıtlı sayıda çalışma mevcuttur ve bu çalışmalarda İstanbul'da trafik kaynaklı kirliliğin temsil edildiği alanlardadır (Kuzu vd., 2020; Ozdemir vd., 2014; Şahin vd., 2020) .Bu çalışma kapsamında Türkiye'de ve İstanbul'da ilk kez yarı kentsel arka planı olan bir bölgede BC'nin dört mevsimde gerçekleştirilen örnekleme dönemlerini temsilen dakikalık ortalama ölçümleri yapılmış ve zamansal değişimleri, diğer kirleticilerle ve meteorolojik değişkenlerle ilişkisi incelenmiştir.

MATERYAL VE METOT

Çalışma Alanı: İstanbul 16 milyonluk nüfusuyla Türkiye'nin en kalabalık metropol şehridir (TÜİK, 2023). Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı (ÇŞİDB) ve İstanbul Büyükşehir Belediyesi (İBB) bünyesinde toplam 39 tane olmak üzere sürekli Hava Kalitesi İzleme İstasyonu (HKİİ) bulunmaktadır. Bu istasyonların teknik bilgileri ve hava kirliliği tespitlerine dair zamansal ve mekânsal detaylı analizler Şahin vd. (2024) makalesinde ayrıntılı olarak verilmiştir. Bu çalışma kapsamında BC ölçümleri İstanbul'un kuzeyinde yer alan Maslak ilçesinde bulunan

İstanbul Teknik Üniversitesi Kampüsünde (41°5'59.17"N, 29°1'28.19"E) kurulmuş olan yarı kentsel arka plan istasyonunda yapılmıştır. Üniversite yerleşke alanında ormanlık ve yeşil alanlar, eğitim amaçlı kullanılan binalar ve personel lojmanları bulunmaktadır. Yerleşkenin etrafında konutlar, iş ve ticaret merkezleri mevcuttur. Şekil 1'de İstanbul'daki Maslak Hava Kalitesi Ölçüm İstasyonu'nun yeri gösterilmektedir.



Şekil 1. İstanbul Maslak Bölgesi (a), Maslak ölçüm istasyonunun konumu (b).
Figure 1. Maslak District of Istanbul (a), location of Maslak measurement station (b).

Kirleticilerin Ölçümleri;

BC: Çalışmamızda BC ölçümleri taşınabilir bir aethalometer (AethLabs, ABD) olan microAeth AE51 kullanılarak yapılmıştır. Cihazın akış hızı 50 ml/dk, ölçüm sıklığı 60 sn olarak ayarlandı. Ölçüm hassasiyeti ±0.1 μg/m^3 olup cihazın veri depolama özelliği bulunmaktadır. Aethalometre kuvars filtreden geçen ışık miktarını periyodik olarak ölçerek, filtre üzerindeki BC kütlesini 880 nm dalga boyunda hesaplamaktadır. BC'nin optik absorpsiyonunun en doğru ölçüldüğü dalga boyudur. Ayrıca bu dalga boyu, BC ölçümünde alandaki çalışmalar ve cihazlar arasında tutarlılık ve karşılaştırılabilirlik sağlamak için tercih edilmektedir (Zhang vd., 2023).

Aethalometre, parçacıklar toplanırken kuvars filtreden geçen ışık miktarını ölçer. Azalan ışık yoğunluğunun ölçümü filtre şeridi üzerindeki BC konsantrasyonuyla doğrusal orantılıdır. BC kütlesi formül 1'deki şekilde hesaplanır (Hansen vd., 1984), ışık zayıflaması (ATN), iletilen ışık yoğunluğunun ölçümlerinden formül 2'deki şekilde hesaplanır. Burada I_0 ve I ışık yoğunlukları sırasıyla başlangıç ve ölçüm sonrası filtre koşullarına karşılık gelmektedir. Işığın yansıma oranını değişmesine neden olan filtre koyulaşması etkisi ise Kirchstetter ve Novakov (Kirchstetter & Novakov, 2007) tarafından verilen algoritmalarla hesaplanarak gerekli düzeltmeler yapılmaktadır.

$$BC = \frac{ATN}{\sigma} \quad (1)$$

$$ATN = 100 \times \ln\left(\frac{I_0}{I}\right) \quad (2)$$

BC ölçüm cihazı kapalı bir kutu içine örnek başlığı dışarda olacak şekilde kurulup Maslak ölçüm istasyonunun üzerine, yerden yaklaşık 3 metre yüksekliğe yerleştirilmiştir. Mevsimsel örneklemenin gerçekleştirilmesi için yaz mevsiminde 21 gün (21 Temmuz -29 Ağustos 2023), sonbahar mevsiminde 19 gün (08-28 Eylül 2023), kış mevsiminde 14 gün, (15 Şubat-29 Şubat 2024) ve ilkbahar mevsiminde 32 gün (01 Mart-04 Nisan 2024) boyunca BC ölçümleri yapıldı. 1 dk ortalama ölçüm kaydı ile 123840 adet konsantrasyon ölçüm verisi alınmış ve analiz edilmiştir.

Kriter kirletici ve meteorolojik parametreler: BC ile ilişkilerini incelemek üzere Maslak istasyonunda ölçülen diğer konvansiyonel hava kirletici parametreler ve meteorolojik parametrelere ait veriler IBB veri temini web sayfasından indirilerek alınmıştır (İHKİA, 2024). Maslak istasyonunda ölçülen parametreler: Azot oksit (NO), Azot dioksit (NO_2); Azot oksitler (NO_x), Ozon (O_3), 2,5 mikrometre çapından küçük partikül madde ($PM_{2.5}$), 10 mikrometre çapından küçük partikül madde (PM_{10}), kükürt dioksit (SO_2), basınç (P), sıcaklık (T), rüzgâr hızı (WS), rüzgâr yönü (WD), bağıl nem (RH) gibi meteorolojik parametreler ölçülmektedir. İstasyon verileri erişime açıktır ve ilgili siteden ölçüm alınan BC zaman aralıkları seçilerek 15 dakikalık ortalama olarak indirilmiştir. Gezegensel Sınır Tabaka Yüksekliği (Planetary Boundary Layer Height, PBLH) ölçümleri yapılmadığından, "Weather Research and Forecasting (WRF) model" (Skamarock WC, 2008) kullanılarak saatlik karışma yüksekliği verileri hesaplanmıştır. Çalışmada arazi verileri için arazi yüksekliği, arazi kullanım kategorisi, toprak kategorilerini

içeren UCAR (University Corporation of Atmospheric Research) tarafından sağlanan veri seti kullanılmıştır. Başlangıç ve sınır koşulları grib formatındaki NCEP-GFS (National Centers for Environmental Prediction-Global Forecast System) analizi seti ile oluşturulmuştur. WRF model alanı 10 km çözünürlüklü dış alan ve 3,3 km çözünürlüklü iç alan olmak üzere iç içe iki alandan oluşturulmuştur. Dış alanda 28 × 28 ızgara noktası, iç alanda ise 16 × 16 ızgara noktası bulunmaktadır. Simülasyonlarda yüzeyden 50 hPa'ya kadar 33 dikey seviye kullanılmıştır. Atmosferik sınır tabaka parametrelendirme şemaları sınır tabakasının simülasyonunda kritik bir rol oynamaktadır. Bu çalışmada, WRF modelinin performansının üç farklı gezegensel sınır katmanı şemasından Yonsei Üniversitesi (YSU) sınır tabakası şeması kullanılmıştır (Ezber & Sen, 2022). Seçilen diğer fiziksel parametrelendirmeler arasında Lin mikrofizik şeması (Lin vd., 1983) , Grell 3D kümülüs şeması, birleşik Noah kara yüzey modeli, revize edilmiş MM5 Monin-Obukhov yüzey katman fiziği şeması, rrtmg uzun ve kısa dalga radyasyonu şeması yer almaktadır.

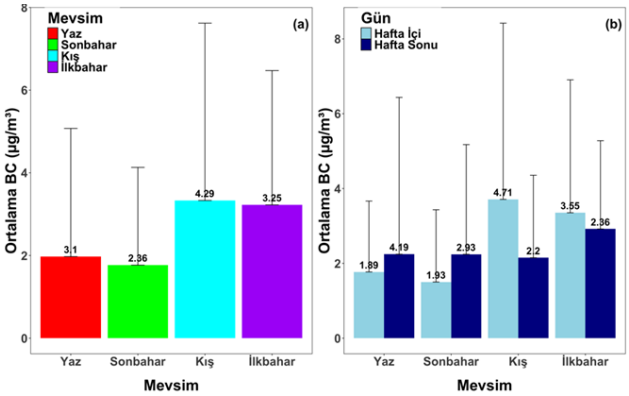
İstatistiksel Analiz: Ölçülen tüm parametrelerin konsantrasyon değerleri Excel üzerinden kontrol edildi ve anomaliler (negatif, sıfır ve tekli pik değerler) veri setinden çıkarıldı. Veri görselleştirmede R yazılımının 4.3.1 sürümü kullanıldı (R Core Team, 2023). Zamansal değişimi daha iyi anlamak için dakika, saat, günlük ve aylık ve mevsimsel grafikler ile görselleştirmeler gerçekleştirildi. Hava kirleticilerin kaydedilme süresi ortalama 15 dakikadır. Ölçüm cihazından dakikalık ortalaması alınan BC konsantrasyonlarının anlık dalgalanmalarda aşırı uç değerlerden etkilenmesini azaltmak için 15 dakikalık medyan değerleri hesaplandı ve sonraki analizlerde tüm bu değerler kullanıldı. Günün farklı saat dilimlerinde BC ile diğer parametreleri karşılaştırmak ve daha stabil bir veri seti elde etmek amacıyla, 15 dakikalık verilerden saatlik veri seti oluşturuldu. Yüksek BC konsantrasyon seviyelerini belirlemek amacıyla belirli rüzgâr yönü ve hızına bağlı olarak iki boyutlu koşullu olasılık fonksiyonunu (the conditional probability function, CPF) kullanan istatistiksel yöntem ile kutupsal grafikler (polar plot) oluşturuldu. BC oranlarının arttığı yüksek kirliliğin taşınma yollarının daha belirgin hale geldiği durumları incelemek için veri setinde 60-95% aralığı seçildi.

TARTIŞMA VE SONUÇ

Ölçülen BC ve aynı zaman aralığında ölçülen diğer hava kirleticiler ve meteorolojik parametrelerin mevsimsel ortalama değerleri ve standart sapma değerleri Tablo 1'de verilmiştir. Türkiye Hava Kirliliği Kontrolü ve Değerlendirme Yönetimi Yönetmeliğinde (HKDYY) (HKDYY, 2008) tanımlanan yıllık sınır değerler SO_2 için 20 $\mu g/m^3$, PM_{10} ve NO_2 için 40 $\mu g/m^3$ 'dür. Bu çalışma süresince ölçülen bu kirleticilerin ulusal yıllık sınır değerleri aşmadığı tespit edilmiştir. $PM_{2.5}$ için ise henüz ulusal bir sınır değer tanımlanmamıştır. $PM_{2.5}$ yıllık ortalama değeri 16 $\mu g/m^3$ 'dür ve bu değer Dünya Sağlık Örgütü (DSÖ) tarafından 2021 yılında $PM_{2.5}$ için önerilen yıllık ortalama 5 $\mu g/m^3$ değerinden en az 3 kat daha fazla olduğu görülmektedir. Şahin vd., (2024) tarafından yapılan ve İstanbul'un 7 yıllık dönemde hava kalitesinin değişiminin incelendiği çalışmada Maslak kentsel arka plan istasyonundaki ortalama konsantrasyonlar PM_{10} için 33,4 $\mu g/m^3$, NO_2 için 30,2 $\mu g/m^3$, SO_2 için 2,6 $\mu g/m^3$ ve $PM_{2.5}$ için 18,1 $\mu g/m^3$ hesaplanmıştır (Şahin vd., 2024). Bu çalışma sürecinde yapılan ölçümlerin Maslak hava kalitesi istasyonunun genel eğilimi ile uyumlu olduğu görülmektedir.

Tablo 1. Kirleticilerin mevsimsel örnekleme dönemi ortalama ve standart sapma değerleri T: sıcaklık, RH: Relatif Nem, P: Basınç, WS: Rüzgâr hızı, PBLH: Karışma Yüksekliği.
Table 1. Seasonal mean and standard deviation values of pollutants T: temperature, RH: Relative Humidity, P: Pressure, WS: Wind speed, PBLH: Mixing Height.

Parametreler		Mevsimsel örnekleme dönemi ortalamaları				Ortalama
		Yaz	Sonbahar	Kış	İlkbahar	
Hava kirleticileri (µg/m³)	BC	1,91 ± 3,15	1,78 ± 2,4	3,33 ± 3,69	3,22 ± 3,26	2,61 ± 3,31
	PM_{10}	24,17 ± 18,55	21,37 ± 16,32	31,43 ± 20,30	35,79 ± 24,3	28,68 ± 21,36
	$PM_{2.5}$	14,60 ± 10,42	12,23 ± 7,26	18,30 ± 10,81	20,01 ± 10,7	16,34 ± 10,48
	NO	22,10 ± 25,66	15,29 ± 21,54	27,00 ± 47,60	28,59 ± 45,39	23,90 ± 39,07
	NO_2	17,20 ± 13,17	27,62 ± 21,89	43,09 ± 26,95	43,86 ± 24,83	33,80 ± 25,79
	NOx	50,74 ± 48,85	51,02 ± 49,04	84,49 ± 91,74	87,72 ± 86,65	70,35 ± 77,41
	O_3	40,54 ± 11,78	39,20 ± 15,16	36,30 ± 25,47	36,22 ± 27,37	37,67 ± 21,31
	SO2	2,20 ± 0,78	2,20 ± 1,62	6,21 ± 7,38	5,50 ± 4,04	4,36 ± 5,69
Meteorolojik Parametreler	T	25,97 ± 3,66	21,94 ± 2,81	8,96 ± 4,06	10,00 ± 4,72	16,30 ± 8,37
	RH	68,81 ± 17,05	51,52 ± 8,96	64,33 ± 12,45	63,21 ± 12,28	62,45 ± 15,04
	P	1001,41 ± 3,33	1016,89 ± 1,16	1016,34 ± 4,54	1015,90 ± 4,42	1011,78 ± 7,94
	WS	2,53 ± 1,56	2,48 ± 1,61	2,58 ± 1,71	2,53 ± 1,74	2,51 ± 1,66
	PBLH	545,44 ± 364,97	752,3 ± 428,47	383,37 ± 306,04	387,02 ± 335,06	497,01 ± 382,39



Şekil 2. İstanbul Maslak Hava Kalitesi Ölçüm İstasyonunda kaydedilen mevsimsel ortalama BC konsantrasyon değerleri (a) ve mevsimsel olarak hafta içi ve hafta sonu günlerinde ortalama BC değişimi (b).
Figure 2. Seasonal average BC concentration values recorded at Istanbul Maslak Air Quality Measurement Station (a) and seasonal average BC variation on weekdays and weekend days (b).

BC'nin ölçüm sürecindeki genel yıllık ortalaması 2,5 µg/m^3 olarak ölçülmüş ve en yüksek ortalama değeri 3,3 µg/m^3 ile kış mevsiminde gerçekleştirilmiş örnekleme döneminde, en düşük ortalama değeri ise 1,9 µg/m^3 ile yaz mevsiminde gerçekleştirilmiş örnekleme döneminde tespit edilmiştir (Tablo 1). Şekil 2'de BC'nin mevsimsel ve hafta içi/sonu ortalama ve standart sapmaları gösterilmiştir. Kış-ilkbahardaki ve yaz-sonbahardaki dönemlerinde gerçekleştirilmiş örnekleme BC ortalamaları birbirine oldukça yakın iken hava sıcaklığının düşük olduğu kış-ilkbahar (8,2 ve 10,1ºC) dönemlerinde gerçekleştirilmiş örnekleme, sıcaklığın yüksek olduğu yaz-sonbahar (25,9 ve 21,9ºC) dönemlerinde gerçekleştirilmiş örnekleme BC ortalamalarından yaklaşık 1,8 kat daha yüksektir. BC'nin atmosferdeki konsantrasyonunun temel nedeni fosil yakıtların yanması iken çoğu zamanda BC konsantrasyonu sıcaklığın atmosferdeki karışım süreçlerine etkisiyle doğrudan bağlantılı olabilmektedir. Yazın yüksek sıcaklıklarda daha iyi karışım ve taşınım, BC'nin atmosferde daha geniş alanlara yayılmasına neden olabilir, düşük sıcaklıklar ise BC birikimini arttırabilir (Glojek vd., 2022).

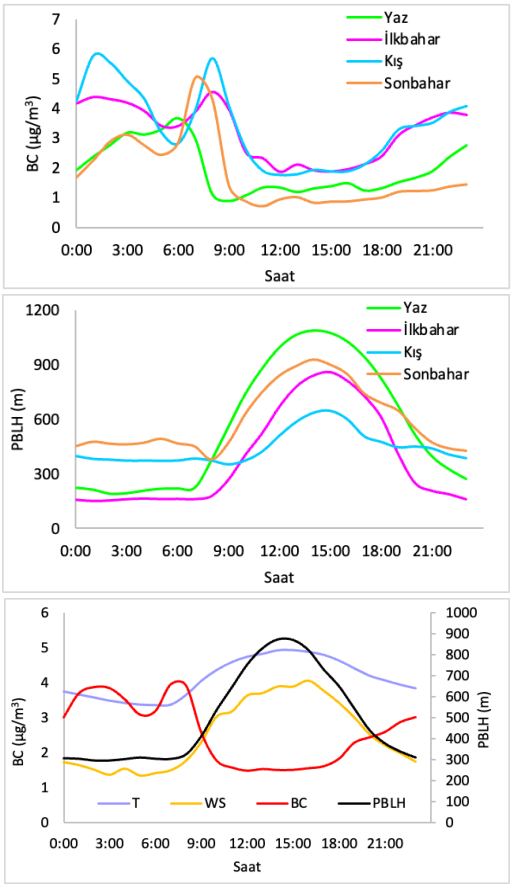
BC'nin kentsel ve trafik alanlarında izlenmesine yönelik literatürde birçok çalışma mevcuttur. Ancak bu çalışmaya benzer alanlarda (kent arka planı veya yarı kentsel alanlar) yapılan çalışmalar kısıtlıdır. Bu çalışmalar incelendiğinde BC ortalama konsantrasyonlarının mevsimsel değişime bağlı olarak Hindistan Nagpur'da 2.3 ile 4.8 µg/m^3 aralığında (Kant vd., 2020), Hindistan Delhi'de 5.0 ile 14.8 µg/m^3 aralığında (Şahin vd. 2022),Yunanistan Atina'da 1.3 ile 3.0 µg/m^3 aralığında (Liakakou vd., 2020), Almanya'da 1.9 ile 2.6 µg/m^3 aralığında (Kutzner vd., 2018), Taylan'da 14.5 ile 29.0 µg/m^3 aralığında (Srithawirat vd., 2021) ve Litvanya Vilnius'ta 0.5 ile 1.1 µg/m^3 aralığında (Pashneva vd., 2024) tespit edilmiştir. Bu çalışma kapsamında ölçülen BC değişim aralığı (1.9-3.3) Atina ve Almanya kentsel arka planında yapılan ölçümlerle benzerlik gösterirken, Hindistan ve Tayvan'dan daha düşük değerler almakta ve Litvanya'dan ise daha yüksek bir BC konsantrasyonunun ölçüldüğü görülmektedir. Genel olarak bu çalışma bulgularıyla da benzer şekilde tüm kentsel arka planlarda ölçülen BC konsantrasyonlarının kentsel ve trafik alanlarından önemli düzeyde daha düşük olduğu ancak buna karşın BC'nin gün içinde belirgin trafik piklerini (sabah, akşam) sergilediği, öğle saatlerinde minimum seviyelere ulaştığı ve kış mevsiminde ısınmaya bağlı biyokütle yakımı sebebiyle daha yüksek konsantrasyonlar oluştuğu belirtilmektedir. BC'nin atmosferdeki dağılımı hakkındaki araştırmalar; kaynak çeşitliliği, farklı topografya yapısı, atmosferik taşınımların etkisi, sınır tabaka dinamikleri ve meteorolojik koşulların etkisinden dolayı oldukça değişkenlik göstermektedir ve her kentte izlenmesi bir gerekliliktir.

İstanbul'da atmosferik BC konsantrasyonları konusunda yapılmış üç çalışma bulunmaktadır. Ancak tüm çalışmalar farklı özelliklerde de olsa trafik yanı alanlarda yapılmıştır. Özdemir vd.,(2014) tarafından yapılan çalışmada İstanbul Beşiktaş'ta seçilen 4 trafik yanı alanda ölçümler alınmış bunlardan sadece 1 tanesinde bir yıl süreyle ölçüm yapılırken diğer noktalarda sadece 18 gün ilkbaharda ölçüm yapılmıştır. Bir başka çalışmada (Şahin vd., 2020) ise yine trafik yanı bir istasyon olan Aksaray'da bir yıllık BC ölçümleri yapılmıştır. Kuzu vd., (2020) tarafından ise 10 ay süreyle Esenler ilçesinde bulunan ve etrafı yoğun yerleşimle çevrili Yıldız Teknik Üniversitesi Davutpaşa yerleşkesinde BC ölçümleri yapılmıştır (Kuzu vd., 2020). Bu çalışmalarda trafik yakını alanlar olan Beşiktaş ve Aksaray'da sırasıyla ortalama BC değerleri 12,9 µg/m^3 (Ozdemir vd., 2014) ve 6,5 µg/m^3 (Şahin vd., 2020) olarak tespit edilmiştir. Kentsel alan olan Esenlerde ise ortalama BC konsantrasyonu 2,8 µg/m^3 (Kuzu vd., 2020) olarak ölçülmüş olup bu çalışmada İTÜ Maslak yerleşkesinde ölçtüğümüz ortalama BC konsantrasyonuyla (2,6 µg/m^3) benzerlik gösterdiği görülmüştür. Türkiye'nin birçok şehrinde atmosferik ortamda günlük örneklenen partikül madde filtrelerinde elementel karbon (EC) tespitine yönelik çalışma yapılmışken (Yatkin ve Bayram, 2007; Öztürk ve Keleş, 2016; Koçak vd., 2021), İstanbul'da Flores vd. (2020) tarafından gün içinde 2 saatlik örnekleme yapılan filtrelerde EC konsantrasyonlarını bir trafik alanında izlemişlerdir ve yıllık ortalama EC değerini 4,1 µg/m^3 olarak tespit etmişlerdir.

Havanın sıcak olduğu örnekleme döneminde (yaz ve ilkbahar) hafta sonu ölçülen ortalama BC konsantrasyonu hafta içi konsantrasyonuna göre % 24 daha fazla olurken, soğuk olduğu örnekleme döneminde (sonbahar ve kış) hafta içi konsantrasyonu hafta sonu konsantrasyonundan yaklaşık % 46 daha fazla olduğu

belirlenmiştir. İstanbul'daki trafik yoğunluğunun BC seviyeleri üzerindeki etkilerinin detaylı incelendiği bir çalışmada hafta içi ve sonu BC değerleri oldukça yakın olup 6,6 µg/m^3 ve 6,4 µg/m^3 olarak tespit edilmiştir (Şahin vd., 2020) . Kaynağın çok yakınında yapılan bu ölçümlerde BC mevsimlere ve hafta sonu ve hafta içine göre anlamlı değişimler göstermezken, bu çalışmamızda olduğu gibi kaynaktan uzaklaştıkça ve kentsel arka plan özelliği gösteren alanlarda doğrudan kaynaktan etkilenmeyen ancak tüm kentin dağılan atmosferik koşulları temsil edildiği, dolayısıyla kışın daha çok yanma kaynağının (ısınma) etkili olduğu ve buna bağlı olarak da BC'nin baskın olduğu söylenebilir. Bazı çalışmalarda ise haftanın farklı günlerindeki antropojenik faaliyetlerin hafta içi ve hafta sonu konsantrasyonlarına etki gösterdiği vurgulanmaktadır (Suresh Kumar Reddy vd., 2012). Bu çalışmadaki sıcak havanın olduğu yaz dönemlerinde BC'nin hafta sonu daha yüksek olmasının temel sebebi İstanbul'un turistik bir şehir olması ve hafta sonu ve içi trafiğin her zaman yoğunluk göstermesi olduğu düşünülmektedir.

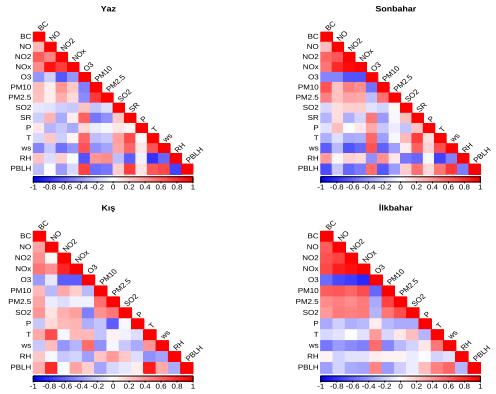
Kirleticilerin günlük değişimleri, yerel antropojenik faaliyetlerin ve mezo ölçekli atmosferik süreçlerin rolünü etkili bir şekilde yansıtabilmektedir (Suresh Kumar Reddy vd., 2012; Zhou vd., 2018). BC konsantrasyonu, PBHL'nin her mevsim için gün içi saatlik değişimi mevsimsel olarak Şekil 3a ve 3b'de verilmiştir. Ayrıca Şekil 3c'de tüm yıllık ortalama gün içi saatlik BC değişiminin rüzgâr hızı, sıcaklık ve PBHL ile değişimi gösterilmiştir. Genel olarak tüm mevsimlerde sabah saatlerinde BC konsantrasyonu hızla yükselmekte, öğle saatlerinde düşmekte ve akşam saatlerinde ise tekrar artış göstermektedir (Şekil 3a). İstanbul'da gün içi saatlerinde trafik akışı değişimi sabah saatlerinde artış gösterip gün içinde çok az azalma gösterip gece saatlerinde önemli bir azalma göstermektedir (Şahin vd., 2024). Tipik sabah akşam trafiğe bağlı BC piklerinin oluşumu Şekil 3a'da görülürken atmosferik koşulların (gün ortasında rüzgâr hızında, PBHL'de ve sıcaklıkta artış) etkisi ile gün ortasında BC konsantrasyonunda (Şekil 3c) azalma görülmektedir. Yapılan çalışmalarda PBHL'nin BC konsantrasyonlarının gün içindeki saatlere göre dağılımını etkileyebileceği (Liang vd., 2013; Şahin vd., 2020) belirtilmektedir ve Şekil 3'de görüleceği gibi gün ortasında PBLH değerleri yüksek, BC değerleri buna bağlı olarak düşüktür. Kış mevsimi örnekleme dönemi saatlik ortalama BC seviyeleri en yüksek iken yaz mevsimi örnekleme döneminde en düşük seviyelerdedir. Metropol alanda fosil yakıtların BC'un ana kaynağı olduğu, kış mevsiminde biyokütle yakmanın BC konsantrasyonlarını arttırdığı (Luoma vd., 2021), evsel ısınma emisyonların artmasının (Liakakou vd., 2020a) önemli bir BC artış sebebi olduğu yapılan çalışmalarla tespit edilmiştir. Bu çalışmada da hava sıcaklığının 10^{o}C'nin altına düştüğü gece saatlerinde sıcak dönemlere kıyasla neredeyse 3 kata yakın bir BC artışı olduğu görülmektedir. Buna karşın İstanbul'da trafik yakını bir alanda yapılan EC izleme çalışmasında ise EC'nin trafik alanında mevsimsel bir değişim göstermediği sonucuna varılmıştır (Flores vd. 2020).



Şekil 3. İstanbul Maslak Hava Kalitesi Ölçüm İstasyonunda kaydedilen BC (sol üst) ve PBLH (sağ üst) değerlerinin ölçüm dönemi ortalamalarına göre mevsimsel gün içi saatlik değişimi ve BC, PBHL, Sıcaklık ve Rüzgâr Hızının genel ortalama gün içi saatlik değişimi (alt).
Figure 3. Seasonal intraday hourly changes of BC (top left) and PBLH (top right) values recorded at the Istanbul Maslak Air Quality Measurement Station according to the measurement period averages and the general average intraday hourly changes of BC, PBHL, Temperature and Wind Speed (bottom).

BC'nin mevsimsel, meteorolojik, konumsal olarak dağılımının nasıl değiştiğine odaklanan çalışmalar; mevsimsel farklılıklar ve meteorolojik koşullardan kaynaklı farklı hava şartları yağış gibi süreçlerin günlük ortalama BC değerlerini değiştireceği (Williams vd., 2019) metropol alanda fosil yakıtların BC'nin ana kaynağı olduğunu, kış mevsiminde biyokütle yakmanın BC konsantrasyonlarını arttırdığını (Luoma vd., 2021) evsel ısınma emisyonların artması (Liakakou vd., 2020b), düşük rüzgar hızının BC konsantrasyonlarını arttırdığı ayrıca trafik yoğunluğunun BC salınımı etkileyebileceği (Jereb vd., 2021), yağışın BC'yi atmosferden uzaklaştırmada etkili bir yol olduğu (Barrett vd., 2019), PBLH'nin BC konsantrasyonlarının gün içindeki saatlere göre dağılımını etkileyebileceği (Ran vd., 2016) yaz aylarında ise düşük

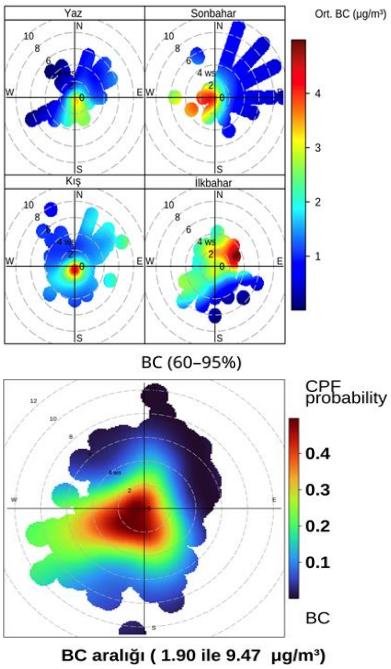
BC konsantrasyonlarının dikey karışma yükseklik değişimlerinden etkilenebileceği (Dumka vd., 2019) belirtilmektedir.



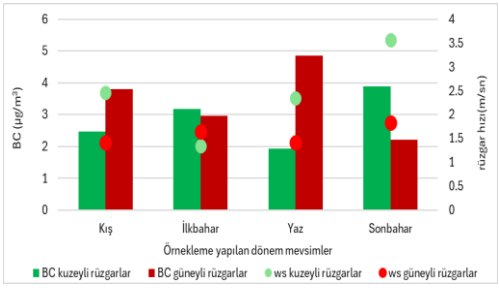
Şekil 4. İstanbul Maslak Hava Kalitesi Ölçüm İstasyonunda kaydedilen tüm parametreler arasındaki korelasyon seviyeleri. (Mavi renkler negatif korelasyonları kırmızı renkler pozitif korelasyonları ve renklerin koyulaşması korelasyonun kuvvetinin artışını göstermektedir).
Figure 4. Correlation levels between all parameters recorded at Istanbul Maslak Air Quality Measurement Station. (Blue colors indicate negative correlations, red colors indicate positive correlations and darker colors indicate an increase in the strength of the correlation).

BC ölçümleri sırasında eş zamanlı yapılan diğer parametreler ile BC arasındaki korelasyon seviyesi Şekil 4'te verilmiştir. BC ile NO arasındaki ilişki örnekleme dönemleri ortalama kış ($r = 0,36$, $p < 0,001$); yaz ($r = 0,27$, $p < 0,001$); sonbahar ($r = 0,25$, $p < 0,001$) mevsimlerinde zayıfken, ilkbaharda ($r = 0,64$, $p < 0,001$) bu korelasyon daha güçlüdür. BC ile NO_2 arasında kışın ($r = 0.43$, $p < 0.001$) orta düzeyde, ilkbahar ($r = 0,67$, $p < 0,001$) ve yaz ($r = 0,64$, $p < 0,001$) mevsimlerinde güçlü, sonbaharda ($r = 0,59$, $p < 0,001$) ise orta düzeyde bir ilişki bulunmaktadır. BC ile PM_{10} arasındaki korelasyon yaz ($r = 0,25$, $p < 0,001$) ve kış ($r = 0,27$, $p < 0,001$) mevsimlerinde zayıfken ilkbahar ($r = 0,63$, $p < 0,001$) ve sonbahar ($r = 0,67$, $p < 0,001$) mevsimlerinde güçlü bir korelasyon gözlemlenmiştir. BC ile $PM_{2.5}$ arasında yaz ($r = 0,23$, $p < 0,001$) ve kış ($r = 0,35$, $p < 0,001$) mevsiminde zayıf bir ilişki varken ilkbahar ($r = 0,45$, $p < 0,001$) ve sonbahar ($r = 0,49$, $p < 0,001$) mevsimlerinde orta düzeyde bir ilişki gözlemlenmiştir. BC ile O_3 arasında kışın ($r = -0,38$, $p < 0,001$) zayıf bir negatif ilişki, ilkbahar ($r = -0,56$, $p < 0,001$); yaz ($r = -0,40$, $p < 0,001$); sonbahar ($r = -0,48$, $p < 0,001$) mevsiminde orta düzeyde negatif bir ilişki bulunmuştur. BC ile SO_2 arasında kışın ($r = 0.42$, $p < 0.001$) orta düzeyde, ilkbaharda ($r = 0.40$, $p < 0.001$) zayıf, yaz ($r = -0,08$, $p = 0,087$) ve sonbahar ($r = -0,16$, $p < 0,01$) mevsimlerinde ise çok zayıf negatif bir ilişki bulunmuştur. BC ile WS arasında kışın ($r = -0,21$, $p < 0,001$) zayıf bir negatif, ilkbahar ($r = -0,53$, $p < 0,001$) ve yaz ($r = -0,47$, $p < 0,001$) mevsiminde orta düzeyde negatif, sonbaharda ($r = -0,64$, $p < 0,001$) ise güçlü bir negatif korelasyon ilişkisi bulunmuştur. BC ile T arasında kışın ($r = 0,32$, $p = 0,949$) zayıf, ilkbahar ($r = -0,15$, $p < 0,001$) ve yaz ($r = -0,15$, $p < 0,01$) mevsimlerinde çok zayıf negatif, sonbaharda ($r = -0,32$, $p < 0,001$) zayıf bir negatif ilişki bulunmaktadır. BC ile SR arasında yazın ($r = -0,18$, $p < 0,001$) çok zayıf negatif; sonbaharda ($r = -0,28$, $p < 0,001$) ise zayıf bir negatif korelasyon bulunmaktadır. BC ile P arasında yazın ($r = 0,10$, $p < 0,05$) çok zayıf; sonbaharda ($r = -0,10$, $p < 0,05$) ise çok zayıf negatif bir ilişki gözlemlenmiştir. BC ile RH arasında yaz ($r = 0,24$, $p < 0,001$); sonbahar ($r = 0,39$, $p < 0,001$); kış ($r = 0,2$, $p = 0,127$) mevsimlerinde zayıf bir ilişki, ilkbahar ($r = 0,05$, $p = 0,234$) mevsiminde çok zayıf bir ilişki bulunmaktadır. BC ile PBLH arasında kışın ($r = 0,32$, $p < 0,001$) zayıf bir ilişki, ilkbahar ($r = -0,37$, $p < 0,001$) ve yaz ($r = -0,25$, $p < 0,001$) mevsiminde zayıf negatif bir ilişki, sonbaharda ($r = -0,69$, $p < 0,001$) güçlü negatif bir ilişki gözlemlenmiştir.

Yapılan çalışmalarda kentsel alanlarda BC ile diğer kirleticiler arasındaki korelasyonların mevsimsel ve alansal olarak değişkenlik gösterdiği belirtilmektedir. Genel olarak trafiğin yakını alanlarda BC ile $PM_{2.5}$, NO_2 arasında güçlü bir korelasyon olduğu görülür. BC ile O_3 arasında görülen negatif korelasyon BC'nin birincil kirletici emisyonu olması ve O_3'un ise atmosferde oluşan bir kirletici olması nedeni ile doğal bir sonuçtur. Bu çalışma sonuçlarına benzer şekilde soğuk mevsimlerde ısınma faaliyetleri arttığından SO_2 ile pozitif korelasyonların arttığı belirtilmiştir (Ngarambe vd., 2021; F. Wang vd., 2021).



Şekil 5. İstanbul Maslak Hava Kalitesi Ölçüm İstasyonunda kaydedilen saatlik ortalama BC konsantrasyon değişiminin örnekleme dönem ortalamasına bağlı mevsimlere göre polar plot grafikleri (sol), tüm veri setinin maksimum %60-95 aralığı için CPF polar plot grafiği (sağ).
Figure 5. Polar plot graphs of hourly average BC concentration change recorded at the Istanbul Maslak Air Quality Measurement Station according to the seasons depending on the sampling period average (left), CPF polar plot graph for the maximum 60-95% range of the entire data set (right).



Şekil 6. BC ve rüzgâr hızının kuzeyli ve güneyli rüzgâr yönlerinde ortalama değerleri.
Figure 6. The average BC and wind speed during the northerly and westerly wind directions.

Şekil 5'te saatlik BC ölçümlerinin rüzgâr yönü ve hızına göre değişimini gösteren polar plot grafikleri verilmiştir. Yaz ve sonbahar mevsimlerinde düşük BC konsantrasyonlarının çoğunlukla rüzgâr yönünün kuzey, doğu, güney yönlerinden hâkim olduğu dönemlerde gerçekleştiği, buna karşın yüksek BC konsantrasyonlarının düşük rüzgâr hızının olduğu dönemlerde ölçüm istasyonu çevresindeki ve istasyonun kuzey-batısında bulunan kaynaklardan geldiği anlaşılmaktadır. Kış ve ilkbahar mevsimlerinde hemen hemen tüm yönlerden istasyona BC taşındığı ama yüksek konsantrasyonların düşük rüzgâr hızı ve doğu-güney-batı yönlü olduğunda gerçekleştiği görülmektedir. Ayrıca Şekil 6'da kuzeyli (kuzey, kuzeybatı ve kuzeydoğu) ve güneyli (güney, güneybatı ve güneydoğu) rüzgarların hakimiyetinde ortalama BC ve rüzgâr hızı değerleri gösterilmiştir. Bu grafikte açıkça güneyli rüzgarların hakimiyetinde ve düşük rüzgâr hızları olduğunda kış ve yaz dönemlerinde yüksek BC değerleri görülmektedir. İlkbaharda anlamlı bir değişim olmazken sonbaharda kuzeyli ve yüksek hızlı rüzgâr hakimiyetinde yüksek BC değerleri oluşmuştur. Yaz ve kış döneminde kırsal (kuzeyli) ve kentsel (güneyli) etki açıkça görülürken, yüksek rüzgâr hızı olan bahar dönemlerinde boğaz ve Karadeniz üzerinden gelen gemi kaynaklı emisyonların etkili olabileceği değerlendirilmiştir.

Maslak Bölgesinin kuzeybatı yönünde Atatürk Oto sanayi bölgesi bulunmaktadır. Bu bölge yoğun araç trafiği alanı olduğundan potansiyel bir kirlilik kaynağı olabilir. Maslak bölgesinin güney ve batı yönünde İstanbul'un batısından doğusuna uzanan uluslararası Avrupa otoyolu (E80) bulunmakta ve ayrıca bu yönde yoğun kentleşme alanları yer almaktadır (Şekil 1). Düşük rüzgâr hızında yüksek konsantrasyonların görülmesinin muhtemel sebebi ölçümlerin yürütüldüğü istasyonun üniversite yerleşkesi içinde okul servis araçları park alanının ve bu araçların kullandığı yola çok yakın bir lokasyonda olmasıdır. Ölçüm noktası çevresindeki kirlilik kampüs trafiği ile ilişkilendirilebilir.

BC konsantrasyonlarının düşük ve aşırı yüksek değerleri göz ardı edilerek orta ve yüksek aralıklarının görülebileceği kirlilik olasılığını hesaplamak için CPF istatiksel yöntem uygulanmış ve mevsimsel sonuçları Şekil 5-b'de verilmiştir. BC konsantrasyonlarının her rüzgâr hızında ölçüm noktasının güneybatı yönlerinden gelen rüzgârın etkisi ile en yüksek değerler aldığı, genel olarak düşük konsantrasyonların ise yüksek rüzgâr hızı olan kuzey rüzgarlarının hakimiyetinde gerçekleştiği görülmektedir. Karayolları Genel Müdürlüğü'nün 2023 yılı Trafik ve Ulaşım Bilgileri rapor verilerine göre E80 otoyolu üzerinde yapılan ölçümlerde günlük ortalama 100.000'den fazla araç geçişinin olduğu belirtilmektedir. Maslak istasyonunun güneyinden batısına kadar uzanan E80 otoyolunun İstanbul'daki en yoğun arterlerden biri olduğu bilinmektedir. Her ne kadar arka plan istasyon olarak genel ortalama BC değeri düşük ise de E80 trafiğinin yüksek konsantrasyonlarda önemli etkisi olduğu ve kent arka plan atmosferinde trafiğin önemli bir BC kaynağı olduğu açıkça görülmektedir.

ÇALIŞMANIN SINIRLAMALARI

Bu çalışmada BC ölçümleri tek dalga boyunda (880 nm) tek kanallı AE51 aethalometre ile yapılmıştır. Çok kanallı farklı dalga boylarında ölçüm yapabilen aethalometre cihazı mevcut olmadığından odun dumanı, tütün, biyokütle yanması gibi kaynakları temsil eden 375 nm dalga boyundaki BrC (kahverengi karbon) ölçülememiştir. Vernooij vd., tarafından yürütülen bir çalışmada 750 nm üzerindeki dalga boylarında BrC emiliminin katkısının % 10'dan daha az olduğu, ultraviyoledeki (100-400 nm) emilimin ise BrC tarafından domine edildiğini gösterilmiştir (Vernooij vd., 2022). Dolayısıyla 880 nm'deki emilimin sadece BC'den kaynaklandığını varsaymak çok yanlış bir yaklaşım olmasa da BC konsantrasyonunu % 10'dan daha az oranlarda fazla ölçüldüğünü söyleyebiliriz. Mevcutta tek bir BC ölçüm cihazı olduğu için mevsimsel ölçümler eş zamanlı yapılamamıştır.

GENEL DEĞERLENDİRME VE ÖNERİLER

Bu çalışmada İstanbul yarı kentsel alanı olan Maslak İstanbul Teknik Üniversitesi Kampüsünde her mevsim dakikalık izleme ile en az 20 gün farklı zamanlarda BC ölçümleri alınmış ve zamansal değişimleri ve diğer kirletici ve meteorolojik parametrelerle ilişkisi incelenmiştir. Ortalama BC konsantrasyonu 2.6 µg/m^3 ölçülmüştür ve kış mevsiminde en yüksek konsantrasyonlara ulaşırken, sırasıyla ilkbahar, yaz ve sonbahar mevsimlerinde daha düşük konsantrasyonlar gözlenmiştir. İstanbul kentsel arka planında tespit edilen ortalama BC konsantrasyonu genel olarak Avrupa kentsel arka planlarından çok az miktar yüksek veya benzer sonuçlar alırken, Asya kentsel arka plan ölçümlerinden çok daha düşük değerler almıştır. Gün içi saatlik BC değişimi

kentsel alanlarda ve trafik yanı alanlarda çoğunlukla temel kaynağın trafik olmasına bağlı olarak sabah ve akşam bariz pik değerler görülmektedir. Bu çalışmada da benzer bir sonuç gözlenmiş ve buna ilaveten ise sabah piklerinin çok daha belirgin olduğu görülmüştür. Kış döneminde yapılan ölçümlerin yaza kıyasla 1.7 kat daha yüksek olduğu ve gece değerlerin gündüze kıyasla 2 kat daha fazla olduğu tespit edilmiştir. Mevsimsel ve gün içi saatlik BC değişimlerinde meteoroloji koşullarında önemli bir etken olduğu tespit edilmiştir. Kentsel arka plan ölçüm noktalarında BC'nin kaynağı tüm kent dinamiklerini temsil edecek şekilde gerçekleşmektedir. Trafik en önemli kaynak olurken, kışın ısınma önemli bir kaynaktır.

Kentsel alanlarda BC'nin esas olarak araç emisyonlarından kaynaklandığı ve tüm kentsel atmosfere dağıldığı değerlendirildiğinde özellikle dizel araçlarda etkin filtre sisteminin kullanılması BC azaltımı için önemli bir çözüm olarak önerilmektedir. Coğrafi konum, mevsimsel farklılıklar, yerleşim yerlerindeki emisyon çeşitlilikleri ve meteorolojik koşullar gibi faktörlerin BC konsantrasyonlarını etkilemesinden dolayı genelde çalışmalar hem bölgesel hem de küresel ölçekte BC'nin uzun vadeli ölçümlerinin yetersiz olduğunu vurgulamaktadır. Türkiye'de kentsel ortamlarda BC'nin mekânsal dağılımının anlaşılması için uzun süreli mevsimsel farklar ortaya konarak hem sabit hem mobil ölçümlerle izlenmesi ve ilgili azaltıcı önlem politikalarının geliştirilmesi gerekmektedir.

TEŞEKKÜR

Bu çalışma, Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu (TÜBİTAK) 122Y079 numaralı proje ve İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa, BAP koordinatörlüğü FBA-2024-36086 numaralı proje tarafından desteklenmiş ve finanse edilmiştir. Bu destek için İUC_BAP ve TÜBİTAK'a teşekkür ederiz. Ayrıca, Maslak hava kalitesi istasyonunda ölçümlerin yapılmasında verdikleri izin ve destek ve ayrıca hava kirleticileri ve meteorolojik parametre verilerini sağlamadaki destekleri için İstanbul Büyükşehir Belediyesi, Çevre Koruma ve Kontrol Daire Başkanlığı'na (IBB-ÇKKDB) ve tüm çalışanlarına özellikle de Muhammet Doğan ve Nurten Şentürk'e çok teşekkür ederiz.

KAYNAKLAR

Abdillah, S.F.I. & Wang, Y.F. (2023). Ambient ultrafine particle (PM0.1): Sources, characteristics, measurements and exposure implications on human health. Içinde *Environmental Research* (C. 218). DOI: 10.1016/j.envres.2022.115061

Ahmed, T., Dutkiewicz, V.A., Shareef, A., Tuncel, G., Tuncel, S. & Husain, L. (2009). Measurement of black carbon (BC) by an optical method and a thermal-optical method: intercomparison for four sites. *Atmos. Environ., 43*, 6305-6311.

Barrett, T.E., Ponette-González, A.G., Rindy, J.E. & Weathers, K.C. (2019). Wet deposition of black carbon: A synthesis. Içinde *Atmospheric Environment* (C. 213). DOI: 10.1016/j.atmosenv.2019.06.033

Beres, N.D., Lapuerta, M., Cereceda-Balic, F. & Moosmüller, H. (2020). Snow surface albedo sensitivity to black carbon: Radiative transfer modelling. *Atmosphere*, ***11***(10). DOI: 10.3390/atmos11101077

Bond, T.C., Doherty, S. J., Fahey, D.W., Forster, P.M., Berntsen, T., Deangelo, B.J., Flanner, M.G., Ghan, S., Kärcher, B., Koch, D., Kinne, S., Kondo, Y., Quinn, P.K., Sarofim, M.C., Schultz, M.G., Schulz, M., Venkataraman, C., Zhang, H., Zhang, S., … & Zender, C.S. (2013). Bounding the role of black carbon in the climate system: A scientific assessment. *Journal of Geophysical Research Atmospheres*, ***118***(11). DOI: 10.1002/jgrd.50171

Cape, J.N., Coyle, M. & Dumitrean, P. (2012). The atmospheric lifetime of black carbon. *Atmospheric Environment*, ***59***. DOI: 10.1016/j.atmosenv.2012.05.030

Dumka, U. C., Kaskaoutis, D. G., Devara, P. C. S., Kumar, R., Kumar, S., Tiwari, S., Gerasopoulos, E. & Mihalopoulos, N. (2019). Year-long variability of the fossil fuel and wood burning black carbon components at a rural site in southern Delhi outskirts. *Atmospheric Research*, ***216***. DOI:10.1016/j.atmosres.2018.09.016

Ezber, Y. & Sen, O. L. (2022). WRF sensitivity simulations of a dense advection fog event in Istanbul. *Theoretical and Applied Climatology*, ***148***(1-2). DOI: 10.1007/s00704-022-03966-0

Glojek, K., Močnik, G., Alas, H. D. C., Cuesta-Mosquera, A., Drinovec, L., Gregorič, A., Ogrin, M., Weinhold, K., Ježek, I., Müller, T., Rigler, M., Remškar, M., Van Pinxteren, D., Herrmann, H., Ristorini, M., Merkel, M., Markelj, M. & Wiedensohler, A. (2022). The impact of temperature inversions on black carbon and particle mass concentrations in a mountainous area. *Atmospheric Chemistry and Physics*, ***22***(8). DOI: 10.5194/acp-22-5577-2022

Gu, Y., Zhang, W., Yang, Y., Wang, C., Streets, D.G. & Yim, S.H.L. (2020). Assessing outdoor air quality and public health impact attributable to residential black carbon emissions in rural China. *Resources, Conservation and Recycling*, ***159***. DOI: 10.1016/j.resconrec.2020.104812

Flores, R.M., Mertoğlu, E., Özdemir, H., Akkoyunlu, B.O., Demir, G., Ünal, A. & Tayanç, M. (2020). A high-time resolution study of PM2. 5, organic carbon, and elemental carbon at an urban traffic site in Istanbul. Atmospheric Environment, ***223***, 117241.

Hansen, A.D.A., Rosen, H. & Novakov, T. (1984). The aethalometer - An instrument for the real-time

measurement of optical absorption by aerosol particles. *Science of the Total Environment, The*, ***36***(C). DOI: 10.1016/0048-9697(84)90265-1

Hu, D., Alfarra, M.R., Szpek, K., Langridge, J.M., Cotterell, M.I., Belcher, C., Rule, I., Liu, Z., Yu, C., Shao, Y., Voliotis, A., Du, M., Smith, B., Smallwood, G., Lobo, P., Liu, D., Haywood, J.M., Coe, H. & Allan, J.D. (2021). Physical and chemical properties of black carbon and organic matter from different combustion and photochemical sources using aerodynamic aerosol classification. *Atmospheric Chemistry and Physics*, ***21***(21). DOI: 10.5194/acp-21-16161-2021

IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change). (2019). *"Methodology Report on Short-lived Climate Forcers"*. https://www.ipcc.ch/report/methodology-report-on-short-lived-climate-forcers/

İstanbul Hava Kalitesi İzleme Ağı. (2024). https://havakalitesi.ibb.gov.tr/. (Erişim Tarihi:8.10.2024)

Jereb, B., Gajšek, B., Šipek, G., Kovše, Š. & Obrecht, M. (2021). Traffic density-related black carbon distribution: Impact of wind in a basin town. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, ***18***(12). DOI: 10.3390/ijerph18126490

Kant, Y., Shaik, D.S., Mitra, D., Chandola, H.C., Babu, S.S. & Chauhan, P. (2020). Black carbon aerosol quantification over north-west Himalayas: Seasonal heterogeneity, source apportionment and radiative forcing. *Environmental Pollution*, ***257***, 113446.

Kirchstetter, T.W. & Novakov, T. (2007). Controlled generation of black carbon particles from a diffusion flame and applications in evaluating black carbon measurement methods. *Atmospheric Environment*, ***41***(9). DOI: 10.1016/j.atmosenv.2006.10.067

Klimont, Z., Kupiainen, K., Heyes, C., Purohit, P., Cofala, J., Rafaj, P., Borken-Kleefeld, J. & Schöpp, W. (2017). Global anthropogenic emissions of particulate matter including black carbon. *Atmospheric Chemistry and Physics*, ***17***(14). DOI: 10.5194/acp-17-8681-2017

Koçak, E., Kılavuz, S.A., Öztürk, F., İmamoğlu, İ. & Tuncel, G. (2021). Characterization and source apportionment of carbonaceous aerosols in fine particles at urban and suburban atmospheres of Ankara, Turkey. *Environmental Science and Pollution Research*, ***28***, 25701-25715.

Kutzner, R.D., von Schneidemesser, E., Kuik, F., Quedenau, J., Weatherhead, E.C. & Schmale, J. (2018). Long-term monitoring of black carbon across Germany. *Atmospheric Environment*, ***185***, 41-52.

Kuzu, S.L., Yavuz, E., Akyüz, E., Saral, A., Akkoyunlu, B.O., Özdemir, H., Demir, G. & Ünal, A. (2020). Black carbon and size-segregated elemental carbon, organic carbon compositions in a megacity: a case study for Istanbul. *Air Quality, Atmosphere and Health*, ***13***(7). DOI: 10.1007/s11869-020-00839-1

Liakakou, E., Stavroulas, I., Kaskaoutis, D.G., Grivas, G., Paraskevopoulou, D., Dumka, U.C., Tsagkaraki, M., Bougiatioti, A., Oikonomou, K., Sciare, J., Gerasopoulos, E. & Mihalopoulos, N. (2020a). Long-term variability, source apportionment and spectral properties of black carbon at an urban background site in Athens, Greece. *Atmospheric Environment*, ***222***. DOI: 10.1016/j.atmosenv.2019.117137

Liakakou, E., Stavroulas, I., Kaskaoutis, D.G., Grivas, G., Paraskevopoulou, D., Dumka, U.C., Tsagkaraki, M., Bougiatioti, A., Oikonomou, K., Sciare, J., Gerasopoulos, E. & Mihalopoulos, N. (2020b). Long-term variability, source apportionment and spectral properties of black carbon at an urban background site in Athens, Greece. *Atmospheric Environment*, ***222***. DOI: 10.1016/j.atmosenv.2019.117137

Liang, M. S., Keener, T. C., Birch, M. E., Baldauf, R., Neal, J., & Yang, Y. J. (2013). Low-wind and other microclimatic factors in near-road black carbon variability: A case study and assessment implications. *Atmospheric Environment*, ***80***. DOI: 10.1016/j.atmosenv.2013.07.057

Lin, Y. L., Farley, R. D., & Orville, H. D. (1983). Bulk parameterization of the snow field in a cloud model. *Journal of Climate & Applied Meteorology*, ***22***(6). DOI: 10.1175/1520-0450(1983)022<1065:BPOTSF>2.0.CO;2

Luoma, K., Niemi, J.V., Aurela, M., Lun Fung, P., Helin, A., Hussein, T., Kangas, L., Kousa, A., Rönkkö, T., Timonen, H., Virkkula, A. & Petäjä, T. (2021). Spatiotemporal variation and trends in equivalent black carbon in the Helsinki metropolitan area in Finland. *Atmospheric Chemistry and Physics*, ***21***(2). DOI: 10.5194/acp-21-1173-2021

Ma, Y., Huang, C., Jabbour, H., Zheng, Z., Wang, Y., Jiang, Y., Zhu, W., Ge, X., Collier, S. & Zheng, J. (2020). Mixing state and light absorption enhancement of black carbon aerosols in summertime Nanjing, China. *Atmospheric Environment*, ***222***. DOI: 10.1016/j.atmosenv.2019.117141

Mao, M., Zhou, Y. & Zhang, X. (2023). Evaluation of MERRA-2 Black Carbon Characteristics and Potential Sources over China. *Atmosphere*, ***14***(9). DOI: 10.3390/atmos14091378

Motos, G., Schmale, J., Corbin, J.C., Modini, R.L., Karlen, N., Bertò, M., Baltensperger, U. & Gysel-Beer, M. (2019). Cloud droplet activation properties and scavenged fraction of black carbon in liquid-phase clouds at the high-alpine research station Jungfraujoch (3580ma.s.l.). *Atmospheric Chemistry and Physics*, ***19***(6). DOI: 10.5194/acp-19-3833-2019

Myhre, G. & Samset, B. H. (2015). Standard climate models radiation codes underestimate black

carbon radiative forcing. *Atmospheric Chemistry and Physics*, ***15***(5). DOI: 10.5194/acp-15-2883-2015

Ngarambe, J., Joen, S. J., Han, C. H., & Yun, G. Y. (2021). Exploring the relationship between particulate matter, CO, SO2, NO2, O3 and urban heat island in Seoul, Korea. *Journal of Hazardous Materials*, ***403***. DOI: 10.1016/j.jhazmat.2020.123615

Nguyen, H.T. & Roper, C. (2024). Black carbon concentrations, sources, and health risks at six cities in Mississippi, USA. *Air Quality, Atmosphere and Health*, ***17***(1). DOI: 10.1007/s11869-023-01433-x

Nilsson Sommar, J., Andersson, E.M., Andersson, N., Sallsten, G., Stockfelt, L., Ljungman, P.L.S., Segersson, D., Eneroth, K., Gidhagen, L., Molnar, P., Wennberg, P., Rosengren, A., Rizzuto, D., Leander, K., Lager, A., Magnusson, P.K.E., Johansson, C., Barregard, L., Bellander, T., … & Forsberg, B. (2021). Long-term exposure to particulate air pollution and black carbon in relation to natural and cause-specific mortality: A multicohort study in Sweden. *BMJ Open*, ***11***(9). DOI: 10.1136/bmjopen-2020-046040

Ozdemir, H., Pozzoli, L., Kindap, T., Demir, G., Mertoglu, B., Mihalopoulos, N., Theodosi, C., Kanakidou, M., Im, U. & Unal, A. (2014). Spatial and temporal analysis of black carbon aerosols in Istanbul megacity. *Science of the Total Environment*, *473-474*. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2013.11.102

Öztürk, F. & Keleş, M. (2016). Wintertime chemical compositions of coarse and fine fractions of particulate matter in Bolu, Turkey. *Environmental Science and Pollution Research*, ***23***, 14157-14172.

Pashneva, D., Minderytė, A., Davulienė, L., Dudoitis, V. & Byčenkienė, S. (2024). Understanding the Dynamics of Source-Apportioned Black Carbon in an Urban Background Environment. *Atmosphere*, ***15***(7), 832.

R Core Team. (2023). *R: A language and environment for statistical computing* (4.3.1). R Foundation for Statistical Computing.

Ramanathan, V. & Carmichael, G. (2008). Global and regional climate changes due to black carbon. Içinde *Nature Geoscience* ***1***(4). DOI: 10.1038/ngeo156

Ran, L., Deng, Z., Xu, X., Yan, P., Lin, W., Wang, Y., Tian, P., Wang, P., Pan, W. & Lu, D. (2016). Vertical profiles of black carbon measured by a micro-aethalometer in summer in the North China Plain. *Atmospheric Chemistry and Physics*, ***16***(16). DOI: 10.5194/acp-16-10441-2016

Ritz, B., Hoffmann, B. & Peters, A. (2019). The effects of fine dust, ozone, and nitrogen dioxide on health. Içinde *Deutsches Arzteblatt International* ***116***(51-52). DOI: 10.3238/arztebl.2019.0881

Skamarock W.C., et al. (2008). A description of the advanced research WRF version 3, NCAR Tech. Note, NCAR/TN-468+STR. *Natl. Cent. for Atmos. Res. Boulder, Colorado, June.*

Suresh Kumar Reddy, B., Raghavendra Kumar, K., Balakrishnaiah, G., Rama Gopal, K., Reddy, R.R., Reddy, L.S.S., Nazeer Ahammed, Y., Narasimhulu, K., Krishna Moorthy, K. & Suresh Babu, S. (2012). Potential source regions contributing to seasonal variations of black carbon aerosols over Anantapur in southeast India. *Aerosol and Air Quality Research*, *12*(3). DOI: 10.4209/aaqr.2011.10.0159

Srithawirat, T., Garivait, S. & Brimblecombe, P. (2021). Seasonal variation of black carbon in fine particulate matter in semi-urban and agricultural areas of Thailand. *Aerosol Science and Engineering*, ***5***(4), 419-428.

Şahin, Ü.A., Ayvaz, C., Hama, S., Onat, B., Uzun, B., Dogan, M., Bediroglu, G. & Harrison, R.M. (2024). Assessment of ambient particulate matter and trace gases in Istanbul: Insights from long-term and multi-monitoring stations. *Atmospheric Pollution Research*, *15*(5). DOI: 10.1016/j.apr.2024.102089

Şahin, Ü.A., Onat, B., Akın, Ö., Ayvaz, C., Uzun, B., Mangır, N., Doğan, M. & Harrison, R. M. (2020). Temporal variations of atmospheric black carbon and its relation to other pollutants and meteorological factors at an urban traffic site in Istanbul. *Atmospheric Pollution Research*, ***11***(7). DOI: 10.1016/j.apr.2020.03.009

Şahin, Ü. A., Harrison, R. M., Alam, M. S., Beddows, D. C. S., Bousiotis, D., Shi, Z., Crilley, L. R., Bloss, W., Brean, J., Khanna, I., and Verma, R. (2022) Measurement report: Interpretation of wide-range particulate matter size distributions in Delhi, *Atmos. Chem. Phys.*, ***22***, 5415-5433. DOI: 10.5194/acp-22-5415-2022.

Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK). (2023). *İstanbul Nüfus Verileri 2023*. https://www.tuik.gov.tr/. (Erişim Tarihi:8.10.2024)

T.C. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı. (2008). Hava kalitesi değerlendirme ve yönetimi yönetmeliği. https://www.mevzuat.gov.tr/ (Erişim tarihi: 29 Eylül 2024)

Vernooij, R., Winiger, P., Wooster, M., Strydom, T., Poulain, L., Dusek, U., Grosvenor, M., Roberts, G. J., Schutgens, N. & Van Der Werf, G.R. (2022). A quadcopter unmanned aerial system (UAS)-based methodology for measuring biomass burning emission factors. *Atmospheric Measurement Techniques*, ***15***(14). DOI: 10.5194/amt-15-4271-2022

Viana, M., Querol, X., Reche, C., Favez, O., Malherbe, L., Ustache, A., ... & Guerreiro, C. (2012). Particle number (PNC) and black carbon (BC) in European urban air quality networks. ETC/ACM Technical Paper, 6.

Wang, F., Xu, J., Huang, Y. & Xiu, G. (2021). Characterization of black carbon and its

correlations with vocs in the northern region of hangzhou bay in shanghai, china. *Atmosphere*, ***12***(7). DOI: 10.3390/atmos12070870

Wang, M., Chen, Y., Fu, H., Qu, X., Li, B., Tao, S. & Zhu, D. (2020). An investigation on hygroscopic properties of 15 black carbon (BC)-containing particles from different carbon sources: Roles of organic and inorganic components. *Atmospheric Chemistry and Physics*, ***20***(13). DOI: 10.5194/acp-20-7941-2020

Watson, J.G., Chow, J.C., Chen, L.W.A., 2005. Summary of organic and elemental carbon/black carbon analysis methods and intercomparisons. *Aerosol Air Qual. Res.* ***5***, 65-102.

Williams, M. A., Kumar, T. V. L., & Rao, D. N. (2019). Characterizing black carbon aerosols in relation to atmospheric boundary layer height during wet removal processes over a semi urban location. *Journal of Atmospheric and Solar-Terrestrial Physics*, ***182***. DOI: 10.1016/j.jastp.2018.11.018

Yatkin, S., & Bayram, A. (2007). Elemental composition and sources of particulate matter in the ambient air of a Metropolitan City. *Atmospheric Research*, ***85***(1), 126-139.

Zeng, C., Liu, C., Li, J., Zhu, B., Yin, Y. & Wang, Y. (2019). Optical Properties and Radiative Forcing of Aged BC due to Hygroscopic Growth: Effects of the Aggregate Structure. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, ***124***(8). DOI: 10.1029/2018JD029809

Zhang, Z., Cheng, Y., Liang, L. & Liu, J. (2023). The Measurement of Atmospheric Black Carbon: A Review. *Toxics*, ***11***(12), 975. DOI: 10.3390/toxics11120975

Zhou, B., Wang, Q., Zhou, Q., Zhang, Z., Wang, G., Fang, N., Li, M. & Cao, J. (2018). Seasonal characteristics of black carbon aerosol and its potential source regions in Baoji, China. *Aerosol and Air Quality Research*, ***18***(2). DOI: 10.4209/aaqr.2017.02.0070

Zhou, J., Tie, X., Yu, Y., Zhao, S., Li, G., Liu, S., Zhang, T. & Dai, W. (2020). Impact of the emission control of diesel vehicles on black carbon (BC) concentrations over China. *Atmosphere*, ***11***(7). DOI: 10.3390/atmos11070696

Journal of Anatolian Environmental and Animal Sciences
(*Anadolu Çevre ve Hayvancılık Bilimleri Dergisi*)
DOI: https://doi.org/10.35229/jaes.1447207

JAES
Year: 9, No: 4, 2024 (660-668)
AÇEH
Yıl: 9, Sayı: 4, 2024 (660-668)

ARAŞTIRMA MAKALESİ RESEARCH PAPER

Aylık Su Talebinin Tahmininde Veri Büyüklüğünün Etkisinin Değerlendirilmesi; Ankara (Etimesgut) Örneği [*]

Kamil AYBUĞA[1*], Aysel Gamze YÜCEL IŞILDAR[2]
[1] *Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Çevre Bilimleri Ana Bilim Dalı, Ankara, Türkiye*
[2] *Gazi Üniversitesi, Mimarlık Fakültesi, Şehir ve Bölge Planlama Bölümü, Ankara, Türkiye*

Received: *15.06.2024* ***Accepted:*** *03.10.2024* ***Puplished:*** *31.12.2024*
Atıf yapmak için: **Aybuğa, K. & Yücel Işıldar, A.G. (2024).** *Aylık Su Talebinin Tahmininde Veri Büyüklüğünün Etkisinin Değerlendirilmesi; Ankara (Etimesgut) Örneği*. *Anadolu Çev. ve Hay. Dergisi*, ***9***(4), 660-668. https://doi.org/10.35229/jaes.1447207
How to cite: **Aybuğa, K. & Yücel Işıldar, A.G. (2024).** *Evaluation of the Effect of Data Size on Monthly Water Demand Estimation; Ankara (Etimesgut) Case Study*. *J. Anatolian Env. and Anim. Sciences*, ***9***(4), 660-668. https://doi.org/10.35229/jaes.1447207

*: https://orcid.org/0000-0003-0523-807X
: https://orcid.org/0000-0001-8528-1806

***Sorumlu yazar:**
Kamil AYBUĞA
Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Çevre Bilimleri Ana Bilim Dalı, Ankara, Türkiye
✉: kamilaybuga@gmail.com

Öz: Kentsel su yönetiminin planlama ve işletme süreçlerine yönelik en önemli adımı, su talep tahminidir. Su talebinin tahmini, birbirinden çok farklı yöntemlerle ortaya konulabilen bir dizi kestirimden oluşmaktadır. Genel olarak literatürde pek çok yöntem ile karşılaşılmaktadır. Ancak bu yöntemlerin kestirim gücü ve açıklayıcılık düzeyi verilerin miktarı ve zamansal çözünürlüğü gibi unsurlarla ilişkili biçimde değişkenlik göstermektedir. Özellikle tek değişkenli (sadece zaman serisi kullanılan) analizlerde uygun miktarda verinin kullanılması gerekmektedir.
Bu araştırmada, zaman serisi analizinde veri ön işleme ve kestirim yöntemi olarak da kullanılabilen veri düzleştirme (smoothing) yöntemlerinin aylık su talebinin tahminindeki etkinliği ve doğru tahminler üretilmesi için gerekli veri büyüklüğü ele alınmıştır. Bu maksatla, Ankara İline ait aylık su tüketim verileri üzerinden; "Ağırlıklı Hareketli Ortalama", "Üssel Hareketli Ortalama", "Doğrusal Eğilim Projeksiyonu", "İkinci Dereceden Eğilim Projeksiyonu", 'Holt Çifte Üssel Düzleştirme' yöntemleri uygulanarak tahmin konusundaki etkinlikleri değerlendirilmiştir. Elde edilen bulgulara göre, aylık düzeyde su talebinin tahmininde Holt Çifte Üssel Düzleştirme yönteminin ortalama %3,1 hata değeriyle veri setindeki varyansı tahmin etme konusunda en iyi yöntem olduğu anlaşılmaktadır.

Anahtar kelimeler: Ankara, aylık su tüketimi, konut su tüketimi, tahmin, zaman serisi analizi.

Evaluation of the Effect of Data Size on Monthly Water Demand Estimation; Ankara (Etimesgut) Case Study

***Corresponding author:**
Kamil AYBUĞA
Gazi University, Graduate School of Natural and Applied Sciences, Environmental Sciences, Ankara, Türkiye
✉: kamilaybuga@gmail.com

Abstract: One of the most crucial steps in urban water management planning and operation is demand forecasting. Forecasting water demand consists a series of predictions that can be made using various methods. However, the predictive power and explanatory level of these methods vary depending on factors such as the amount of data and temporal resolution. Especially in univariate analyzes (using only time series), to reach a satisfying level of predictive power, appropriate amount of data should be benefited.
In this research, the effectiveness and the required data size of data smoothing methods, which can also be employed as pre-processing and forecasting methods in time series analysis, is discussed. For this purpose, Weighting Moving Average, Exponential Moving Average, Lineer Trend Projection, Quadratical Trend Projection, Holt Double Exponential Smoothing methods were applied to monthly water consumption data of a selected district of Ankara Province and their effectiveness in prediction was evaluated. According to the findings, it is understood that the Holt's DES is the best method in estimating the variance in the data set with an average error value of 3.1% in estimating monthly water demand.

Keywords: Ankara, demand forecasting, residential water demand, smoothing, time-series analysis.

GİRİŞ

Kentsel su yönetiminin planlama ve işletme süreçlerine yönelik en önemli adımı, talebin tahminidir. Su talebinin tahmini, gelecekteki su ihtiyaçlarının tahmin edilmesini ifade etmektedir ve birbirinden çok farklı yöntemlerle gerçekleştirilebilmektedir. Bu tahminler, pek çok planlama ve optimizasyon stratejisinin üretilmesi için gereklidir. Zamansal ölçekte değerlendirildiğinde su talebi uzun dönem, orta vadeli ve kısa dönem projeksiyonlar

[*] *Bu çalışma, Kamil Aybuğa'nın doktora tezinden üretilmiştir.* *This study was produced from the PhD thesis prepared by Kamil Aybuğa.*

olarak sınıflandırılabilmektedir. Uzun vadeli projeksiyonlar yeni bir sistemin planlama ve tasarımında veya mevcut bir su sistemi için genişletme planları için kullanılırken kısa dönem projeksiyonlar, mevcut sistemlerin işletiminde ve yönetiminde tercih edilmektedir (Jain 2001). Genel olarak, doğru bir tahmin; talebi karşılamak için ihtiyaç duyulan su miktarını ve suyun toplanması, arıtılması ve dağıtılması gibi işletim süreçlerinde kullanılan enerjinin azaltılmasına olanak tanımaktadır (Ponte vd., 2015). Bunun yanı sıra suyun depolanması için ihtiyaç duyulan depolama ve dağıtım sistemlerinin optimum tasarım kriterlerinin geliştirilmesi gibi çeşitli faydalar sağlayabilmektedir. Halihazırda su talebinin tahminine ilişkin çalışmaların genel olarak zaman serisi analizi, yapay zekâ gibi birbirinden farklı nitelikteki bir dizi yöntem ile gerçekleştirilmektedir. Ancak veri büyüklüğünün tahmin doğruluğuna olan etkisinin değerlendirildiği bir yaklaşım bulunmamaktadır. Bu bağlamda bu araştırmada, aylık su tüketim verilerinin tahmini konusunda veri büyüklüğünün etkisi değerlendirilmiştir. Bu amaçla zaman serisi analizinde hem veri ön işleme hem de tahmin geliştirme maksadıyla kullanılabilen hareketli ortalama yöntemleri kullanılarak, bu yöntemlerin eldeki serinin tamamına ait varyansı açıklama oranı değerlendirilmiştir. Böylelikle spesifik olarak veri büyüklüğünün tahmin doğruluğu üzerindeki etkisini tespit etmek üzere; hareketli ortalama yöntemlerinin mevcut verideki varyasyonu bütüncül olarak tahmin etme düzeyi belirlenmiştir.

Kavramsal çerçeve: Bu araştırmanın temel hedefi, zaman serisi analizinde veri ön işleme ve kestirim yöntemi olarak da kullanılabilen veri düzleştirme (smoothing) yöntemleri kullanılarak doğru tahminler üretilmesi için gerekli veri büyüklüğünün tespit edilmesidir. Su talebinin tahmini doğası gereği karmaşık bir süreçtir (Donkor vd., 2014; Hanif vd., 2013; House-Peters & Chang, 2011). Konutlardan kaynaklanan su talebi; insanlar ve kentsel doğal sistemler arasındaki bireysel, evsel, bölgesel ve ulusal ölçekli etkileşimler ile mekânsal ve zamansal ilişkilerin bir sonucu olarak ortaya çıkmaktadır (House-Peters & Chang, 2011). Birçok durumda elde çok değişkenli analiz yapmaya elverişli ve yeterli çözünürlükte veri bulunmadığında ilk akla gelen araçlar, zaman serisi analizi gibi tek değişkenli (univariate) analize imkân sağlayan yöntemlerdir. Bir tahmin geliştirilmesi konusunda ilk akla gelen çözüm ise bir önceki verinin tahmin olarak kullanılmasıdır (Naïve yaklaşım). Bu basit yaklaşımın daha derinlemesine detaylandırılması ise belli sayıda geçmiş verisinin tahmin için kullanılması (Moving Average), bunların kendi aralarında (Weighted Moving Average-WMA) veya üssel olarak ağırlıklandırılması (Exponensial Moving Average-EMA), trendin doğrusal veya doğrusal olmayan bir projeksiyon yöntemine uydurulması (Lineer Trend Projection-LTP / Quadratic Trend Projection-QTP) ve bir önceki tahminin hata düzeyinin bir sonraki tahmin için bir katsayı haline getirilmesi (Holt DES gibi) gibi yöntemleri/araçları ortaya çıkarmıştır. Bu yöntemlerle eldeki verilerin niteliğine göre farklılaşan düzeyde tahmin doğruluğuna ulaşılabilmektedir. Bu yöntemlerden etkin biçimde yararlanılması için her birinin verilere uygunluk durumunun iyi biçimde analiz edilmesi gerekmektedir.

Su talebi tahmininde zaman serisi analizi, zaman içinde su talebinin değişmesine katkıda bulunan çeşitli bileşenlerin istatistiksel olarak betimlenmesine dayanmaktadır. Bir zaman serisi, belirli bir değişkene ilişkin kronolojik bir gözlem dizisinden oluşmaktadır. Bir zaman serisi modeli, uzun vadeli bir eğilim bileşeni, bir döngüsel bileşen ve bir varyans bileşeninden oluşmaktadır. Zaman serisi tahminin temel zorluklarından biri, verilerin gidişatında artış veya azalış olarak kendini gösteren eğilimin (trend) yakalanmasıdır. Düzleştirme (smoothing) yöntemleri ile verideki genel eğilim gecikmeli şekilde yakalanabilmektedir. Genel olarak eğer veri setinde mevsimsel etki ve trend etkisi olmadığı ve tahmin ufkunun çok uzak olmadığı durumlarda WMA, EMA, LTP, QTP, Holt DES gibi veri düzleştirme yöntemlerinin elverişli araçlar olduğu değerlendirilmektedir. Bu doğrultuda bu araştırmada adı geçen yöntemlere ilişkin bir uygulama yapılarak özellikle veri büyüklüğüyle ilişkili biçimde kestirim doğruluklarının nasıl değişim gösterdiği araştırılmıştır.

Literatür araştırması: Bu araştırma kapsamında kentsel su tüketiminin tahminine yönelik olarak literatürde yer alan zaman-serisi analizi ve veri düzeltme (smoothing) yöntemlerini kullanan araştırmalar değerlendirilmiştir.

Kentsel su talebiyle ilgili tahmin yöntemi olarak zaman serisi analizinin kullanıldığı bir dizi araştırma (Maidment vd., 1985) bulunmaktadır. Birçok araştırmada ((Billings & Jones, 1996; Froukh, 2001; Hartley & Powell 1991), çeşitli matematiksel, sezgisel, kişi başı su tüketimi ve birim su tüketimi temelli kısa dönem kestirim yöntemlerinin kullanıldığı görülmektedir. Bu çalışmalardan elde edilen sonuçlar, tek başına talep verisinin kendisinin kullanarak da oldukça doğru tahminler üretmenin mümkün olduğunu göstermektedir (Msiza vd., 2008). Ancak 2000'li yıllardan itibaren zaman serisi modellerinin yapay sinir ağları gibi yöntemlerle karşılaştırılması gibi yenilikçi yaklaşımlar görülmeye başlanmıştır (Adamowski vd., 2012). Bu dönemde birçok araştırmacı tarafından çeşitli hibrit yaklaşımların kullanılmaya başlandığı görülmektedir (Niknam vd., 2022; Suhartono vd., 2018). Konuyla ilgili en yeni yaklaşımlar, derin öğrenme (Namdari vd., 2024), makine öğrenmesi (ML) modellerinin karşılaştırılması (Wewer & Taormina, 2024), destek vektör makinesi, genetik algoritmalar,

evrişimsel sinir ağları, LSTM ağları ve rastgele orman modelleri gibi hibrit yöntemleri kapsamaktadır.

Su talebinin çok değişkenli doğrusal regresyon ve otoregresif hareketli ortalamalar (Du vd., 2020; Xu vd., 2018; Zubaidi vd., 2018; Zubaidi vd., 2019) kullanılarak modellenmesine yaygın bir uygulamadır. Chen ve Boccelli, (2014), orta ölçekli bir su tedarik sisteminin saatlik/çeyrek saatlik talepleri için entegre bir zaman serisi tahmin çerçevesi geliştirmişlerdir. Okeya vd., (2014), bir su dağıtım sistemindeki gerçek zamanlı su tüketim tahminini ve sistemin gerçek durumuna ilişkin daha iyi bilgiler üretmek üzere, 15 dakikalık aralıklarla su taleplerini tahmin edilmesine dayalı bir TS modeli kullanmışlardır. Arandia vd., (2016) hem çevrimiçi hem de çevrimdışı modlar için su talebini tahmin etmek için bir SARIMA modeliyle birleştirilmiş bir Kalman filtresi kullanarak, çeşitli zaman çözünürlüklerinde (üç aylık, saatlik ve günlük) su taleplerine ilişkin tahminlerde bulunmuşlardır.

Fullerton vd., (2016), aylık su talebini simüle etmek için lineer transfer fonksiyonu üzerinden geliştirilmiş bir (ARIMA) zaman serisi modeli kullanmışlardır. Karamaziotis vd., (2020) ARIMA, üstel yumuşatma ve çok katmanlı algılayıcılar dahil olmak üzere çeşitli metodolojileri incelemişlerdir. Ristow vd., (2021), Brezilya'nın Joinville şehrinde konut, ticari, endüstriyel ve kamu dahil olmak üzere dört tüketim kategorisinin yanı sıra toplam tüketimin aylık su talebini tahmin etmek için zaman serisine dayalı iki model geliştirmişlerdir.

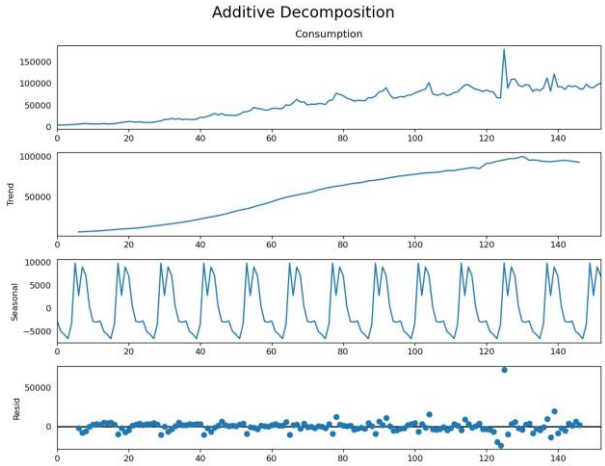
Su talebinin tahmini konusunda Türkiye'de yürütülen çalışmalar birbirinden farklı zamansal çözünürlükteki veriler üzerinden ve otogregresif hareketli ortalama (ARIMA), çoklu lineer regresyon (MLR) ve adaptif ağ tabanlı bulanık çıkarım sistemi (ANFIS), yapay sinir ağları (ANN), kaskad korelasyon sinir ağı (CCNN), genelleştirilmiş regresyon sinir ağları (GRNN), ileri besleme sinir ağları (FFNN), radyal temel sinir ağları (RBNN) ve destek vektör makinesi (SVM) gibi yapay sinir ağları ve zaman serisi analizi temelli hibrit yöntemlerden faydalanıldığı görülmektedir. Altunkaynak vd. (2005), zaman serisi analizinde Markov ve ARIMA modelleri kullanarak gelecek aylık su tüketimi tahmininde bulanık mantık yaklaşımını esas alarak geliştiridikleri ve durağanlık ve ergodisite varsayımlarına ihtiyaç duyulmayan yöntemlerinde tüketimin %10 hata ile tahmin edilebileceğini göstermişlerdir. Yurdusev & Fırat (2009), İzmir verileri için su tüketimi modellemesinde sosyo-ekonomik ve iklimsel faktörleri dikkate alan ANFIS yöntemini kullanarak, su tüketimi modellemesinde başarıyla kullanılabildiğini ifade etmişlerdir. Fırat vd. (2010), çeşitli ANN teknikleri kullanarak, modellerin performansını karşılaştırmışlar ve CCNN modelinin daha düşük NRMSE değerine sahip olduğunu bulmuşlardır. Yaşar vd. (2012) tarafından Adana ili su tüketim verilerine uyarladıkları doğrusal olmayan regresyon modeli için en iyi bağımsız değişkenlerin seçimini konu alan araştırmalarında, kademeli rergresyon yönteminin NLR modeli için en iyi bağımsız değişkenleri seçmede başarılı olduğunu tespit etmişlerdir. Yalçıntaş vd. (2015) ARIMA yöntemini kullandıkları araştırmalarında İstanbul için konut suyu talebinin toplam su kullanımının % 80'ini oluşturduğunu tespit etmişlerdir. Altunkaynak & Assefa (2017), ANN ve dalgacık dönüşüm modeli kullanımının su tüketimi tahminindeki doğruluğun artırılmasındaki önemine vurgu yapmaktadır. Taştan (2018), İstanbul'da su talebinin arka planındaki faktörleri incelediği araştırmasında farklı su fiyatlandırma rejimlerinin etkinliğini analiz etmiştir. Bulgulara göre İstanbul'da su talebinin fiyat elastik olmadığı değerlendirilmiştir.

Genel olarak, kentsel su talebinin tahmini konusundaki çalışmalar 20. Yüzyılın ortalarından başlayan bir zamansal perspektifte ortaya çıkarak günümüze değin gelişim göstermiştir. Bu bağlamda kentsel su talebinin tahmini konusunun etraflıca değerlendirildiği görülmektedir. Ancak genel olarak kentsel su talebinin tahmininde, spesifik olarak ise konutlar düzeyinde su talebinin tahmini konusunda literatürde veri varlığının tahmin doğruluğuna olan etkisine yönelik bir bakış açısı bulunmamaktadır.

MATERYAL VE YÖNTEM

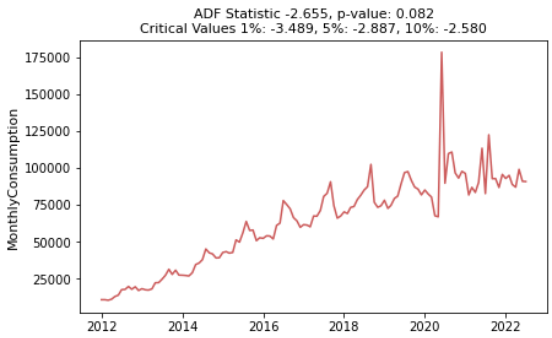
Bu araştırmanın amacı hem veri ön işleme hem de veri modelleme aracı olarak kullanılabilen hareketli ortalama yöntemleri kullanılarak, veri miktarının, bir veri kümesindeki varyansın açıklanması üzerine etkisinin araştırılmasıdır. Bu nedenle verilerin bir eğitim veya test serisine bölünmesi yerine, her bir yöntemin tüm veri seti üzerindeki tahmin başarısı belirlenmiştir. Bu maksatla 2010 ve 2021 yıllarını kapsayan aylık su tüketim verilerinin miktarı artırılarak (1 yıllık, 2 yıllık, 3 yıllık, 4 yıllık … şeklinde) ağırlıklı ortalama yöntemlerinin tahmin yüzdeleri belirlenmiştir. Bu şekilde her bir yöntemin aynı veri seti üzerindeki toplam tahmin düzeyi elde edilebilmektedir. Veri büyüklüğünün tahmin doğruluğu üzerindeki etkisi kullanılan yöntemle ilişkili biçimde değişiklik göstermektedir. Bu araştırmada zaman serisi analizinin su talebinin tahminindeki etkinliği veri büyüklüğünün sürece etkisi özelinde değerlendirilmiştir. Bu maksatla Ankara şehir şebekesine bağlı 2023 yılı itibariyle nüfusu 33 bin olan Ahimesut Mahallesinin 2010 ve 2021 yıllarını kapsayan su tüketim verileri (Şekil 1) kullanılarak hareketli ortalama yöntemleri ile tahmin yöntemi uygulanmıştır. Veriler Ankara Su ve Kanalizasyon İdaresi Genel Müdürlüğü'ne yapılan şahsi başvuru neticesinde temin edilmiş ve kişisel düzeyde bir bağlama sahip olmadığından herhangi bir etik ihlal riski barındırmamaktadır.

Zaman serisi analizi ile kestirim yönteminde, tahminlerin temeli literatürde sıklıkla karşılaşılan, Naïve yöntem, doğrusal veya üstel ağırlıklandırılmış ortalama, doğrusal ve doğrusal olmayan trend projeksiyonu gibi yöntemlerden oluşmaktadır. Zaman serisi analizi, verinin mevsimsel değişimler ve trend arz eden kısımlarının ayrıştırılmasına ve bir modele uygunluğu konusunda yorum yapılmasına olanak tanıdığından bu araştırmada çeşitli zaman serisi düzleştirme yöntemleri kullanılarak verilerin doğrusal veya doğrusal olmayan çeşitli modellere uygunluk durumu test edilmiştir. Bu maksatla ilk olarak verilerin eğilim, mevsimsellik bileşenleri ve hata dağılımını elde etmek üzere toplamsal dekompozisyon yöntemi (Şekil 1) uygulanarak kalıntı (residual) değerlerinin dağılım durumu kontrol edilmiştir.



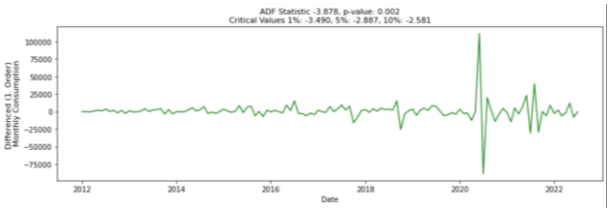
Şekil 1. Ankara Ahimesut Mahallesi su tüketimi zaman serisi dekompozisyonu.
Figure 1. Time-series decomposition of monthly water consumption data.

Zaman serilerinin analizinde serinin durağan olması şartı sadece AR, MA, ARMA veya ARIMA modelleri için geçerli bir koşuldur. Bununla birlikte, bu araştırmada kullanılan verilerin zaman serisi analizine elverişli veriler olup olmadığının değerlendirilmesi maksadıyla, serinin durağanlık durumunu kontrol etmek üzere ADF (Augmented Dickey Fuller) testi uygulanmıştır (Şekil 2).



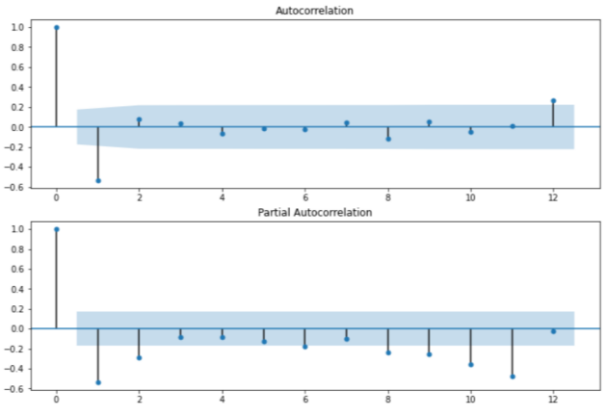
Şekil 2. Su tüketimi zaman serisinin ADF testi sonucu.
Figure 2. Test result for the Augmented Dickey-Fuller Test

Durağan bir seri elde etmek üzere kullanılan yöntemlerden olan ardışık verilerin farkının alınmasıyla üretilen farklar serisi üretilerek verilerin durağan hale getirilmesi sağlanmıştır (Şekil 3).



Şekil 3. Su tüketiminin birinci derece (altta) fark serisi yöntemi ile üretilen zaman serileri.
Figure 3. Time series of first order differencing of monthly water consumption data.

Son olarak verilerin WMA, EMA, LTP, QTP, Holt DES gibi yöntemlerle tahmin edilmesi mümkün olup olmadığını tespit etmek üzere otokorelasyon fonksiyonu belirlenerek (Şekil 4) veri ön işleme aşaması tamamlanmıştır.



Şekil 4. Su tüketiminin otokorelasyon (üstte) ve kısmi otokorelasyon (altta) fonksiyonları.
Figure 4. Auto-corelation and partial auto-correlation functions of water consumption data.

Araştırmada kullanılan projeksiyon yöntemlerine (WMA, EMA, LTP, QTP, Holt DES) ilişkin detaylar Tablo 1'de verilmiştir. Zaman serisi tahminindeki temel hipotez niteliğindeki Naïve kestirim yönteminde, en son veri bir sonraki tahmin olarak alınmaktadır.

Basit hareketli ortalama, geçmişteki tüm değerlerin her birinin eşit ağırlıklı olarak hesaplandığı bir parametredir. Bu haliyle aslında her bir girdinin ağırlığının "1" olarak alındığı, ağırlıklı hareketli ortalamanın özel bir halidir. Ağırlıklı hareketli ortalamada ise örneğin daha güncel verilerin ağırlığı daha yüksek alınarak, üretilen serideki etkisi artırılabilmektedir.

Üstel hareketli ortalamada Naïve yaklaşım veya WMA gibi hareketli ortalama ölçülerinden farklı olarak hesaplamalar, önceki tahminler de hesaba katılarak gerçekleştirilmektedir. Bu yöntemde, bir önceki zaman aralığına ait gerçek veri ve tahmin değerleri, ikisinin toplamı 1 olacak şekilde ağırlıklandırılmaktadır.

Doğrusal Trend Projeksiyonu yaklaşımında bütün veri setindeki genel eğilim belirlenerek, bu genel eğilimin devam edeceği varsayımıyla bir tahminde

bulunulmaktadır. Doğrusal modelde temel varsayım, her bir (t) zamanda ölçümlenen değerin belirli bir miktar artması veya azalmasıdır. Bu yöntem ağırlıklı ortalama gibi yöntemlere kıyasla bir modelleme tekniği olarak ifade edilebilecek en temel yöntemdir.

Doğrusal olmayan modelde verilerin, (t) zaman artışında eğri üzerinde ölçümlenen değerinin belirli bir miktar değişimi esas alınmaktadır. Doğrusal olmayan trend projeksiyonu, doğrusal trend testinde aşırı yüksek hata değeri elde edildiğinde uygulanabilecek bir yöntemdir. Doğrusal trend projeksiyonu gibi doğrusal olmayan projeksiyonlarda da veriye aşırı uyumlanma (overfitting) söz konusu olabilmektedir.

Tablo 1. Projeksiyon (düzleştirme) yöntemleri.
Table 1. Projection (smoothing) methods.

Yöntem	Açıklama	Formülasyon
Naïve yaklaşım	$Y_{(t+1)}$ tahmini, Y_t ise son veriyi göstermek üzere;	$Y_{(t+1)} = Y_t$
Ağırlıklı hareketli ortalama (WMA)	N periyodu (zaman penceresi), Y_i veriyi, W_i ise bu veriye ait ağırlık oranını göstermek üzere;	$Y_{(t+1)} = \frac{\sum_{i=1}^{N} W_i * Y_i}{\sum_{i=1}^{N} W_i}$
Üstel hareketli ortalama (EMA)	EMA; $Y_{(t+1)}$ tahmini, $Y_{(t)}$ önceki t zamanındaki tahmini, α ağırlıklandırma faktörünü, Y_t ise son veriyi göstermek üzere	$Y_{(t+1)} = \alpha\, Y_t + (1-\alpha) F_t$
Doğrusal trend projeksiyonu (LTP)	$Y_{(t)}$ tahmin değeri, ($0 \leq \alpha \leq 1$) eğim ve ($0 \leq \beta \leq 1$) kesme noktası olmak üzere;	$Y_{(t)} = \alpha\,(t) + \beta$
Doğrusal olmayan trend projeksiyonu (QTP)	$Y_{(t)}$ tahmin değeri, ($0 \leq \alpha \leq 1$) doğrusal terim, ($0 \leq \beta \leq 1$) quadratik terim ve ($0 \leq \gamma \leq 1$) sabit değer olmak üzere;	$Y_t = \alpha\,(t) + \beta(t)^2 + \gamma$
Holt ikili üstel projeksiyon (Holt DES)	S_t t zamanı için düzleştirilmiş seviye (level) bileşeni ve T_t t zamanı için düzleştirilmiş eğilim (trend) bileşeni üzerinden;	$S_{(t+1)} = \alpha\, Y_t + (1-\alpha)(S_{t-1} + T_{t-1})$ $T_{(t+1)} = \beta\,(S_t + S_{t-1}) + (1-\beta)(T_{t-1})$ $Y_{t+k} = S_t + kT_t$

Holt İkili Üstel Projeksiyon yönteminde düzleştirme yöntemleriyle hesaba katılmayan eğilim (trend) bileşeni de hesaplamaya katılmaktadır. ($0 \leq \alpha \leq 1$) seviye bileşeni için ve ($0 \leq \beta \leq 1$) eğilim bileşeni için düzleştirme faktörü olmak üzere Holt DES yönteminde eğilim bileşeni (t) zamanındaki düzleştirilmiş seviye (smoothed level) bileşeninin, (t-1) zamanındaki düzleştirilmiş seviye (smoothed level) bileşeni ve eğilim (trend) bileşeni arasındaki fark olarak hesaplanmaktadır. Nihai durumda ise (t+ 1) zamanı için tahmin değeri (t) zamanına ait düzleştirilmiş seviye ve düzleştirilmiş eğilim değerleriyle hesaplanmaktadır. Bu yöntemde α ve β katsayılarının değişimi S_t ve T_t bileşenlerinin birbirinden farklı bileşenlere dönüşmesine yol açmaktadır. $\alpha = 0$ olması durumunda S_t bileşeni F_t bileşenine (t zamanındaki tahmin değeri) eşit hale gelirken, $\alpha = 1$ olması durumunda S_t bileşeni Y_t bileşenine (t zamanındaki gerçek değere) eşit olmaktadır. Benzer şekilde $\beta = 0$ durumunda T_t bileşeni $T_{(t-1)}$ yani (t-1) zamanındaki eğilim (trend) bileşenine eşit olurken, $\beta = 1$ olması T_t bileşenini ($S_t + S_{t-1}$) t ve t-1 zamanındaki seviye (level) bileşenlerinin toplamına dönüştürmektedir.

Model hata raporlaması ve performans ölçüleri: Veri analizi ve modelleme süreçlerinin nihai noktası eldeki modeller ile üretilen çıktıların hata düzeyinin raporlanmasıdır. Bu araştırmada birden fazla hata ölçüsüyle raporlama yapılması tercih edilmiştir. Bunun temel nedeni ise raporlanan bilgilerin anlamlılık düzeyiyle birlikte araştırmada kullanılan projeksiyon setinin de birden fazla hata ölçüsü kullanımını gerektirmesidir. Örneğin Naïve yaklaşım temel karşılaştırma kriteri olarak belirlendiğinden, MASE hata ölçüsünün kullanılması da zorunlu hale gelmektedir. Çünkü MASE hata ölçüsü, Naïve yaklaşım için "1" kabul edilerek diğer projeksiyonların başarımı da Naïve kestirime oranı üzerinden değerlendirilmektedir. Örneğin 1'den büyük MASE değeri, projeksiyonun Naïve yaklaşıma göre hata oranının yüksek olduğunu göstermektedir. Bu durumda, projeksiyon yönteminin veri setini tahmin konusunda Naïve yaklaşımdan daha az başarılı olduğu değerlendirilmektedir. Hata değeri (e); F_t tahmini, Y_t ise veriyi temsil etmek üzere ($e = Y_t - F_t$) formunda gösterilmektedir. Bu araştırmada kullanılan hata ölçüleri Tablo 2'de verilmektedir.

Tablo 2. Hata Ölçüleri.
Table 2. Error estimation units.

Ölçü	Açıklama	Formülasyon
MAE	Mean Absolute Error (Ortalama Mutlak Hata)	$MAE = \frac{\sum_{i=1}^{n} \lvert e_i \rvert}{n}$
RMSE	Root Mean Square Error (Ortalama Hata Kare Kökü)	$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n} e_i^2}{n}}$
MAPE	Mean Absolute Percentage Error (Ortalama Mutlak Yüzde Hata)	$MAPE = \frac{\sum_{i=1}^{n} \left\lvert \left(\frac{e_i}{Y_i}\right) * 100 \right\rvert}{n}$
sMAPE	Symmetric Mean Absolute Percentage Error (Simetrik Ortalama Mutlak Yüzde Hata)	$sMAPE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^{n} \frac{\lvert F_t - Y_t \rvert}{(Y_t + F_t)} * 100$
MASE	Mean Absolute Scaled Error (Ortalama Mutlak Ölçekli Hata)	$MASE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^{n} \frac{\lvert Y_t - F_t \rvert}{MAE_{Naive}}$

BULGULAR

Su talebinin tahmini konusunda literatürde yer alan birçok çalışmada günlük, haftalık, aylık ve yıllık düzeyde tahminlerin gerçekleştirildiği görülmektedir. Şekil 1'de 153 adet aylık su tüketimi verisinden oluşan zaman serisinin dekompozisyonu verilmiştir.

Buradan su tüketiminin trend ve mevsimsel bileşenlere sahip olduğu görülmektedir. Ayrıca zaman serilerinin durağanlığının test edildiği ADF testinin sonuçları Şekil 2'de verilmiştir. Serilerin durağan karakteristikte olmadığı buradaki test sonucu (p-value) ile açık biçimde görülmektedir. Durağan bir seri elde edilebilmesi için uygulanan farklar alınması yöntemiyle üretilen seriye ait grafikler Şekil 3'te verilmiştir.

Veri büyüklüğünün aylık su talebinin tahminine olan etkisinin değerlendirilmesi, bu konuda hali hazırda mevcut bulunan bilimsel sistematikle ilişkili biçimde yürütülmesi gereken bir görevdir. Bu bağlamda, birer zaman serisi analizi aracı olarak tüm hareketli ortalama yöntemleri, veriler arasında bir otokorelasyon olduğu varsayımından hareketle tahmine elverişli araçlar olabilmektedir. Otokorelasyon fonksiyonu bir verinin kendinden önceki N adet veri ile arasındaki korelasyonu göstermektedir. Otoregresif modellerin kullanılması için otokorelasyon fonksiyonunun (ACF) kademeli olarak azalması ve kısmi otokorelasyon fonksiyonunun (PACF) de anlamlı birkaç terim sonrasında keskin biçimde düşmesi beklenir. Hareketli ortalamaya (MA) karar verilmesi içinse tam tersi durum geçerlidir. Şekil 4'e göre verilerin WMA, EMA, LTP, QTP, Holt DES gibi yöntemlerle tahmin edilmesi mümkün görünmektedir.

Bu doğrultuda WMA, EMA, LTP, QTP, Holt DES yöntemlerinin, Ankara İli Ahimesut Mahallesine ait 2010 ve 2022 yıllarını kapsayan aylık su tüketim verilerini tahmin konusundaki başarım düzeyi test edilmiş olup, başarım düzeyleri Tablo 3'te verilmiştir. Tabloda her bir yöntemin veri büyüklüğüyle ilişkili biçimde tahmin hata oranının kendi içindeki değişimi mavi, sarı ve kırmızı renklerle işaretlenmiştir. Buna göre tahmin hata oranları en düşük olan bölümler mavi, en yüksek olan bölümler kırmızı ile işaretlenmiştir. Sarı renkli alanlar ise orta düzeyde hatayı işaret etmektedir. MASE ölçütü Naïve yöntemin diğer yöntemlerle kıyaslanmasında kullanıldığından, bu yöntem altındaki MASE değerleri 1 şeklinde (turkuaz renkle) verilmiştir. Diğer taraftan EMA yönteminin MASE değerleri de 1,0 civarında değişim gösterdiğinden (gösterimde tutarlılık sağlanması bakımından) turkuaz renkle işaretlenmiştir.

Genel olarak veri setinin tamamı için Holt's DES ve EMA yöntemlerinin Naïve yönteme kıyasla daha iyi sonuçlar verdiği (bkz: MASE hata ölçütü) görülmektedir. Diğer taraftan tüm hata ölçütleri göz önüne alındığında Holt's DES yönteminin tüm diğer düzleştirme yöntemlerine kıyasla en düşük hata değerlerine sahip olduğu görülmektedir.

Bu araştırmanın temel hedefi doğrultusunda nihai olarak, düzleştirme yöntemlerinin başarım düzeyinin, veri büyüklüğüyle ilişkili değişiminin belirlenmesine ihtiyaç duyulmaktadır. Zaman serisi düzleştirme (smoothing) yöntemlerinin başarım düzeylerinin veri büyüklüğüyle ilişkisi Tablo 3'te bunlara ilişkin hata oranları bir arada verilmiştir. Mavi ve yeşil renkle işaretlenen hata değerleri, yatay eksen boyunca artan veri büyüklüğü doğrultusunda en az hata gerçekleşen veri aralıklarını temsil etmektedir. Tablo 3'te yer alan bilgilerden hareketle, Naïve yaklaşım ve EMA yöntemlerinin MASE ölçütleri haricinde tüm düzleştirme yöntemleri için hata değerlerinin oldukça değişken olduğu değerlendirilmektedir.

Farklı hata ölçütleri düzeyinde değerlendirildiğinde, her bir hata ölçütünün kendine özgü hesaplama yöntemi nedeniyle sonuçların birbirinden oldukça farklılaşabildiği görülmektedir. Diğer taraftan tüm hata ölçütleri için Holt's DES düzleştirme yönteminin diğerlerine kıyasla tutarlı biçimde en düşük hata oranını verdiği görülmektedir. Tüm yöntemlerin zaman içerisindeki hata değerlerinin genel gidişatının değerlendirildiğinde, Holt's DES yöntemi için MAE dışındaki tüm hata ölçütlerinin tutarlı biçimde tüm veri seti boyunca stabil kaldığı görülmektedir.

Ayrıca MAE ve RMSE hata değerlerinin veri sayısı arttıkça artma eğiliminde olduğu ve diğer hata ölçütlerinden büyük oranda ayrıştıkları görülmektedir. Bu doğrultuda tüm projeksiyon yöntemleri için en tutarlı hata değerlerinin sMAPE hata ölçütü tarafından verildiği değerlendirilmektedir.

Şekil 5'te 2010-2022 yıllarına ait su tüketiminin tüm projeksiyon yöntemleri için sMAPE hata ölçütünün değişimi görülmektedir. LTP ve QTP yöntemlerinin yüksek hata düzeyine sahip olduğu ve veri büyüklüğünden bağımsız biçimde mevcut verilerin tahmini konusunda yetersiz olduğu değerlendirilmektedir.

Şekil 5. Düzleştirme yöntemlerinin veri büyüklüğüne bağlı hata oranlarının değişimi.

Figure 5. Change of error values with data size for different smoothing methods.

Tablo 3. Verilerin yıllara sâri olarak artırılması durumunda hata değerleri.
Table 3. Prediction errors in case of gradual increase of data size.

YÖNTEM			Veri Büyüklüğü											
			12	24	36	48	60	72	84	96	108	120	132	144
Naïve	Hata Ölçütü	MAE	509,8	713,2	960,8	1267,5	1433,7	1828,2	2146,7	2507,6	2855,3	2986,9	4737,1	5526,4
		RMSE	580,4	819,9	1230,3	1683,1	2026,2	2715,3	3337,6	3957,4	4796,7	4793,4	13497,9	14050,3
		MAPE	8,1	8,4	8,7	8,6	8	7,8	7,6	7,5	7,4	7,2	8,3	8,8
		MASE*	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
		sMAPE	8,20%	8,60%	8,90%	8,80%	8,20%	8,10%	7,70%	7,70%	7,50%	7,30%	8,40%	8,90%
3WMA		MAE		960,9	1306,2	1601,1	1918,2	2318,5	2808,4	3342,3	3793,3	3980,6	5257,5	5823,3
		RMSE		1220,6	1648	2096,7	2612,4	3303,5	4132,1	4891,5	5554,5	5632,3	11904,2	12148,6
		MAPE	-	9,2	9,9	9,5	9	8,7	8,6	8,6	8,6	8,3	8,9	9,2
		MASE		1,3	1,3	1,2	1,3	1,2	1,3	1,3	1,3	1,3	1,1	1,1
		sMAPE		9,70%	10,40%	9,90%	9,50%	9,10%	9,00%	8,90%	8,90%	8,60%	9,30%	9,50%
EMA		MAE	554,8	742,2	1002,2	1295,4	1497,9	1844,6	2186,6	2588,8	2967,5	3136,5	4631,7	5315,3
		RMSE	626,1	876,3	1264,9	1697,5	2098,1	2760,2	3431,7	4084,7	4829,9	4869,9	12365,6	12793,9
		MAPE	8,6	8,8	9	8,9	8,3	8	7,8	7,7	7,7	7,4	8,3	8,7
		MASE*	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
		sMAPE	8,90%	9,10%	9,30%	9,20%	8,60%	8,30%	8,10%	8,00%	7,90%	7,60%	8,50%	8,90%
LTP		MAE	528,4	802,8	1320,9	2018,6	2950,8	3958,8	4606,6	4915,6	5077,1	5153,6	6315,2	6757,1
		RMSE	593,2	971,1	1619,4	2536,9	3631,3	4980,8	5797,8	6170,4	6435,2	6560,7	10381,5	10696,7
		MAPE	8,3	9,8	13,1	17,8	22,8	28,4	30	28,6	26,2	23,2	22,6	20,2
		MASE	1,03	1,1	1,3	1,5	2	2,1	2,1	1,9	1,8	1,7	1,3	1,2
		sMAPE	8,20%	970,00%	13,00%	18,50%	27,40%	48,80%	117,30%	105,90%	952,50%	66,10%	58,60%	27,40%
QTP		MAE	8099,8	4642,1	4945,3	5497,1	5565,2	5369,7	5483,3	5610	5648,9	5636,7	6605,9	6909,6
		RMSE	8444,6	6074,1	5969,9	6418,7	6479,1	6294	6587,8	6904,8	7154	7140,1	10932,7	11027
		MAPE	137,9	75,3	63,6	56,1	48,6	41,9	37,2	33,6	30,6	28,2	27	25,6
		MASE	15,8	6,5	5,1	4,3	3,8	2,9	2,5	2,2	2	1,9	1,4	1,25
		sMAPE	420,50%	187,90%	131,40%	103,80%	85,40%	72,10%	62,80%	55,90%	50,30%	45,80%	43,00%	40,20%
Holt's DES		MAE	237,3	307,5	432,9	568,7	710,1	859	1017,3	1217,1	1363,8	1443,3	1717,2	1818,5
		RMSE	317	441,8	621,9	817,3	1039,9	1256,2	1536,5	1782,4	1929,1	2007,7	2871,2	2895
		MAPE	3,4	3,4	3,6	3,7	3,6	3,5	3,4	3,4	3,4	3,3	3,4	3,4
		MASE	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,5	0,5	0,5	0,5	0,4	0,3
		sMAPE	3,30%	3,30%	3,50%	3,50%	3,50%	3,40%	3,30%	3,40%	3,30%	3,20%	3,40%	3,30%

3WMA ve EMA yöntemlerinin ise bir tahmin yönteminden ziyade karşılaştırmaya bir temel oluşturması bakımından araştırma kapsamına alınan Naïve yaklaşımın çok az üzerinde bir genel hata ortalamasına sahip olduğu görülmektedir (Tablo 3). İstatistiksel anlamda tutarlı ve kabul edilebilir hata değerleri ise ancak Holt's DES yönteminde yakalanabilmektedir.

Bu durumun, su tüketim verilerinin genel karakteristiğinin (sigmoid fonksiyon olarak da adlandırılan) trend bileşenine (Şekil 1) sahip olmasından kaynaklandığı değerlendirilmektedir. Sigmoid eğriler, yavaş başlayıp, sonrasında dönüşümlü olarak lineer ve üstel gelişim gösteren ve genellikle bir tüketimin söz konusu olduğu süreçlerin temsilinde etkili bir matematiksel model sunmaktadır. Tablo 3'ten de görüldüğü üzere, bu araştırmada ele alınan tüm düzleştirme yöntemlerinin hata değerleri veri setinin başlangıç, orta veya son bölümlerinde düşmektedir. Bu durum, kullanılan yöntemlerin tahmin başarısının veri büyüklüğüyle birlikte, su tüketiminin genel karakteristiği ile de ilişkili biçimde değiştiğini göstermektedir. QTP yöntemi başlangıçta yüksek hata değerleri üretirken, veri büyüklüğü arttıkça toplam hata değerinin ortalaması da azalmaktadır. 3WMA ve EMA yöntemlerinin ise veri artışıyla birlikte değişen hata değerleri üretmediği görülmektedir.

TARTIŞMA VE SONUÇ

Bu araştırmada zaman serisi analizinde modelleme ve verilerin ön analizi gibi süreçlerde yaygın biçimde kullanılan düzleştirme (smoothing) yöntemlerinin tahmin doğruluğunun veri büyüklüğüyle nasıl değiştiği analiz edilmiştir. Araştırmanın tam bir tahmin ya da kestirimde bulunmak gibi bir amacı bulunmadığından, esas olarak verilerin hangi matematiksel fonksiyona uygunluk gösterdiğinin analizi yapılmamış, verilerden hareketle bir model oluşturulmamıştır. Ayrıca literatürde aylık su tüketim verilerinin tahmini konusunda düzleştirme yöntemlerinin etkinliğinin veri büyüklüğüne bağlı olarak analiz edildiği bir çalışma ile karşılaşılmadığından, doğrudan bir karşılaştırma yapmak mümkün olmamıştır. Ancak zaman serilerinin analizi konusunda veri büyüklüğünün yeri ve önemine ilişkin mevcut araştırmalar ışığındaki değerlendirmeler aşağıdaki şekildedir:

Literatürde kullanılan birçok su talebi tahmin modelinde, zaman serileri bir saatlik zaman dilimi kullanılarak incelenmektedir (Alvisi vd., 2007; Dos Santos & Pereira Filho, 2014; Homwongs vd., 1994; Jowitt & Chengchao 1992). Bu araştırmalarda kullanılan zamansal ölçekler, 15 dakikalık zamansal aralıklardan günlük/aylık zaman dilimlerine uzanan geniş bir yelpazede dağılım göstermektedir (Miaou 1990; Smith 1998). Dolayısıyla klasik zaman serisi analiziyle üretilen tahminlerin etkinliği

de hem zamansal ölçek hem de veri büyüklüğüyle ilişkili biçimde değişkenlik göstermektedir. Bu araştırmada yalnızca aylık zamansal çözünürlükteki veriler kullanılmış olsa da elde edilen bulgular, sonuçların doğruluğunda veri büyüklüğünün önemli bir yeri olduğunu göstermektedir.

Bu araştırmanın metodolojik dayanağı, mevsimsel ve trend bileşenlerine sahip veriler üzerinden SARIMA olarak adlandırılan, bütünleşik mevsimsel otoregresif hareketli ortalama modelinin kurgulanmasına uygun veri ön işlem yönteminin uygulanmasıdır. Bu yönteme ilişkin temeller Ristow vd., (2021) tarafından gerçekleştirilen araştırmada belirtilen hususlar temelinde şekillendirilmiştir. Araştırmada aylık su talebinin tahmininde üstel yumuşatma modeli (ETS) ile mevsimsel ARIMA modeli karşılaştırılmıştır. Yöntemsel olarak otokorelasyonun kontrolü için otokorelasyon fonksiyonu (ACF) grafiği kullanılırken, kabul edilen anlamlılık düzeyi (α) %5 olarak alınmıştır, hata değerlerinin gösteriminde temel ölçüt olarak MAPE kullanılmıştır (Ristow vd., 2021). Bu araştırmada SARIMA modeli dışında benzer metodoloji kullanılarak, ETS yönteminin yanı sıra WMA, LTP, QTP ve Holt DES yöntemlerinin veri büyüklüğüyle ilişkili başarım düzeyleri araştırılmış, MAPE ölçütünün yanı sıra literatürde yoğun biçimde kullanılan hata ölçütlerinden MAE, RMSE, sMAPE ve MASE kullanılmıştır. sMAPE ölçütü MAPE'nin yüzde cinsinden ifadesi olduğundan çoğunlukla tutarlı sonuçlar elde edildiği görülmüştür.

Günümüzde zaman serilerinin analizinde daha karmaşık yöntemler kullanılmakta ve bu yöntemlerin uygulanması daha büyük veri gerektirmektedir (Sardinha-Lourenço, vd., 2018). Raporlamada çok çeşitli hata ölçüleri kullanılmaktadır. Hangi ölçülerin seçileceği genel olarak verilerin niteliği ve sunulan çıktıların anlamlılık durumuna bağlı olarak değişkenlik göstermektedir. Verinin birimi, hata ölçüsünün ölçeği, yüzde gibi spesifik oransal büyüklükler göstermesi, seçilen hata ölçüsünün anlamlı sonuçlar verme durumunu etkilemektedir.

Sonuç olarak, aylık su tüketim verilerinin tahmininde, veri büyüklüğünün ve eldeki verilerin uyumlandığı matematiksel fonksiyonun tahmin doğruluğunu etkileyen faktörler olduğu değerlendirilmektedir.

KAYNAKLAR

Altunkaynak, A., Özger, M. & Çakmakci, M. (2005). Water Consumption Prediction of Istanbul City by Using Fuzzy Logic Approach. *Water Resources Management* ***19***(5), 641-654. DOI: 10.1007/s11269-005-7371-1

Altunkaynak, Abdusselam & Assefa, Tewodros. (2017). Monthly Water Consumption Prediction Using Season Algorithm and Wavelet Transform–Based Models. *Journal of Water Resources Planning and Management*. ***143***(6), 04017011. DOI: 10.1061/(ASCE)WR.1943-5452.0000761

Alvisi, S., Franchini, M. & Marinelli, A. (2007). A short-term, pattern-based model for water-demand forecasting. *Journal of Hydroinformatics*, ***9***(1), 39-50. DOI: 10.2166/hydro.2006.016

Arandia, E., Ba, A., Eck, B. & McKenna, S. (2016). Tailoring seasonal time series models to forecast short-term water demand. *Water Resources Planning and Management*, ***142***(3), 04015067. DOI: 1061/(ASCE)WR.1943-5452.0000591

Bata, M., Carriveau, R. & Ting, D S. (2020). Short-term water demand forecasting using hybrid supervised and unsupervised machine learning model. *Smart Water*, ***5***, 2 (2020). DOI: 10.1186/s40713-020-00020-y

Billings, B. & Jones, C. (1996). *Forecasting Urban Water Demand*, American Water Works Association, Denver, 179p.

Chen, J. & Boccelli, D. (2014). Demand forecasting for water distribution systems. *Procedia Engineering*, ***70***, 339-342. DOI: 10.1016/j.proeng.2014.02.038

Donkor, E., Mazzuchi, T., Soyer, R. & Roberson, J. (2014). Urban water demand forecasting: a review of methods and models. *Journal of Water Resources Planning and Management,****140***(2), 146-159. DOI: 10.1061/(ASCE)WR.1943-5452.0000314

Du, H., Zhao, Z. & Hui-feng, X. (2020). ARIMA-M: A New Model for Daily Water Consumption Prediction Based on the Autoregressive Integrated Moving Average Model and the Markov Chain Error Correction. *Water*, ***12***(3), 760, DOI: 10.3390/w12030760

Firat, M., Turan, M. E., & Yurdusev, M. A. (2010). Comparative analysis of neural network techniques for predicting water consumption time series. *Journal of Hydrology*, ***384*** (1-2), 46-51. DOI: 0.1016/j.jhydrol.2010.01.005

Froukh, M.L. (2001). Decision-Support System for Domestic Water Demand Forecasting and Management. *Water Resources Management*, ***15***, 363-382. DOI: 10.1023/A:1015527117823

Fullerton, T. J., Ceballos, A. & Walke, A. (2016). Short-term forecasting analysis for municipal water demand. *Journal of American Water Works Association*, ***108***(1), 27-38. DOI: 10.5942/jawwa.2016.108.0003

Hanif, H., Rasmani, K. & Ramli, N. (2013). *Challanges in determining attributes to generate models for estimation of residential water consumption based on consumer data. AIP Conference. Proceedings*, 22 April 2013, Putrajaya, Malaysia, DOI: 10.1063/1.4801281

Hartley, J. & Powell, R. (1991). The Development of a Combined Water Demand Prediction Systems. *Civil Engineering Systems*, ***8***(4), 231-236. DOI: 10.1080/02630259108970631

Homwongs, C., Satsri, T. & Foster, J.W. (1994). Adaptive forecasting of hourly municipal water consumption. *Journal of Water Resources Planning & Management*, ***120***(6), 888-905. DOI: 10.1061/(ASCE)0733-9496(1994)120:6(888)

House-Peters, L. & Chang, H. (2011). Urban water demand modeling: review of concepts, methods, and organizing principles. *Water Resources Research*, ***47***(5), W05401. DOI: 10.1029/2010WR009624

Jain, A., Varshney, A. & Joshi, U. (2001). Short-Term Water Demand Forecast Modelling at IIT Kanpur Using Artificial Neural Networks. *Water Resources Management*, ***15***, 299-321. DOI: 10.1023/A:1014415503476

Jowitt, P.W. & Chengchao, X. (1992). Demand Forecasting for Water Distribution Systems. *Civil Engineering Systems*, ***70***(2014), 105-121. DOI: 10.1016/j.proeng.2014.02.038

Karamaziotis, P., Raptis, A., Nikolopoulos, K., Litsiou, K. & Assimakopoulos, V. (2020). An empirical investigation of water consumption forecasting methods. *International Journal of Forecasting*, ***36***(2), 588-606. DOI: 10.1016/j.ijforecast.2019.07.009

Maidment, D.R., Miaou, S. & Crawford, M.M. (1985). Transfer Function Models of Daily Urban Water Use. *Water Resources Research*, ***21***(4), 425-432. DOI: 10.1029/wr021i004p00425

Miaou, S.P. (1990). A class of time series urbran water demand models with nonlinear climatic effects. *Water Resources Research*, ***26***(2), 169-178. DOI: 10.1029/WR026i002p00169

Msiza, I., Nelwamondo, F. & Marwala, T. (2008). Water demand prediction using artificial neural networks and support vector regression. *Journal of Computation*, ***3***(11), 1-8. DOI: 10.4304/jcp.3.11.1-8

Namdari, H., Ashrafi, S.M. & Haghighi, A. (2024). Deep learning–based short-term water demand forecasting in urban areas: a hybrid multichannel model. *AQUA - Water Infrastructure, Ecosystems and Society*, ***73***(3), 380-395. DOI: 10.2166/aqua.2024.200

Niknam, A., Zare, H., Hosseini-Nasab, H., Mostafaeipour, A. & Herrera, M. (2022). A Critical Review of Short-Term Water Demand Forecasting Tools-What Method Should I Use? *Sustainability*, ***14***(9), 5412. DOI: 10.3390/su14095412

Okeya, I., Kapelan,, Z., Hutton, C. & Naga, D. (2014). Online modelling of water distribution system using data assimilation. *Procedia Engineering*, ***70***, 1261-1270. DOI: 10.1016/j.proeng.2014.02.139

Ponte, B., de la Fuente, D., Pino, R. & Rosillo, R. (2015). Real-Time Water Demand Forecasting System through an Agent-Based Architecture. *International Journal of Bio-Inspired Computation*, pp. 147-156. DOI: 10.1504/IJBIC.2015.069559

Sardinha-Lourenço, A., Andrea-Campos, A., Antunes, A. & Oliveira, M. (2018). Increased performance in the short-term water demand forecasting thorugh the use of a parallel adaptive weighting strategy. *Journal of Hydrology*, ***558***, 392-404. DOI: 10.1016/j.jhydrol.2018.01.047

Smith, J., (1998). A model of daily municipal water use for short-term forecasting. *Water Resources Research*, ***24***(2), 201-206. DOI: 10.1029/WR024i002p00201

Suhartono, S., Isnawati, S., Salehah, N A., Prastyo, D D., Kuswanto, H. & Lee, M H. (2018). Hybrid SSA-TSR-ARIMA for water demand forecasting. *International Journal of Advances in Intelligent Informatics*, ***4***(3), DOI: 10.26555/ijain.v4i3.275

Taştan, H. (2017). Estimation of dynamic water demand function: the case of Istanbul. *Urban Water Journal*, ***15***(1), 75-82. DOI: 10.1080/1573062X.2017.1395899

Tillman, D., Larsen, T A., Pahl-Wostl, C. & Gujer, W. (1999). Modeling the actors in water supply systems. *Water Science & Technology*, ***39***(4). DOI: 10.1016/s0273-1223(99)00055-4

Tiwari, M. & Adamowski, J. (2013). Urban water demand forecasting and uncertainty assessment using ensemble wavelet–bootstrapneural network models. *Water Resources Research*, ***49***(10), 6486-6507. DOI: 10.1002/wrcr.20517

Wewer, C. & Taormina, R. (2024). Conformal Prediction Intervals For Water Demand Forecasting. *EGU General Assembly 2024, 14-19 April 2024*, Vienna, Austria, EGU24-8166. DOI: 10.5194/egusphere-egu24-8166

Xu, Y., Zhang, J., Long, Z. & Chen, Y. (2018). A new hybrid approach for short-term water demand time series forecasting. *2018 13th World Congress on Intelligent Control and Automation (WCICA), 04-08 July 2018*, Changsha, China, 534-539, DOI: 10.1109/wcica.2018.8630722

Yalçıntaş M, Bulu M, Küçükvar M, Samadi H. (2015). A Framework for Sustainable Urban Water Management through Demand and Supply Forecasting: The Case of Istanbul. *Sustainability*.; ***7***(8),11050-11067. DOI: 10.3390/su70811050

Yasar, A., Bilgili, M., & Simsek, E. (2012). Water Demand Forecasting Based on Stepwise Multiple Nonlinear Regression Analysis. *Arabian Journal for Science and Engineering*, ***37***(8), 2333-2341. DOI: 10.1007/s13369-012-0309-z

Yurdusev, M. A. & Firat, M., (2009). Adaptive neuro fuzzy inference system approach for municipal water consumption modeling: An application to Izmir, Turkey. Journal of Hydrology, ***365***(3-4), 225-234. DOI: 10.1016/j.jhydrol.2008.11.036

Zubaidi, S L., Al-Bugharbee, H., Muhsen, Y R., Hashim, K., Alkhaddar, R. & Hmeesh, W H. (2019). The Prediction of Municipal Water Demand in Iraq: A Case Study of Baghdad Governorate. *2019 12th International Conference on Developments in eSystems Engineering (DeSE)*, Kazan, Russia, 07-10 October 2019, 274-277. DOI: 10.1109/dese.2019.00058

Zubaidi, S L., Kot, P., Alkhaddar, R., Abdellatif, M. & Al-Bugharbee, H. (2018). Short-Term Water Demand Prediction in Residential Complexes: Case Study in Columbia City, USA., *11th International Conference on Developments in eSystems Engineering (DeSE), 02-05 September 2018*, Cambridge, UK, 31-35, DOI: 10.1109/dese.2018.00013

Journal of Anatolian Environmental and Animal Sciences
(*Anadolu Çevre ve Hayvancılık Bilimleri Dergisi*)
DOI: https://doi.org/10.35229/jaes.1478335

JAES
Year: 9, No: 4, 2024 (669-675)
AÇEH
Yıl: 9, Sayı: 4, 2024 (669-675)

ARAŞTIRMA MAKALESİ **RESEARCH PAPER**

Ulutaş Mahallesinin (İspir/ERZURUM) Botanik Kompozisyonu ve Mera Durumunun Belirlenmesi

Hüseyin BAYKAL[1] **Muhammed İkbal ÇATAL**[2*] **Adil BAKOĞLU**[1]

[1] *Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi, Pazar Meslek Yüksek Okulu, Bitkisel ve Hayvansal Üretim Bölümü, Rize, Türkiye*
[2] *Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü, Rize, Türkiye*

Received: *04.05.2024* ***Accepted:*** *16.08.2024* ***Puplished:*** *31.12.2024*

Atıf yapmak için: **Baykal, H., Çatal, M.İ. & Bakoğlu, A. (2024).** Ulutaş Mahallesinin (İspir/ERZURUM) Botanik Kompozisyonu ve Mera Durumunun Belirlenmesi. *Anadolu Çev. ve Hay. Dergisi*, **9**(4), 669-675. https://doi.org/10.35229/jaes.1478335

How to cite: **Baykal, H., Çatal, M.İ. & Bakoğlu, A. (2024).** Determination of Botanical Composition and Pasture Status of Ulutaş Neighborhood (İspir/ERZURUM). *J. Anatolian Env. and Anim. Sciences*, **9**(4), 669-675. https://doi.org/10.35229/jaes.1478335

: https://orcid.org/0000-0001-6428-6915
: https://orcid.org/0000-0002-4888-770X
: https://orcid.org/0000-0003-1189-8461

***Sorumlu yazar:**
Muhammed İkbal ÇATAL
Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü, Rize, Türkiye
✉: muhammed.catal@erdogan.edu.tr

Öz: 2020 yılında Lup metodu kullanılarak Ulutaş mahallesinde (İspir/ERZURUM) yapılan bu çalışmada, toprağı kaplama ve botanik kompozisyon oranları, mera kalite derecesi ve mera durum sınıfı özellikleri incelenmiştir. Araştırma alanında, *Poaceae* 7, *Fabaceae* 12 ve diğer familyalarda; *Apiaceae* 3, *Asteraceae* 14, *Brassicaceae* 1, *Boraginaceae* 2, *Campanulaceae* 1, *Caryophyllaceae* 2, *Caprifoliaceae* 1, *Convolvulaceae* 1, *Euphorbiaceae* 1, *Hypericaceae* 2, *Lamiaceae* 7, *Onagraceae* 1, *Orobanchaceae* 2, *Plantaginaceae* 2, *Polygonaceae* 1, *Rosaceae* 6, *Rubiaceae* 2 olmak üzere toplam 68 takson tespit edilmiştir. Çalışma yapılan meranın toplam toprağı kaplama oranı %84.75, toprağı kaplama alanına göre botanik kompozisyon oranları *Poaceae* %14.70, *Fabaceae* %33.14 ve diğer familyalar %52.16 olarak belirlenmiştir. 3.59 mera kalite derecesi ile meranın durumu "Zayıf" olarak belirlenmiştir.

Anahtar kelimeler: Botanik kompozisyon, Lup yöntemi, mera kalite derecesi, toprağı kaplama oranı.

Determination of Botanical Composition and Pasture Status of Ulutaş Neighborhood (İspir/ERZURUM)

***Corresponding author:**
Muhammed İkbal ÇATAL
Recep Tayyip Erdoğan University, Faculty of Agriculture, Department of Field Crops, Pazar/Rize/Türkiye
✉: muhammed.catal@erdogan.edu.tr

Abstract: In 2020, canopy coverage and botanical composition ratios, pasture quality degree and pasture status class characteristics were examined in this study conducted in Ulutaş neighborhood (İspir/ERZURUM) using the Lup method. In the study area, a total of 68 taxa were identified. These belong to various families, with *Poaceae* (7), *Fabaceae* (12), *and other families including Apiaceae* (3), *Asteraceae* (14), *Brassicaceae* (1), *Boraginaceae* (2), *Campanulaceae* (1), *Caryophyllaceae* (2), *Caprifoliaceae* (1), *Convolvulaceae* (1), *Euphorbiaceae* (1), *Hypericaceae* (2), *Lamiaceae* (7), *Onagraceae* (1), *Orobanchaceae* (2), *Plantaginaceae* (2), *Polygonaceae* (1), *Rosaceae* (6), *and Rubiaceae* (2). The total canopy coverage rate of the pasture was 84.75%, and the botanical composition ratios according to the canopy coverage area were determined as *Poaceae* 14.70%, *Fabaceae* 33.14% and other families 52.16%. With 3.59 pasture quality degree, the status of the pasture was determined as "Poor".

Keywords: Botanical composition, Lup method, pasture quality degree, canopy coverage rate.

GİRİŞ

Türkiye, coğrafi konumu ve topografik çeşitliliği nedeniyle üç ana fitocoğrafik bölgeye ayrılır: Akdeniz, Avrupa-Sibirya ve İran-Turan (Akdeniz, 2009). Bu bölgeler, kendine özgü iklim ve toprak koşullarına sahip olup, bu da farklı bitki örtüleri ve floristik zenginliğe yol açar. Son araştırmalar, Türkiye'de yaklaşık 12.000 bitki taksonunun var olduğunu ve yüksek bir endemizm oranına sahip olduğunu göstermiştir.

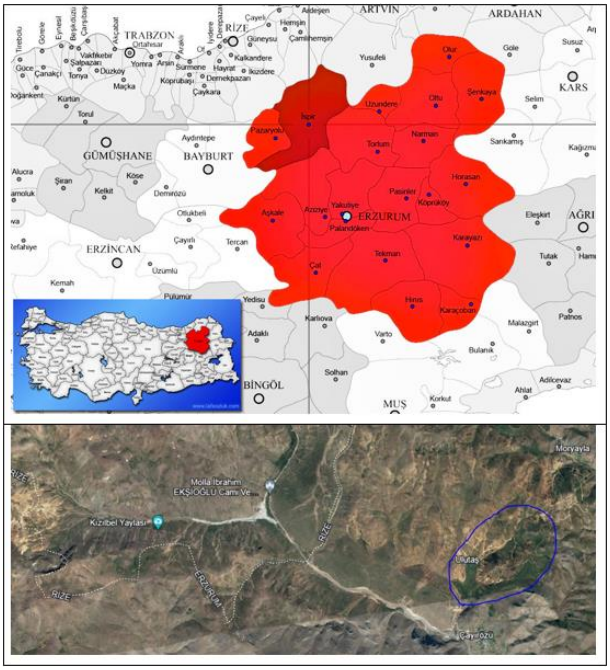
Çayır ve mera alanları, sadece hayvanların besin ihtiyacını karşılamakla kalmayıp, gen kaynağı ve biyolojik çeşitlilik oluşturma gibi önemli ekolojik işlevler de görmektedir (Carlier vd., 2005). Ayrıca, erozyona karşı koruma sağlayarak toprağı da korumaktadırlar. Türkiye'de çayır ve mera alanları, hayvan varlığının yıllık ham protein ihtiyacının %68'ini ve nişasta ihtiyacının %62'sini karşılamaktadır (Babalık & Sarıkaya, 2015).

Türkiye'de uzun yıllardır devam eden erken ve aşırı otlatma ve bakım-ıslah işlemlerinin yapılmaması, mera alanlarında ot veriminin azalmasına ve bitki örtüsünün bozulmasına yol açmıştır (Yavuz & Sürmen, 2016; Sürmen & Kara, 2018). Ot kalitesi ve verimi düşen bu meraların ıslah edilerek yeniden kaliteli ve verimli yem üretimine kazandırılması gerekmektedir. Bu amaçla, mera alanlarının verim değerlerini artırmak için o yöreye özgü vejetasyon çalışmaları yapılmalıdır. Türk vd., (2003)'e göre, vejetasyon etüt ve ölçmeleri, vejetasyonu bilinmeyen çayır ve meraların kalitatif ve kantitatif karakterleri hakkında bilgi edinmek için kullanılmaktadır.

Bu çalışma, Erzurum ilinin İspir ilçesinde bulunan Ulutaş mahallesinin mera alanındaki bitki örtüsünü ele alarak önemli bilgiler sunmaktadır. Araştırma kapsamında, mera alanındaki bitkilerin familya ve türleri belirlenmiştir. Bu sayede, mera vejetasyonunun toprağı kaplama oranı, botanik kompozisyonu, mera kalite derecesi ve mera durum sınıfı gibi önemli parametreler ortaya konmuştur. Bu çalışmadan elde edilen bulgular ile İspir ilçesindeki meraların durumu hakkında detaylı bilgi edinilmesine olanak sağlayarak, bölgedeki hayvancılık faaliyetlerinin sürdürülebilirliği açısından kritik önem taşımaktadır. Ayrıca, çalışma sonucunda ortaya çıkan bilgiler, mera alanlarının korunması ve geliştirilmesi için gerekli adımların atılmasına da ışık tutacaktır. Çalışma yukarıda ifade edilen bilimsel veriler açısından araştırma alanında yapılan ilk çalışmadır.

MATERYAL VE YÖNTEM

Bu araştırma, 2020 yılında Erzurum ili İspir ilçesine bağlı Ulutaş mahallesinde gerçekleştirilmiştir. Bölge, deniz seviyesinden yaklaşık 2100 metre yükseklikte yer almakta (40° 34′ 34″ Kuzey, 40° 54′ 23″ Doğu) ve ilçeye yaklaşık 24 kilometre uzaklıktadır. Çalışma alanının konumu Şekil 1'de, bölgeden çekilen bazı fotoğraflar ise Şekil 2'de sunulmuştur. Araştırma alanının (Erzurum) 2020 yılına ait toplam yağış, ortalama sıcaklık ve ortalama nisbi nem değerleri sırasıyla 295,6 mm, 5,6 °C ve %67 şeklindedir (Anonim 2021).



Şekil 1. Çalışma alanının konumu
Figure 1. Location of the study area

Şekil 2: Çalışma alnından çekilen fotoğraflar (a-b: Örnek alandan genel görünüm, c: *Astragalus uraniolimneus* Boiss., d: *Helichrysum armenium* DC. subsp. *armenium*, e: *Vicia cracca* L. subsp. *cracca*)
Figure 2: Photographs taken from the study area (a-b: General view of the sample area, c: *Astragalus uraniolimneus* Boiss., d: *Helichrysum armenium* DC. subsp. *armenium*, e: *Vicia cracca* L. subsp. *cracca*)

Materyal ve Metod: Arazi çalışmaları, 2020 yılında vejetasyonun tam olgunlaşma dönemi olan Temmuz ayında gerçekleştirilmiştir. Çalışmanın materyalini, mera alanlarından toplanan bitki örnekleri oluşturmuştur. Her takson için 3 adet bitki örneği toplanmış ve Erik ve ark., (1996)'nın herbaryum

kurallarına uygun şekilde kurutularak kartonlara yapıştırılmıştır. Hazırlanan bitki örnekleri, Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi Pazar Meslek Yüksekokulu'nda muhafaza altına alınmıştır. Teşhis işlemleri, Türkiye ve Ege Adaları Florası (Davis, 1965-1985; Davis vd., 1988) ve Güner vd., (2000) kaynak eserleri kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Familya, takson ve yazar isimleri ise Güner vd., (2012)'ye göre belirtilmiş ve takson ve yazar isimleri Euro+Med Plant Base (2020) veri sisteminden kontrol edilmiştir.

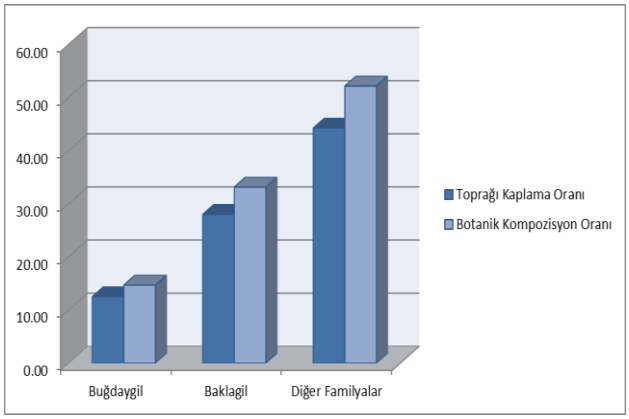
Araştırmada, mera vejetasyonunun özellikleri Lup metodu kullanılarak belirlenmiştir. Bu yöntemde, 20 cm aralıklı ölçümler yapılarak 20 m uzunluğunda bir Lup hattı oluşturulmuştur. Bu hat üzerinde toplam 100 Lup değeri ölçülmüş ve her Lup değeri için içeride bulunan bitki taksonları ölçüm cetveline kaydedilmiştir. Daha sonra, her Lup içerisine düşen bitkilerin tüm organları toplanarak teşhis edilmiştir.

Çalışma alanında, 5 ana hat belirlenerek her birinde 10 alt hat boyunca ölçümler gerçekleştirilmiş (Tosun, 1968) ve verilerin değerlendirilmesinde, toprağı kaplayan bitki türlerinin oranları, lup ölçümleri ile belirlenmiş bitki örtüsü alanlarının toplam alanına bölünmesi yoluyla hesaplanmıştır (Gökkuş vd., 1993). Her bir bitki türünün yem değeri, Gökkuş vd. (1993) ve Bakoğlu (1999) tarafından belirtilen kriterlere ve Anonim (2008) tarafından sunulan -1 ile 10 puanlık skalaya göre değerlendirilmiştir. Bu puanlar, her bir bitki türünün toplam oransal değeri ile çarpılarak mera kalite derecesi oluşturulmuştur. Elde edilen mera kalite derecesi De Vries vd., (1951) tarafından geliştirilen mera durum sınıflandırmasına göre (0,0-2,0: Çok Zayıf, 2,1-4,0: Zayıf, 4,1-6,0: Orta, 6,1-8,0: İyi, 8,1-10,0: Çok İyi) yorumlanmıştır.

BULGULAR VE TARTIŞMA

Araştırma bölgesinde tespit edilen bitki türleri, ait oldukları familyalar, toprağı kaplama ve botanik kompozisyondaki oranları ile mera dereceleri Çizelge 1'de sunulmuştur. Familyaların toprağı kaplama ve botanik kompozisyondaki oranları ise Şekil 3'te görselleştirilmiştir.

Çizelge 1'e bakıldığında çalışma yapılan meranın toplam toprağı kaplama oranı % 84,75 olup, *Poaceae* % 12,50, *Fabaceae* % 28,00 ve diğer familyaların oranı ise % 44,25 olarak belirlenmiştir. Toprağı kaplama alanına göre *Poaceae, Fabaceae* ve diğer familyaların botanik kompozisyon oranları ise sırasıyla % 14,70, 33,14 ve 52,16 olarak tespit edilmiştir. Mera kalite derecesi 3,59 ile meranın durumu "Zayıf" olarak belirlenmiştir. Çalışılan meranın botanik kompozisyonda buluna bitkilerden *Poaceae*'den *Lolium persicum* (% 6,07), *Fabaceae*'den *Vicia cracca* subsp. *tenuifolia* (% 7,06) ve diğer familyalardan *Thymus fallax* (% 3,36) taksonları ilk sırayı oluşturmaktadır.



Şekil 3. Familyaların Toprağı Kaplama ve Botanik Kompozisyon Oranları (%)
Figure 3. Canopy Cover and Botanical Composition Rates (%) of Families

Çalışma yapılan merada *Poaceae*'de 7, *Fabaceae*'de 12 ve diğer familyalarda 49 olmak üzere toplam 68 takson tespit edilmiştir. Diğer familyalardaki takson sayıları; *Apiaceae* 3, *Asteraceae* 14, *Brassicaceae* 1, *Boraginaceae* 2, *Campanulaceae* 1, *Caryophyllaceae* 2, *Caprifoliaceae* 1, *Convolvulaceae* 1, *Euphorbiaceae* 1, *Hypericaceae* 2, *Lamiaceae* 7, *Onagraceae* 1, *Orobanchaceae* 2, *Plantaginaceae* 2, *Polygonaceae* 1, *Rosaceae* 6, *Rubiaceae* 2 şeklindedir. Araştırma alanında tespit edilen *Noccaea angustifolia* taksonu endemiktir.

Türkiye'nin değişik yerlerinde botanik kompozisyon ve mera durumu ile ilgili yapılan çalışmalara bakıldığında; Faretörbay (2007) tarafından Erzurum Palandöken'de farklı rakımlara sahip mera alanlarında yürütülen çalışmada, botanik kompozisyon ve mera durumu incelenmiştir. Araştırmada, buğdaygiller familyası türlerinin %56,28, baklagiller familyası türlerinin %10,47 ve diğer familyalara ait türlerin ise %33,31 oranında mera alanında yer aldığı belirlenmiştir. Mera alanının toprağı kaplama oranı %39 olarak ölçülmüş ve mera durumu "orta" olarak değerlendirilmiştir. Babalık ve Sarıkaya, (2015) tarafından Isparta'daki Zengi merasında yürütülen araştırmada, mera alanının botanik kompozisyonu incelenmiştir. Çalışmada, buğdaygillerin %63,51, baklagillerin %16,39 ve diğer familyaların %20,10 mera florasında temsil edildiği tespit edildiğini bildirmiştir. Bilgin ve Özalp (2016) tarafından yapılan araştırmada, botanik kompozisyonun %46,19'unun buğdaygillerden, %14,36'sının baklagillerden ve %39,45'inin ise diğer familyalardan oluştuğu belirtilmiştir. Bu bulgular, buğdaygillerin söz konusu bölgede baskın familya olduğunu ve baklagillerin de önemli bir rol oynadığını göstermektedir.

Çizelge 1. Ulutaş mahallesinin mera alanında bulunan bitkilerin familyaları, taksonları, toprağı kaplama ve botanik kompozisyon oranları, mera kalite dereceleri.
Table 1. Families, taxa, canopy cover and botanical composition ratios, pasture quality degree of the plants found in the pasture area of Ulutaş neighborhood.

	Familya	Takson	DS	TKO	BKO	MKD
	POACEAE					
1	*Poaceae*	*Dactylis glomerata* L. subsp. *hispanica* (Roth) Nyman	7	1,00	1,00	0,07
2	*Poaceae*	*Festuca heterophylla* Lam.	2	1,50	1,85	0,04
3	*Poaceae*	*Lolium persicum* Boiss. & Hohen.	4	5,25	6,07	0,24
4	*Poaceae*	*Poa nemoralis* L.	8	0,50	0,61	0,05
5	*Poaceae*	*Poa sterilis* M.Bieb.	6	3,00	3,67	0,22
6	*Poaceae*	*Trisetum flavescens* (L.) P.Beauv.	-1	1,00	1,20	-0,01
7	*Poaceae*	*Trisetum rigidum* (M.Bieb.) Roem. & Schult.	-1	0,25	0,30	0,00
		Toplam		**12,50**	**14,70**	**0,60**
	FABACEAE					
1	*Fabaceae*	*Astragalus uraniolimneus* Boiss.	0	0,75	0,88	0,00
2	*Fabaceae*	*Hedysarum hedysaroides* (L.) Schinz & Thell.	8	3,00	3,52	0,28
3	*Fabaceae*	*Lathyrus rotundifolius* Willd. subsp. *miniatus* (M.Bieb. ex Steven) P.H.Davis	8	0,25	0,30	0,02
4	*Fabaceae*	*Lotus corniculatus* L.var. *alpinus* Ser.	7	1,75	2,06	0,14
5	*Fabaceae*	*Onobrychis altissima* Grossh.	8	4,25	5,19	0,42
6	*Fabaceae*	*Securigera orientalis* (Mill.) Lassen	3	1,00	1,00	0,03
7	*Fabaceae*	*Securigera varia* (L.) Lassen	3	1,50	1,54	0,05
8	*Fabaceae*	*Trifolium ambiguum* M.Bieb.	7	0,50	0,50	0,04
9	*Fabaceae*	*Trifolium campestre* Schreb.	7	0,25	0,36	0,03
10	*Fabaceae*	*Trifolium canescens* Willd.	7	4,25	5,13	0,36
11	*Fabaceae*	*Vicia cracca* L. subsp. *cracca*	8	4,50	5,60	0,45
12	*Fabaceae*	*Vicia cracca* L. subsp. *tenuifolia* (Roth) Gaudin	8	6,00	7,06	0,56
		Toplam		**28,00**	**33,14**	**2,37**
	DİĞER FAMİLYALAR					
1	*Apiaceae*	*Caucalis platycarpos* L.	0	1,75	2,14	0,00
2	*Apiaceae*	*Chaerophyllum angelicifolium* M.Bieb.	2	0,25	0,30	0,01
3	*Apiaceae*	*Eryngium maritimum* L.	0	0,50	0,61	0,00
4	*Asteraceae*	*Archanthemis marschalliana* (Willd.) Lo Presti & Oberpr.	0	0,25	0,25	0,00
5	*Asteraceae*	*Achillea millefolium* L. subsp. *millefolium*	1	2,75	3,16	0,03
6	*Asteraceae*	*Achillea setacea* Waldst. & Kit.	0	0,50	0,61	0,00
7	*Asteraceae*	*Artemisia vulgaris* L.	2	2,75	3,41	0,07
8	*Asteraceae*	*Cirsium arvense* (L.) Scop.	0	0,25	0,25	0,00
9	*Asteraceae*	*Crepis sancta* (L.) Bornm. subsp. *nemausensis* (P.Fourn.) Babc.	4	0,25	0,29	0,01
10	*Asteraceae*	*Erigeron acris* L.	1	0,75	0,61	0,01
11	*Asteraceae*	*Erigeron caucasicus* Steven subsp. *caucasicus*	1	0,25	0,25	0,00
12	*Asteraceae*	*Helichrysum armenium* DC. subsp. *armenium*	0	1,25	1,47	0,00
13	*Asteraceae*	*Inula britannica* L.	0	0,25	0,36	0,00
14	*Asteraceae*	*Leontodon hispidus* L. subsp. *hispidus*	0	0,25	0,36	0,00
15	*Asteraceae*	*Pilosella brachiata* (Bertol. ex DC.) F.W.Schultz & Sch.Bip.	0	0,25	0,29	0,00
16	*Asteraceae*	*Tanacetum abrotanifolium* (L.) Druce	0	0,25	0,25	0,00
17	*Asteraceae*	*Tragopogon coloratus* C.A.Mey.	1	1,50	1,75	0,02
18	*Brassicaceae*	**Noccaea angustifolia* F.K.Mey.	0	0,25	0,30	0,00
19	*Boraginaceae*	*Cerinthe glabra* Mill.	1	0,25	0,36	0,00
20	*Boraginaceae*	*Onosma tenuiflora* Willd.	0	0,50	0,50	0,00
21	*Campanulaceae*	*Campanula rapunculoides* L.	0	0,50	0,65	0,00
22	*Caryophyllaceae*	*Minuartia circassica* (Albow) Woronow	1	0,50	0,55	0,01
23	*Caryophyllaceae*	*Silene vulgaris (*Moench) Garcke var. *commutata* (Guss.) Coode & Cullen	1	0,75	0,86	0,01
24	*Caprifoliaceae*	*Cephalaria gigantea* (Ledeb.) Bobrov	5	0,75	0,90	0,05
25	*Convolvulaceae*	*Convolvulus arvensis* L.	2	0,25	0,30	0,01
26	*Euphorbiaceae*	*Euphorbia iberica* Boiss.	0	0,50	0,60	0,00
27	*Hypericaceae*	*Hypericum apiculatum* (N.Robson) Sennikov	0	2,25	2,62	0,00
28	*Hypericaceae*	*Hypericum scabrum* L.	-1	0,75	0,86	-0,01
29	*Lamiaceae*	*Clinopodium vulgare* L.	1	1,00	1,11	0,01
30	*Lamiaceae*	*Nepeta nuda* L. subsp. *albiflora* (Boiss.) Gams	0	2,00	2,41	0,00
31	*Lamiaceae*	*Origanum vulgare* L. subsp. *vulgare*	4	1,00	1,24	0,05
32	*Lamiaceae*	*Salvia verticillata* L. subsp. *verticillata*	2	0,25	0,36	0,01
33	*Lamiaceae*	*Stachys byzantina* K.Koch	0	1,00	1,20	0,00
34	*Lamiaceae*	*Stachys iberica* M.Bieb. subsp. *iberica*	0	1,50	1,70	0,00
35	*Lamiaceae*	*Thymus fallax* Fisch. & C.A.Mey.	1	2,75	3,36	0,03
36	*Onagraceae*	*Epilobium angustifolium* L.	0	0,75	0,95	0,00
37	*Orobanchaceae*	*Melampyrum arvense* L. var. *arvense*	0	0,50	0,65	0,00
38	*Orobanchaceae*	*Orobanche alba* Stephan ex Willd. subsp. *alba*	0	0,75	0,75	0,00
39	*Plantaginaceae*	*Plantago lanceolata* L.	4	0,50	0,50	0,02
40	*Plantaginaceae*	*Veronica orientalis* Mill. subsp. *orientalis*	1	0,50	0,61	0,01
41	*Polygonaceae*	*Polygonum alpinum* All.	2	2,25	2,13	0,04
42	*Rosaceae*	*Agrimonia eupatoria* L. subsp. *asiatica* (Juz.) Skalicky	0	0,25	0,36	0,00
43	*Rosaceae*	*Alchemilla pseudocartalinica* Juz.	0	1,00	1,18	0,00
44	*Rosaceae*	*Filipendula ulmaria* (L.) Maxim. subsp. *ulmaria*	3	0,50	0,86	0,03
45	*Rosaceae*	*Potentilla argentea* L.	1	2,00	2,41	0,02
46	*Rosaceae*	*Rosa villosa* L.	1	0,75	0,98	0,01
47	*Rosaceae*	*Sanguisorba minor* L. subsp. *balearica* (Bourg. ex Nyman) Muñoz Garm. & C.Navarro	7	2,00	2,29	0,16
48	*Rubiaceae*	*Galium album* Mill. subsp. *prusense* (K.Koch) Ehrend. & Krendl	1	0,25	0,25	0,00
49	*Rubiaceae*	*Galium verum* L. subsp. *verum*	1	1,50	2,00	0,02
		Toplam		**44,25**	**52,16**	**0,62**
		GENEL TOPLAM		**84,75**	**100,00**	**3,59**

*: Endemik, DS: Değer Sayısı, TKO: Toprağı Kaplama Oranı, BK: Botanik Kompozisyon, MD: Mera Kalite Derecesi.

Çizelge 2. Ulutaş mahallesi mera alanının yakın mera alanlarında yapılan çalışmalarla karşılaştırılması.
Table 2. Comparison of Ulutaş neighborhood common pasture area with studies conducted in nearby common pasture areas.

Çalışma Alanı	Takson Sayıları				Botanik Kompozisyon Oranları (%)			Meranın Toplam Toprağı Kaplama Oranı (%)	Meranın Kalite Derecesi	Meranın Durumu	Kaynak
	Poaceae	*Fabaceae*	Diğer Familyalar	Toplam	*Poaceae*	*Fabaceae*	Diğer Familyalar				
Handüzü Yaylası (Güneysu/RİZE)	4	4	33	41	33,37	5,75	60,88	82,40	2,46	Zayıf	Bakoğlu vd., (2019)
Ovit Yaylası (İkizdere/RİZE)	6	4	35	45	39,35	6,61	54,04	63,40	1,98	Çok zayıf	Çatal vd., (2019)
Elevit Yaylası (Çamlıhemşin/RİZE)	8	4	37	49	34,86	14,20	50,94	96,80	3,58	Zayıf	Bakoğlu ve Çatal, (2020)
Trovit Yaylası (Çamlıhemşin/RİZE)	4	2	32	38	21,24	13,66	65,10	79,15	2,36	Zayıf	Çatal vd., (2020)
Palovit Yaylası (Çamlıhemşin/RİZE)	6	1	18	25	54,98	2,88	42,14	70,75	2,38	Zayıf	Baykal vd., (2020)
Zorkal Yaylası (İkizdere/RİZE)	5	4	38	47	13,07	28,11	58,82	83,40	2,65	Zayıf	Bakoğlu vd., (2021a)
Legiş Yaylası (İkizdere/RİZE)	4	4	31	39	12,90	28,24	58,86	78,92	2,63	Zayıf	Baykal vd., (2021)
Anzer Yaylası (İkizdere/RİZE)	5	3	37	45	26,32	8,92	64,76	72,00	1,95	Çok zayıf	Bakoğlu vd., (2021b)
Yoncalı Köyü (Merkez/BAYBURT)	13	7	37	57	30,49	20,12	49,39	67,50	2,93	Zayıf	Çatal vd., (2022)
Kükürtlü Mahallesi (Araklı/TRABZON)	6	4	43	53	17,00	7,00	76,00	-	2,01	Zayıf	Çatal vd., (2023)
Ulutaş Mahallesi (İspir/ERZURM)	7	12	49	68	14,70	33,14	52,16	84,75	3,59	Zayıf	

Çaçan ve Başbağ'ın (2016) Bingöl'deki Yelesen-Dikme köylerinin meralarında yürüttükleri araştırmaya göre, mera alanlarının %68,19'u bitki örtüsü ile kaplıdır. Botanik kompozisyonda buğdaygiller %17,39, baklagiller %21,09 ve diğer familyalara ait bitkiler ise %61,52 oranında yer almaktadır. İspirli vd., (2016) Kastamonu ili, Taşköprü ilçesine bağlı 12 köyün doğal meralarında yürüttükleri çalışmada, bitki örtüsü ile kaplı alan oranının ortalama %83,34 olduğunu bulmuşlardır. Araştırmacılar, inceledikleri meraların 1 tanesini "İyi", 5 tanesini "Orta" ve 6 tanesini ise "Zayıf" mera durumu olarak sınıflandırmışlardır. Uzun vd., (2016) Bartın ili Merkez ilçesine bağlı 15 köyün meralarında yürüttüğü araştırmada, meraların bitkiyle kaplı alan oranı ortalamasının %93,57 olduğu belirlenmiştir. Araştırmacılar, mera durumu sınıflandırması sonucunda 1 meranın "Çok iyi", 1 meranın "İyi", 6 meranın "Orta" ve 7 meranın ise "Zayıf" kategoride yer aldığını bulmuştur. Babalık ve Ercan, (2018)'ın Karaören köyü (Eskişehir) çalışma alanındaki araştırmasına göre, bitki örtüsü %51.2 oranında iken, mera alanındaki botanik kompozisyonu buğdaygillerden (%44), baklagillerden (%23) ve diğer familyalardan (%33) oluşmaktadır. Sürmen ve Kara, (2018) Aydın ilinin farklı eğimlerdeki meralarda yürüttükleri çalışmada, buğdaygillerin ağırlığa göre botanik kompozisyondaki oranının %37,09, baklagillerin oranının ise %4,24 olduğunu bulmuşlardır. Diğer familyaların ise ağırlıkça oranı %58,67 olarak belirlenmiştir. Bu bulgular, meralarda buğdaygillerin baskın familya olduğunu, baklagillerin ise nispeten az temsil edildiğini göstermektedir. Çınar vd., (2019) Tufanbeyli ilçesi (Adana) meralarında yürüttükleri çalışmada, bitki örtüsü kompozisyonunu ve mera kalitesini incelemişlerdir. Çalışma sonucunda, meralarda buğdaygiller familyasının ortalama oranı %36,9, baklagiller familyasının ortalama oranı %22,0 ve diğer familyalara ait bitkilerin ortalama oranı ise %41.1 olarak belirlenmiştir. Bu bulgular, meralarda buğdaygillerin dominant familya olduğunu göstermektedir. Mera kalite derecelerinin 2,40-3,92 arasında değiştiği ve meraların durum sınıfının "zayıf" kategorisine girdiği de tespit edilmiştir. Bu çalışmaların yanında mevcut araştırma alanına daha yakın meralarda da botanik kompozisyon ve mera durumu tespitine yönelik çalışmalar yapılmıştır. Araştırma alanına yakın meralarda gerçekleştirilen 10 çalışma Çizelge 2'de karşılaştırılmıştır.

Çizelge 2 incelendiğinde, Çatal vd., (2022) Bayburt ili Yoncalı köyü merasında, Çatal vd., (2023) Trabzon ili Kükürtlü mahallesi merasında ve diğer 7 çalışma ise Rize ili meralarda gerçekleştirilmiş çalışmalardır. Çalışma alanı (Ulutaş mahallesi), toplam takson sayısı (68) bakımından karşılaştırılan 10 çalışmadan daha zengindir. Mera alanındaki bitki örtüsünün, toprağı toplam kaplama oranı (%84,75) bakımından Bakoğlu vd., (2020) (%96,80)'den sonra ikinci sırada yer almaktadır. Araştırma alanı, mera kalite durumu üzerine en çok etki eden familyalar *Poaceae* ve *Fabaceae* toplam taksonu (19) bakımından Çatal vd., (2022)'den sonra en zengin ikinci meradır. *Fabacaeae* familyası takson sayısı (12) bakımından araştırma alanı ile karşılaştırılan diğer tüm çalışmalardan daha zengindir. Araştırma alanı, *Poaceae* familyasına ait taksonların (7) botanik kompozisyondaki kaplama oranı bakımından (%14,70), Baykal vd., (2021) (%12,90) ve Bakoğlu vd., (2021a) (%13,07)'den sonra en fakir 3. araştırma alanıdır. Buna karşın diğer kalite belirleyici familya *Fabaceae* taksonlarının (12) botanik kompozisyondaki kaplama oranı bakımından araştırma alanı, karşılaştırılan çalışmaların tümünden daha zengindir. Araştırma alanı, mera kalite derecesi bakımından (3,59) 10 çalışmayla karşılaştırıldığında en yüksek değere sahip olsa da, otlatma faktörü göz önüne alındığında farklı bir tablo ortaya çıkmaktadır. 8 çalışmada "zayıf" mera durumu görülürken, bu durum otlatma yoğunluğunun yüksek ve meranın yeterince dinlendirilmemesinin bir sonucu olabilir. Çatal vd. (2019) ve Bakoğlu vd. (2021b)

çalışmaları ise "çok zayıf" mera durumu göstermektedir. Bu da, söz konusu meralarda aşırı otlatmanın mera bitkilerini zayıflattığını ve mera verimliliğini düşürdüğünü göstermektedir.

SONUÇ

Ulutaş mahallesi (İspir/Erzurum) merasında yapılan bu araştırma, bölgenin bitki örtüsü ve mera durumu hakkında önemli bilgiler sunmaktadır. Çalışmada, *Poaceae* familyasından 7, *Fabaceae* familyasından 12 ve diğer familyalardan 49 olmak üzere toplam 68 takson tespit edilmiştir. Meranın botanik kompozisyonunu incelediğimizde, *Poaceae* familyasından *Lolium persicum* (%6,07), *Fabaceae* familyasından *Vicia cracca* subsp. *tenuifolia* (%7,06) ve diğer familyalardan *Thymus fallax* (%3,36) türlerinin en baskın bitkiler olduğu görülmektedir. Toprağı kaplama oranı bakımından ise meranın %84,75'lik bir alanının bitki örtüsü ile kaplı olduğu belirlenmiştir. Bu alanın %14,70'i *Poaceae*, %33,14'ü *Fabaceae* ve %52,16'sı ise diğer familyalara ait bitkiler tarafından kaplanmıştır. Mera kalite derecesinin 3,59 olarak hesaplanması, meranın "Zayıf" durumdaki meralar sınıfına girdiğini göstermektedir. Bu durum, meranın daha fazla otlatma baskısına ve erozyona maruz kalmış olabileceğini işaret etmektedir.

Sonuç olarak, Ulutaş merası bitki çeşitliliği bakımından zengin olmakla birlikte, mera kalitesi açısından zayıf bir durumdadır. Bu durumun iyileştirilmesi için mera ıslahı ve sürdürülebilir otlatma uygulamalarının hayata geçirilmesi gerekmektedir.

KAYNAKLAR

Akdeniz, S. (2009). *Ayaş-Kazan-Yenikent arasında kalan bölgenin florası.* Yüksek Lisans Tezi, Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.

Anonim. (2008). *Türkiye'nin çayır ve mera bitkileri.* Tarım ve Köyişleri Bakanlığı Tarımsal Üretim ve Geliştirme Genel Müdürlüğü Yayınları, 468 s.

Anonim. (2021). T.C. Başbakanlık Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü, Erzurum İl Müdürlüğü Kayıtları.

Babalık, A.A. & Ercan, A. (2018). Eskişehir ili Karaören köyü merasının vejetasyon özelliklerinin belirlenmesi. *Türkiye Ormancılık Dergisi,* ***19***(3), 246-251.

Babalık, A.A. & Sarıkaya, H. (2015). Isparta ili Zengi merasında ot verimi ve botanik kompozisyonun tespiti üzerine bir araştırma. *Türkiye Ormancılık Dergisi,* ***16***(2), 96-101.

Bakoğlu, A. (1999). *Otlatılan ve korunan iki farklı mera kesiminin bazı toprak ve bitki örtüsü özelliklerinin karşılaştırılması.* Doktora Tezi. Atatürk Üniv. Fen Bil. Ens. Erzurum, Türkiye, 128s.

Bakoğlu, A. & Çatal, M.İ. (2020). Elevit yaylasının (Rize-Çamlıhemşin) mera kalitesinin değerlendirilmesi. *Journal of Anatolian Environmental and Animal Sciences*, ***5***(3), 283-289. DOI: 10.35229/jaes.733401

Bakoğlu, A., Baykal, H., & Çatal, M.İ. (2019). Handüzü yaylasının botanik kompozisyonu üzerine bir çalışma. *Turkish Journal of Agriculture-Food Science and Technology*, ***7***(9), 1339-1343.

Bakoğlu, A., Baykal, H. & Çatal, M.İ. (2021a). Determination of Pasture Characteristics and Botanical Composition of Zorkal Plateau (İkizdere-RİZE). *Journal of Anatolian Environmental and Animal Sciences*, ***6***(1), 72-76. DOI: 10.35229/jaes.786349

Bakoğlu, A., Baykal, H. & Çatal, M.İ. (2021b). A Research on the Determination of the Botanical Composition of the High Altitudes of Anzer Region (Ikizdere-RIZE). *International Journal of Scientific and Technological Research* , ***7***(10), 14-19.

Bakoğlu, A., Çatal, M.İ. & Baykal, H. (2023). Bayburt ili Yoncalı köyü merasının mera durumunun belirlenmesi. *Eurasian Journal of Forest Science*, ***10***(3), 108-115.

Baykal, H., Bakoğlu, A. & Çatal, M.İ. (2021). Legiş yaylasının (İkizdere-RİZE) botanik kompozisyonunun belirlenmesi. *Eurasian Journal of Forest Science*, ***9***(2), 63-69.

Baykal, H., Bakoğlu, A. & Çatal, M.İ. (2023). A Research on the Botanical Composition of Kükürtlü Neighborhood (Araklı/TRABZON). *Eurasian Journal of Forest Science*, ***11***(2), 92-99.

Baykal, H., Çatal, M.İ. & Bakoğlu, A. (2020). Çamlıhemşin-Palovit yaylasının botanik kompozisyonu üzerine bir araştırma. *Turkish Journal of Forestry*, ***21***(2), 136-140.

Bilgin, F. & Özalp, M. (2016). Yükselti değişimlerinin orman üstü meraların vejetasyon yapısı ve toprak özellikleri üzerine etkilerinin irdelenmesi. *Artvin Çoruh Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi,* ***17***(2), 135-147.

Carlier, L., De Vliegher, D., Van Cleemput, O. & Boeckx, P. (2005). Importance and functions of European grasslands. *Communications in Agricultural and Applied Biological Sciences*, ***70***, 5-15.

Çaçan, E. & Başbağ, M. (2016). Bingöl ili merkez ilçesi Yelesen-Dikme köylerinin farklı yöney ve yükseltilerde yer alan mera kesimlerinde botanik kompozisyon ve ot veriminin değişimi. *Ege Üniv. Ziraat Fak. Derg.*, ***53***(1), 1-9.

Çatal, M.İ., Baykal, H. & Bakoğlu, A. (2019). Ovit yaylasının (İkizdere-RİZE) botanik kompozisyonunun belirlenmesi. *Journal of Anatolian Environmental and Animal Sciences*, ***4***(3), 435-440. DOI: 10.35229/jaes.600149

Çatal, M.İ., Baykal, H. & Bakoğlu, A. (2020). Determination of botanical composition of Çamlıhemşin-Trovit plateau. *Eurasian Journal of Forest Science*, ***8***(3), 181-189.

Çınar, S., Hatipoğlu, R., Avcı, M., Yücel, C. & İnal, İ. (2019). Adana ili Tufanbeyli ilçesi meralarının vejetasyon yapısı üzerine bir araştırma. *KSÜ Tar. Doğa Derg.*, ***22***(1), 143-152, DOI: 10.18016/ksutarimdoga.vi.448421

Davis, P.H. (1965-1985). *Flora of Turkey and The East Aegean Islands*, Vol. 1-9, Edinburgh University Press, Edinburgh.

Davis, P.H., Mill, R.R. & Tan, K. (1988). *Flora of Turkey and The East Aegean Islands*, Vol. 10, Edinburgh University Press, Edinburgh.

De Vries, D.M., De Boer, T.A. & Dirver, J.P.P. (1951). Evalation of grassland by botanical research in the Netherlands. In Proc. *United National Sci. Conf. on the Conservation and Utilization of Resources*, ***6***, 522-524.

Erik, S., Guner, A., Yıldırımlı, Ş. & Sümbül, H. (1996). Tohumlu bitkiler sistematiği laboratuvar kılavuzu. Literature Yayınları, Ankara.

Euro+Med Plant Base. (2020). http://ww2.bgbm.org/EuroPlusMed/query.asp/ [Accessed 16 September 2020].

Faretörbay, D. (2007). *Palandöken Dağında Farklı Rakıma Sahip Mera Kesimlerinin Bitki Örtülerinin Karşılaştırılması.* Yüksek Lisans Tezi, Atatürk Üniv. Fen Bil. Ens. Tarla Bit. Anabilim Dalı Erzurum.

Gökkuş, A., Koç, A. & Çomaklı, B. (1993). *Çayır-mera uygulama kılavuzu.* A.Ü. Ziraat Fakültesi Yayınları No:142, A.Ü. Ziraat Fakültesi Ofset Tesisi, Erzurum.

Güner, A., Aslan, S., Ekim, T., Vural, M. & Babaç, M. T. (ed.). (2012). *Türkiye Bitkileri Listesi (Damarlı Bitkiler).* Nezahat Gökyiğit Botanik Bahçesi ve Flora Araştırmaları Derneği Yayını, İstanbul.

Güner, A., Özhatay, N., Ekim, T. & Başer, K.H.C. (2000). *Flora of Turkey.* Vol. 11. Edinburgh: University Press.

İspirli, K., Alay, F., Uzun, F. & Çankaya, N. (2016). Doğal meralardaki vejetasyon örtüsü ve yapısı üzerine otlatma ve topografyanın etkisi. *Türkiye Tarımsal Araştırmalar Dergisi,* ***3***(1), 14-22.

Sürmen, M. & Kara, E. (2018). Aydın ili ekolojik koşullarında farklı eğimlerdeki mera vejetasyonlarının verim ve kalite özellikleri. *Derim,* ***35***(1), 67-72, DOI: 10.16882/derim.2018.343428

Tosun, F. (1968). *Doğu Anadolu kıraç meralarının ıslahında uygulanabilecek teknik metodların tesbiti üzerine bir araştırma.* Zirai Araştırma Enstitüsü Araştırma Bülteni No: 29, Ankara.

Türk, M., Bayram, G., Budaklı, E. & Çelik, N. (2003). Sekonder mera vejetasyonunda farklı ölçüm metodlarının karşılaştırılması ve mera durumunun belirlenmesi. *U.Ü. Ziraat Fakültesi Dergisi, Bursa,* ***17***(1), 65-77.

Uzun, F., Alay, F. & İspirli, K. (2016). Bartın ili meralarının bazı özellikleri. *Türkiye Tarımsal Araştırmalar Dergisi,* ***3***(2), 174-183.

Yavuz, T. & Sürmen, M. (2016). Vegetation features of alpine and subalpine rangelands in Eastern Black Sea region. *Scientific Papers Series A Agronomy,* ***54***, 474-477.

Journal of Anatolian Environmental and Animal Sciences
(*Anadolu Çevre ve Hayvancılık Bilimleri Dergisi*)
DOI: https://doi.org/10.35229/jaes.1514795

JAES
Year: 9, No: 4, 2024 (676-686)
AÇEH
Yıl: 9, Sayı: 4, 2024 (676-686)

ARAŞTIRMA MAKALESİ **RESEARCH PAPER**

Ekotasarım Stratejileri ile Pop-Art Sandalye Tasarımlarının Karbon Ayak İzinin Azaltılması

Çağrı ULUDÜZ[1] **Serkan SİPAHİ**[2*] **Neslihan KULÖZÜ**[3]

[1] *Erzurum Teknik Üniversitesi, Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi, Mimarlık Bölümü, Erzurum, Türkiye*
[2] *Atatürk Üniversitesi, Mimarlık ve Tasarım Fakültesi, İç Mimarlık Bölümü, Üniversitesi, Erzurum, Türkiye*
[3] *Atatürk Üniversitesi, Mimarlık ve Tasarım Fakültesi, Şehir ve Bölge Planlama Bölümü, Erzurum, Türkiye*

Received: *04.10.2024* ***Accepted:*** *13.12.2024* ***Puplished:*** *31.12.2024*

Atıf yapmak için: **Uludüz, Ç. Sipahi, S. & Kulözü, N. (2024).** Ekotasarım Stratejileri ile Pop-Art Sandalye Tasarımlarının Karbon Ayak İzinin Azaltılması. *Anadolu Çev. ve Hay. Dergisi*, ***9***(4), 676-686. https://doi.org/10.35229/jaes.1514795

How to cite: **Uludüz, Ç. Sipahi, S. & Kulözü, N. (2024).** Reducing Carbon Footprint of Pop-Art Chair Designs By Ecodesign Strategies. *J. Anatolian Env. and Anim. Sciences*, ***9***(4), 676-686. https://doi.org/10.35229/jaes.1514795

: https://orcid.org/0000-0002-9951-855X
*: https://orcid.org/0000-0002-5684-8671
: https://orcid.org/0000-0002-1945-2635

***Sorumlu yazar:**
Serkan SİPAHİ
Atatürk Üniversitesi, Mimarlık ve Tasarım Fakültesi, İç Mimarlık Bölümü, Erzurum, Türkiye
: serkansipahi@hotmail.com

Öz: Endüstriyel ürünlerin karbon ayak izini tasarım aşamasından itibaren azaltmak, uygulayıcılar ve akademisyenler için modern bir endişe konusudur. Endüstriyel tasarım bağlamında ekotasarım yaklaşımı, ürün yaşam döngüsünün erken aşamalarından itibaren çevresel etkiyi en aza indirmeyi amaçlamaktadır. Yaşam Döngüsü Değerlendirmesi (YDD), çevresel etkileri değerlendirmek için geniş çapta kullanılan ve beşikten mezara metaforuna dayanan bir metodolojidir. Bu makalenin amacı, YDD'nin ürünlerin tasarım aşamasındaki karbon ayak izlerini nasıl ve ne ölçüde azaltabileceğini belirlemektir. Araştırma, dokuz pop-art sandalye tasarımı üzerinden gerçekleştirilen bir çoklu vaka çalışmasıdır. Çalışmada, karbon ayak izlerini azaltmaya yönelik ekotasarım stratejileri temelinde özgün tasarımlar irdelenmiş; karbon ayak izlerinin hesaplanmasında CCaLC yazılımından yararlanılmıştır. Çalışmadan elde edilen bulgular; vintage özellikleri, estetik değerleri ve işlevselliği koruyarak bile anlamlı bir karbon ayak izi azalımı sağlanabileceğini göstermektedir. Çalışma, ekotasarım stratejileri sayesinde tasarım ürünlerinin, performansını tehlikeye atmadan, karbon ayak izlerinin önemli ölçüde azaltılabileceğinin mümkün olduğu sonucuna ulaşmaktadır.

Anahtar kelimeler: Ekotasarım, karbon ayak izi, pop-art, sandalye tasarımı, yaşam döngüsü değerlendirmesi (ydd).

Reducing Carbon Footprint of Pop-Art Chair Designs By Ecodesign Strategies

***Corresponding author:**
Serkan SİPAHİ
Atatürk University, Faculty of Architecture and Design, Department of Interior Architecture, Erzurum, Türkiye
: serkansipahi@hotmail.com

Abstract: Reducing the footprint of industrial pieces since the design stage is a modern concern of practitioners and scholars. In the context of industrial design, the ecodesign approach aims at minimizing environmental impact from the early stages of the product lifecycle. Life Cycle Assessment (LCA) is a widely used methodology to evaluate environmental impacts, relying on the cradle-to-grave metaphor. The purpose of this article is to identify how and to what extent LCA can reduce the carbon footprints of products in the early stage, the design. The research method is the multiple case study. The research object is a set of nine pop-art chairs. The CCaLC software supported the study. The study reviewed the original designs aiming at reducing carbon footprints by relying on ecodesign strategies. The findings show that expressive reduction can be achieved, even by preserving vintage features, aesthetic values, and usefulness. The study concludes that is possible, owing to ecodesign strategies, to significantly reduce the carbon footprints of design products without jeopardizing performance.

Keywords: Carbon footprint, chair design, ecodesign, life cycle analysis (lca), pop-art.

GİRİŞ

Sanayi devrimleri, üretici toplumlarda ekonomik, sosyal ve çevresel sonuçları olan önemli değişiklikler yaratmıştır. Bu önemli değişikliklerden biri, endüstriyel faaliyetlerde fosil yakıtların egemen kullanımı olmuştur (Barca, 2011). Endüstriyel gelişmenin beraberinde gelen diğer değişiklikler ise, üretim teknolojilerinde yaşanan gelişmelerin yanında üretimin oldukça artması olmuştur. Endüstriyel faaliyetler doğal kaynaklara bağlı olduğundan, böyle bir artışın sonuçlarından biri doğal kaynakların tükenme riskidir; bu da bazı hammaddelerin kıtlığı ve iklim değişiklikleri nedeniyle önemli çevresel felaketlere ait risklerin artması anlamına gelmektedir (Kulözü-Uzunboy ve Kocabaş, 2021; Stearns, 2020). Öte yandan, endüstriyel genişleme, gıda ürünleri de dahil olmak üzere artan üretim nedeniyle bazı ülkelerde benzersiz bir refah durumunu beraberinde getirmektedir.

Diğer taraftan, tarımda gerçekleşen makineleşme; dünya çapında büyük kentsel alanların oluşumuna katkıda bulunan, kentlere doğru yaşanan benzeri görülmemiş bir göç dalgasına neden olmuştur (Sipahi ve Yılmaz, 2022; Williamson, 2002). İnsanlık tarihinde ilk kez, insan nüfusunun çoğunluğu kentsel alanlarda yaşamaya başlamıştır. Bu durum, yaşam tarzıyla ilgili yeni gereksinimler ortaya çıkarmış; daha fazla endüstriyel faaliyet ve doğal kaynak kullanımı ihtiyacını pekiştirmiş; 20. yüzyılın ikinci yarısından sonra, sanayileşme, nüfus ve doğa arasındaki dengeyi tehdit eden insan merkezli, sömürücü bir ilişki yaratmıştır (Kulözü-Uzunboy ve Kocabaş, 2021).

Üretim yönetimi alanındaki akademisyenler ve uygulayıcılar, özellikle ürün yaşam döngüsünün tamamı göz önünde bulundurulduğunda, üretim süreçlerinin sürdürülebilirliği ve tasarım ürünlerinin kullanımı konusunda artan endişelerini dile getirmişlerdir (Paul, 2008). Bu çalışmanın ana ilgi alanı, mobilya endüstrisi ve projelerinin kullanım ömrü boyunca çevresel etkileridir. Pop-art tasarım olarak adlandırılan bazı mobilya ürün grupları, 20. yüzyılın ortalarından itibaren "bugün kullan, yarın at" kültürünü benimsemiştir. Bu ürünler, kullan-at olarak tasarlanmış ve birkaç yıl sonra yeni modellerle değiştirilmesi gereken kitlesel tüketim kültürünü pekiştirmiştir (Antmen, 2009). Bu kültür, belirtilen döneme ait mobilya tasarımlarının üretimi için gerekli hammadde ve enerji tüketimini önemli ölçüde artırmıştır. Bunun önemli bir sonucu, özellikle kentsel alanlarda artan atık miktarını yönetmek için kamu politikalarına duyulan ihtiyaç olmuştur. Kısacası, pop-art mobilya tasarımı, sürdürülebilirlik kaygılarıyla çelişmektedir (Fiell ve Fiell, 2019).

Günümüz mobilya endüstrisi, ekotasarım stratejilerine dayanan ürün geliştirme uygulamalarını dikkate almaktadır (Sellitto vd., 2017). Ekotasarım, bir ürünün çevreye olası etkilerini değerlendirmesinin yanı sıra tasarım aşamasından kullanım dışı bırakılana kadar geçen sürede ürünün çevreye olan etkilerini azaltan yönergeler önermektedir (Fiell ve Fiell, 2019). Bu stratejiler, bir ürünün yaşam döngüsü boyunca çevresel etkilerini azaltmayı, en aza indirmeyi ve hatta önlemeyi amaçlamaktadır (Parikka-Alhola, 2008). van Hemel (1998); van Hemel ve Cramer (2002) ve Parikka-Alhola (2008), ekotasarım uygulamalarını yönlendirmek için belirtilen genel yönergeleri önermişlerdir: (i) düşük etkili malzemeler (örneğin; düşük enerji içerikli, geri dönüştürülebilir malzemeler); (ii) malzeme gereksinimlerinin azaltılması (hammadde ağırlığının ve hacminin azaltılması); (iii) yeşil üretim (örneğin; temiz üretim, enerji verimliliği, azaltılmış atık ve yan ürünler); (iv) yeşil dağıtım (örneğin; güzergah optimizasyonu, geri dönüştürülebilir ambalajlar); (v) kullanımda verimlilik (örneğin; enerji verimliliği, uzun ömür, yeniden kullanım); (vi) ömür boyu performans (örneğin; artan güvenilirlik ve dayanıklılık, modülerlik, bakım ve onarım kolaylığı); (vii) ömür sonu performansı (örneğin; geri dönüştürme, yeniden kullanım veya yeniden üretme kolaylığı); ve (viii) dematerializasyon (örneğin; daha az malzeme, paylaşımlı ürün kullanımı, entegre veya optimize edilmiş işlevler).

Yaşam döngüsü değerlendirmesi (YDD), bir ürünün yaşam döngüsü boyunca çevresel etkilerini değerlendirerek ekotasarım stratejilerinde önemli bir rol oynamaktadır (European Commission, 2016). Bu analiz, ürünlerin “beşikten mezara” şeklinde metaforik olarak tabir edilen “ham madde halinden doğaya” geri döndüğü haline kadar geçen sürede çevresel etkilerini analiz etmek için kullanılan bir yöntemdir (Hartini vd. 2019). ISO standartlarına göre YDD yöntemi, bileşenlerin değerlendirilmesi, alternatif malzemelerin seçimi ve ürünle ilişkili hizmetlerin optimize edilmesi yoluyla üretim şirketlerinin tasarımlarının çevresel performanslarını iyileştirmesine yardımcı olmaktadır (Hahnel vd., 2021; Schramm vd., 2020; Finnveden vd., 2009). YDD, 1970-1990 yılları arasında ağırlıklı olarak Avrupa Birliği, ABD, Japonya, Kore, Kanada ve Avustralya'da kullanılmıştır. Sonraki yıllarda, Hindistan ve Çin gibi ülkelerin çevre politikalarında birincil faktör olarak kullanılmaya başlanmıştır (Guinee vd., 2011). YDD, tedarik aşamasını (özellikle hammadde tedariği); üretimi (özellikle malzeme işleme ve enerji tüketimi); dağıtımı (özellikle ambalajlama, taşıma ve depolama); kullanımı (özellikle bakım ve onarım hizmetleri); ve kullanım sonu aşamasını (yeniden kullanım, geri dönüşüm ve yeniden üretim gibi tersine kanallar) kapsamaktadır (Cordella ve Hidalgo, 2016). YDD'yi destekleyen bilgisayar programları arasında OpenLCA, SimaPro, GaBI, Umberto ve CCaLC yaygın olarak kullanılmaktadır (Olagunju ve Olanrewaju, 2020;

Jeswani vd., 2013; Kulözü-Uzunboy ve Sipahi, 2020; Sipahi ve Kulözü-Uzunboy, 2021).

Yapılan bu çalışma, ekotasarım bağlamında mobilya endüstrisine odaklanmaktadır. Endüstri, atık ve yan ürün üretimi, enerji, su, hammadde kayıpları ve üretimde çözücüler gibi kimyasal ve tehlikeli maddelerin kullanımı ile ilgili çevresel gerekliliklere dikkat etmelidir (Xiong et al., 2020). Aynı zamanda ekotasarım hem ekonomik hem de çevresel olarak yüksek performanslar elde etmek üzere uygulanmaktadır (Sellitto et al., 2017).

Scopus ve Web of Science veri tabanlarında yapılan literatür taramasında, pop-art mobilya tasarımlarına ait Yaşam Döngüsü Değerlendirmesi (YDD) ile ilgili herhangi bir çalışmaya ulaşılamamıştır. Bu makale, pop-art mobilya tasarımlarının çevresel etkilerini Yaşam Döngüsü Değerlendirmesi yöntemi ile incelemeyi amaçlayan ilk çalışma olarak değerlendirilebilir. Önceki çalışmalar, mobilya tasarımı konusunu yalnızca ekotasarım yaklaşımı bağlamında ele almıştır. Bovea ve Vidal (2004), Wenker vd. (2018) ve Cinar (2005), ahşap malzemelerin kullanımının faydalarını tartışmaktadır. Mirabella vd. (2014), Gonzalez-Garcia vd. (2011), Cordero ve Polero (2012) ve Sellitto vd. (2017) ise, endüstride ekotasarım stratejilerinin deneysel uygulamalarına odaklanmaktadır. Iritani vd. (2015), Medeiros vd. (2017) ve Gonzalez-Garcia vd. (2012), mobilya üretiminde çevresel performansı iyileştirmek için sürdürülebilirlik stratejilerini incelemektedir. Pereira vd. (2018), Klinpikul ve Srichandr (2010), Borchardt vd. (2012) ve Landeta-Manzano vd. (2017), mobilya endüstrisinde ekotasarım süreçlerinin etkilerini tanımlamaktadır. Son olarak, Olkowicz ve Grzegorzewska (2014), mobilya endüstrisinde ekotasarımın ekonomik katkısını tartışmaktadır. Bahsedilen tüm çalışmalar, çoğunlukla üretim süreçlerine atıfta bulunarak üretimden önce gelen tasarım aşamasını göz ardı etmektedir. Bu makale, pop-art mobilya tasarımlarının yaşam döngüsü değerlendirmesine tasarım aşamasını dahil ederek bu boşluğu doldurmayı amaçlamaktadır. Araştırma, 1970'lerde, pop-art döneminde üretilerek piyasaya sürülen dokuz ikonik sandalye tasarımını içermektedir. Bu çalışmayla, "ekotasarım stratejileri ile pop-art mobilya tasarımlarının çevresel etkileri ne ölçüde azaltılabilir?" sorusuna cevap aranmaktadır. Bir çoklu vaka çalışması olan bu çalışma, ekotasarım stratejilerini pop-art mobilya tasarımlarında uygulanması ile karbon ayak izindeki azalmanın değerlendirilmesini amaçlanmaktadır. Çalışma, malzeme değişimi ve demateryalizasyon gibi ekotasarım stratejilerinin bir tasarımın karbon ayak izini azaltabileceği varsayımına dayanmakta; orijinal ürünlerin ekotasarım stratejileriyle desteklenen yeni değerlendirmeler ışığında gözden geçirilerek orijinal ve değiştirilen tasarımların sırasıyla neden olduğu çevresel etkileri karşılaştırmaktadır.

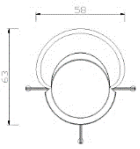
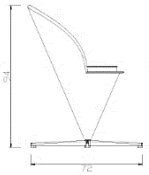
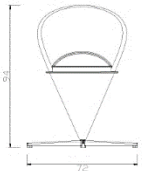
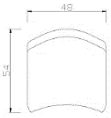
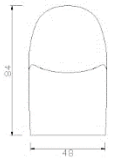
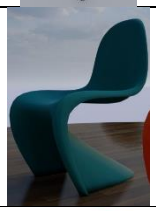
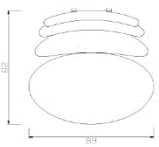
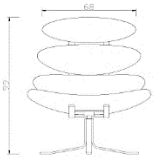
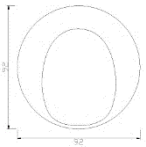
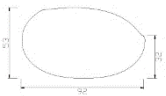
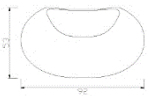
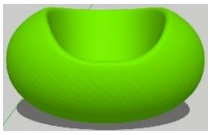
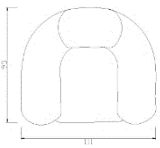
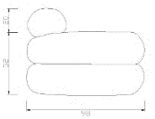
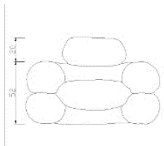
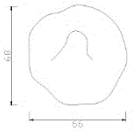
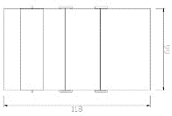
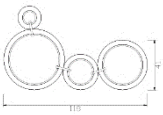
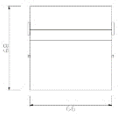
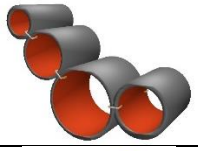
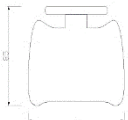
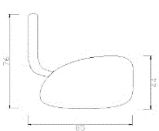
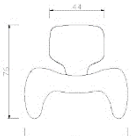
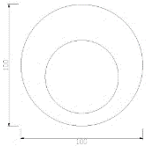
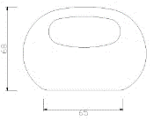
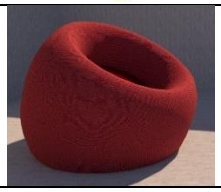
MATERYAL VE YÖNTEM

Çalışma, tarihsel süreç içerisinde literatürde en sık karşılaştığımız ve üretilen tasarım sayısının fazla oluşu ile malzeme kullanımının kolay izlenebilirliği açısından insanların oturma ihtiyacını bireysel olarak karşılayan mobilya tasarımları olan sandalyeler kapsamında ele alınmıştır. II. Dünya Savaşı'nın ardından ortaya çıktığı kabul edilen pop-art döneminde yapılmış (Fiell ve Fiell, 2019) ve sanat ve tasarım tarihi literatüründe belirtilen dönemin ikonik temsilcileri olarak (Alderson vd., 2006; Anonim, 2018) dokuz sandalye tasarımı seçilmiş ve çalışmanın materyalini oluşturmuştur (Tablo 1). Tasarımlar, üretildiği dönemdeki tipik özellikleriyle günümüz ekotasarım ilkeleriyle çelişmektedirler.

Çalışmanın metodolojisi, Sipahi ve Kulözü-Uzunboy'un (2021) öncül çalışması ve CCaLC yazılımı tarafından desteklenen dört adımdan oluşmaktadır. CCaLC; PAS2050, ISO14040 ve ISO14044 yöntemleriyle uyumlu, geniş bir veritabanına erişim sağlayan ücretsiz bir yazılımdır (Jeswani vd., 2013). CCaLC programı, hammadde tedariki, üretim, depolama ve nihai kullanım ile atık yönetimi aşamalarında karbon ayak izlerini hesaplamaktadır (Sipahi ve Kulözü-Uzunboy, 2021). Bu çalışma, yalnızca hammadde tedarikinin ilk aşamasında YDD gerçekleştirmiştir. Hammadde değişiklikleri orijinal sonuçları değiştirmeyeceği için; üretim, dağıtım ve depolama ile kullanım sonu aşamaları kapsam dışı bırakılmıştır.

İlk adımda; malzemelerin tanımlanması ve boyutlar, miktarlar, yoğunluklar ve ağırlıkların tam ölçümlerinin yapılmasının ardından sandalyeler için YDD gerçekleştirilmiştir. CCaLC yazılımına ağırlık girdileri, atık ve sarf malzemelerini telafi etmek için %5 artırılmıştır (Sipahi ve Kulözü-Uzunboy, 2021). Karbon ayak izi ölçü birimi olarak kg CO_2 equivalent/functional unit (eşdeğer/fonksiyonel birim) (eq./f.u.) değeri kullanılmıştır. Bir sonraki adımda; araştırma, değişim için malzeme olasılıklarının bir envanterini ve her bir değişimle ilgili faydaların ve sorunların listesini oluşturmuştur. Sonraki adımda; orijinal tasarımlara iki ekotasarım stratejisi uygulanmıştır: düşük etkili malzemelerin seçimi ve kullanılan malzemenin azaltılması. Yeniden ele alınan tasarımların beklenen ömürleri ile işlevsel ve estetik değerleri aynı kalmış; orijinal tasarımlara ilişkin herhangi bir değişiklik yapılmamıştır. Araştırmacılar, revizyonu yönlendirmek için beyin fırtınası tekniğini uygulamışlardır. Son adımda, çalışmada orijinal ve yeniden ele alınmış tasarımların karbon ayak izleri karşılaştırılmıştır. Karbon ayak izindeki azalmalar, orijinal özellikleri ile karşılaştırıldığında, malzemelerin değiştirilmesi ve kullanılan malzeme miktarının azaltılmasından kaynaklanmıştır.

Tablo 1. Çalışmada ele alınan pop-art dönemine ait sandalye tasarımları
Table 1. Chair designs belonging to the pop-art period discussed in the study

No	Tasarım (Yılı)	Tasarımcı/lar	Plan	Yan Görünüş	Ön Görünüş	Görsel
1	Cone Chair (1958)	Verner Panton				
2	Panton Chair (1959)	Verner Panton				
3	EJ Corona Chair (1961)	Poul Volther				
4	Pastil Chair (1967)	Eero Aarnio				
5	Blow Chair (1962)	Gionaten de Pas, Donato D'Urbino, Paolo Lomazzi, Carla Scolari				
6	Sacco Chair (1968)	Piero Gatti, Cesare Paolini, Franco Teodoro				
7	Tube Chair (1969)	Joe Colombo				
8	Djinn Chair (1965)	Olivier Mourgue				
9	Up1 (1969)	Gaetano Pesce				

BULGULAR

Karbon Ayak İzleri: Yapılan inceleme; sandalye yapılarının plastik, krom kaplama, pamuk kumaş ve polimer bazlı malzemeler kullandığını belirlemiştir. Oturma kısımlarının yüzeyleri, iç dolgu maddeleri ve çerçeve sırasıyla yapay deri, poliüretan köpük ve krom paslanmaz çelik kullanmaktadır. Çevresel etkinin metrik

değeri, 12,6 (Tasarım 9) ile 124,1 (Tasarım 1) kg CO2 eq./f.u. arasında değişmektedir. CCaLC yazılımı, hammadde başına CO2 eşdeğeri ağırlık ile çarparak her bileşenin karbon ayak izini hesaplamıştır. Tablo 2, dokuz sandalyeye ait hammaddelerinin payı için bireysel değerleri ve dokuz sandalyenin tüm tasarımı için toplam değerleri göstermektedir.Dört farklı standart spektrofotometrik (DPPH˙ radikal indirgeme kapasitesi, metal şelatlama, demir indirgeme kapasitesi (FRAP) ve fosfomolibdenyum) analizler ile özütlerin antioksidan aktivitesi test edilmiştir. Tablo 1'de gösterilen sonuçlara göre, DPPH˙ radikal giderme aktivitesi standart antioksidan olan troloks ile karşılaştırılarak mg troloks eşdeğeri (TE)/g olarak hesaplanmıştır. Pyrus sp. ve Crithmum sp. özütlerin DPPH˙'si sırasıyla %87 (0.56 mg TE/g) ve %85 (0.54 mg TE/g)'dir.

Tablo 2. Tasarımların ilk haline ait karbon ayak izleri
Table 2. Carbon footprints of the initial designs

Tasarım	kg CO_2 eq./ f.u.	Ham maddeler	kg CO_2 eq./ f.u.
1	124,1	poliüretan köpük	50,0
		krom çelik	48,2
		poliüretan suni deri	25,9
2	108,2	krom çelik	41,9
		poliüretan köpük	32,4
		pamuk	25,7
		polipropilen	7,97
		polipropilen lif	0,23
3	98,4	polipropilen lif	77,6
		poliüretan suni deri	9,7
		krom çelik	1,09
		poliüretan köpük	9,4
		sentetik kauçuk	0,54
4	52,6	krom çelik	21,4
		pamuk	21,3
		poliüretan köpük	9,9
5	40,3	poliüretan suni deri	33,6
		pamuk	6,17
		polipropilen	0,5
6	29,7	fiberglas	29,7
7	23,8	poliüretan suni deri	18,2
		polistiren	5,6
8	21,1	ABS	21,1
9	12,6	polivinil klorür	12,6

Alternatif Malzeme Envanteri: Çalışma, her bir ilk hammadde için çeşitli alternatifler önermektedir. Tablo 3'ten Tablo 5'e kadar olan tablolar, her bir malzeme türü için alternatiflerin yanı sıra yazarlar tarafından belirtilen faydaları ve sorunları göstermektedir.

Tablo 3. Metal için alternatifler
Table 3. Alternatives for metal

Özgün Malzeme	Alternatif		
	Malzeme	**Avantajlar**	**Dezavantajlar**
Krom Çelik	Doğal Rattan	Esnek ve ergonomik	Dayanıksız
	Su Sümbülü	Antibakteriyel	Dayanıksız
	Bambu	Esnek ve ergonomik	Dayanıksız
	Kenevir Lifi	Kolay bakım	Yüksek maliyet
	Ahşap	Kolay bakım ve düşük maliyet	Dayanıksız
	Dökme Demir	Ergonomik	Konforsuz
	Oluklu Mukavva	Dayanıklı	Dayanıksız
	İnek Kemiği	Antimikrobiyal ve hipoalerjenik	Dayanıksız
	Çelik	Kolay üretim	İşlenmesi zor
	Kenevir Beton	Yenilenebilir	-

Tablo 4. Sentetikler için alternatifler
Table 4. Alternatives for synthetics

Özgün Malzeme	Alternatif		
	Malzeme	**Avantajlar**	**Dezavantajlar**
Polipropilen, Polivinil klorür (PVC), Akrilonitril Bütadin Stiren (ABS), Polistiren granül, Polietilen, Polistiren Köpük ve Poliüretan	Bambu	Kolay üretim ve düşük maliyet	Dayanıksız
	Ahşap	Ergonomik	Dayanıksız
	Doğal Kauçuk	Kolay üretim	Dayanıksız
	Jelatin	Yenilenebilir	Dayanıksız
	Mısır Koçanı	Sağlığa zararlı madde içermez.	Yüksek maliyet
	Zig Deri	Esnek	Bakımı zor
	Hayvan Mide ve Bağırsağı	Kolay bakım	Dayanıksız
	Polilaktik asit (PLA)	Esnek	Koku
	Polimorf Plastikler	Hidrokolloid	Dayanıksız
	Plastarch (PSM)	Dayanıklı	Koku
	Kâğıt	Hafif	Termoplastik
	Manila Keneviri	Sağlığa zararlı madde içermez.	Dayanıksız
	Doğal Rattan	Esnek	-
	Hasır	Yenilenebilir	Dayanıksız
	Miselyum	Esnek	Dayanıksız
	Fibrolon	Düşük karbon ayakizi	Dayanıksız
	Çavdar Hasırı	Dayanıklı	Dayanıksız
	Kenevir Plastiği	Hafif ve esnek	Dayanıksız
	Doğal Hasır	Düşük maliyet	Yüksek maliyet
	Kapok Lifi	Parlaklık	Dayanıksız
	Ahşap Yünü	Esnek ve ergonomik	Yüksek maliyet
	Deniz Süngeri	Antibakteriyel	Koku
	Rami Lifi	-	Dayanıksız
	Selüloz	Hafif ve esnek	Dayanıksız

Tablo 5. Bitkiler ve sentetikler için alternatifler
Table 5. Alternatives for plants and synthetics

Özgün Malzeme	Alternatif		
	Malzeme	**Avantajlar**	**Dezavantajlar**
Pamuk, Yün Kumaş, Deri Kumaş, Poliüretan, Poliüretan Köpük	Jüt Elyaf	Düşük maliyet Yenilenebilir	Dayanıksız
	Pamuk	Antialerjik Dayanıklı	Yüksek maliyet
	Manila Keneviri	Parlaklık	Dayanıksız
	Rayon Kumaş	Dayanıklı	Kaygan
	Modal	Esnek	Dayanıksız Üretiminde kimyasal kullanımı
	Bitkisel Kumaş	Renklendirilebilme	Yüksek karbon ayakizi
	Kamış Lifi	Antibacterial	Yüksek maliyet
	Eko-Deri	Hipoalerjenik, toksik olmayan Düşük maliyet	Yüksek maliyet
	Muz Lifi	Dayanıklı ve toksik olmayan	Yüksek maliyet
	Ananas Lifi	Kolay ulaşılabilme Yenilenebilir	Yüksek maliyet
	Mantar Kumaşı	Dayanıklı ve yenilenebilir	Yüksek maliyet
	Rami Kumaş	Esnek	Yüksek maliyet
	İpek Kumaş	Esnek ve dayanıklı	Yüksek maliyet
	Mylo Kumaş	Dayanıklı ve yenilenebilir	Yüksek maliyet
	Ahşap Yünü	Esnek ve ergonomik	Dayanıksız
	Jüt Kumaş	Yenilenebilir Düşük maliyet	Dayanıksız
	Kenevir	Dayanıklı Antimikrobiyal ve hipoalerjenik	Yüksek maliyet
	Liyosel	Üretiminde düşük su tüketimi	Üretiminde kimyasal kullanımı

Alternatif Malzeme Seçimleri: Alternatif malzeme envanterine üzerinden araştırmacılar malzeme kullanımında azalımı hedefleyen ekotasarım stratejisine göre yeni malzemeler belirlemişlerdir. Tablo 6, yapılan seçimleri göstermektedir.

Tablo 6. Alternatif malzeme seçimleri
Table 6. Alternative material selections

Tasarım	Özgün Malzeme / Alternatif Malzeme				
1	Poliüretan köpük / Jüt lifi	Krom çelik / Çelik	Poliüretan suni deri / Doğal kauçuk	-	-
2	Krom çelik/ Çelik	Polipropilen lif / Ahşap	Polipropilen/ Doğal kauçuk	Poliüretan köpük/ Doğal hasır	Pamuk/ Doğal pamuk
3	Krom çelik/ Çelik	Polipropilen lif /Ahşap	Poliüretan suni deri /Çavdar hasırı	Poliüretan köpük/ Ahşap yünü	Sentetik Kauçuk / -
4	Krom çelik/ Ahşap	Poliüretan köpük/ -	Pamuk/ -	-	-
5	Polipropilen/ Ahşap	Pamuk/ Jüt lifi	Poliüretan suni deri / Çavdar hasırı	-	-
6	Fiberglass / Hasır	-	-	-	-
7	Poliüretan suni deri/ Jüt lifi	Polistren/ Doğal hasır	-	-	-
8	ABS / Ahşap	-	-	-	-
9	Polivinil klorür/ Poliaktik asit	-	-	-	-

Çalışmada, değişen malzemelerin yanı sıra sırtlık, oturma yeri, ayaklar ve bağlantı elemanları gibi mobilya bileşenlerindeki malzeme kullanımı azaltılmıştır. Bu uygulama gerçekleştirilirken ilk düşünce, tasarım bütünlüğünün korunması olmuştur. Tablo 7, tasarımlardaki değişikliklerin etkilerini göstermektedir.

Yeniden Ele Alınan Tasarımların Değerlendirilmesi: Dokuz sandalyenin genel karbon ayak izinde belirgin azalmalar olsa da doğal kauçuk, çelik, polilaktik asit ve jüt lifi gibi bazı malzemeler hala yüksek karbon ayak izine sahiptir. Daha ileri iyileştirmeler için bu tür malzemelere odaklanmalıdır. Tablo 8, sandalyelerin yeni toplam karbon ayak izlerini ve yeni seçilen malzemelerin bireysel katkılarını göstermektedir.

Tasarımların ilk ve ekotasarım stratejileri yönlendiriciliğinde yeniden ele alınmış durumlarının yanı sıra üst ve ön görünüşleri Tablo 9'da yer almaktadır.

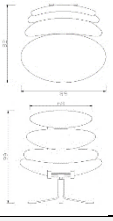
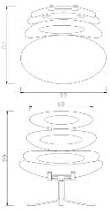
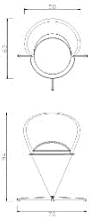
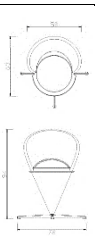
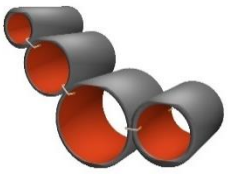
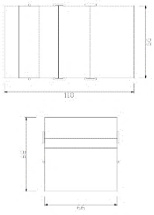
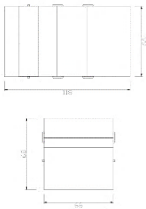
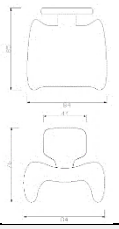
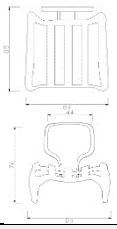
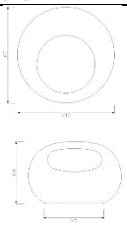
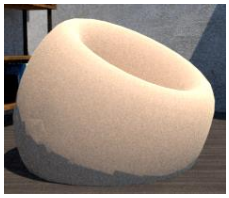
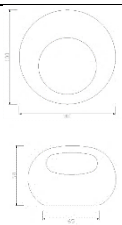
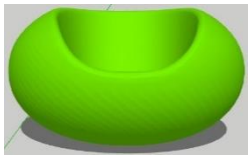
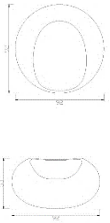
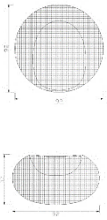
Tablo 7. Uygulanan Malzeme Azaltım Fikirlerinin Etkileri
Table 7. Effects of the Material Minimisation Ideas Implemented

Tasarım	Malzeme Azaltım Fikirleri		
	Azaltılan Bileşen	Avantajlar	Dezavantajlar
1	Tüm tasarım	Malzeme kullanımında ve karbon emisyonunda azalma	Konforda azalma
	Arkalık	Malzeme kullanımında ve karbon emisyonunda azalma; konforda artış	Konforda azalma
2	Arkalık	Malzeme kullanımında, karbon emisyonunda ve üretim maliyetinde azalma, konforda artış	Dayanıklılıkta azalma
	Oturma yüzeyi ve ayaklar	Malzeme kullanımında, karbon emisyonunda ve üretim maliyetinde azalma, konforda artış	Dayanıklılıkta azalma, estetik değişim
3	Tüm tasarım	Malzeme kullanımında ve karbon emisyonunda azalma	Dayanıklılıkta azalma, işçilik ve sandalye ağırlığında artış
	Bağlantı Elemanları	Malzeme kullanımında ve karbon emisyonunda azalma	Estetik değişim
4	Tüm tasarım	Malzeme kullanımında, karbon emisyonunda ve üretim maliyetinde azalma, dayanıklılık ve konforda artış	Karbon emisyonunda ve malzeme çeşitliliğinde artış
5	Ayaklar	Malzeme kullanımında ve karbon emisyonunda azalma	Dayanıklılıkta azalma
	Tüm tasarım	Malzeme kullanımında ve karbon emisyonunda azalma	Konforda azalma, estetik değişim
6	Tüm tasarım	Malzeme kullanımında, karbon emisyonunda ve üretim maliyetinde azalma	Dayanıklılıkta azalma
7	Backrest	Malzeme kullanımında ve karbon emisyonunda azalma	Konforda azalma
	Tüm tasarım	Malzeme kullanımında ve karbon emisyonunda azalma	Dayanıklılıkta azalma
8	Arkalık	Malzeme kullanımında, karbon emisyonunda ve üretim maliyetinde azalma, konforda artış	Dayanıklılıkta azalma, estetik değişim
	Ayaklar	Malzeme kullanımında, karbon emisyonunda ve üretim maliyetinde azalma	Dayanıklılıkta azalma, estetik değişim
	Oturma yüzeyi	Malzeme kullanımında, karbon emisyonunda veüretim maliyetinde azalma, konforda artış	Dayanıklılıkta azalma, estetik değişim
9	Tüm tasarım	Malzeme kullanımında ve karbon emisyonunda azalma	Dayanıklılık ve konforda azalma

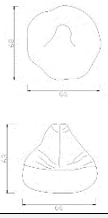
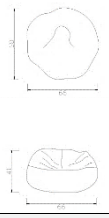
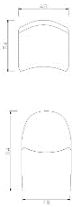
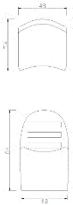
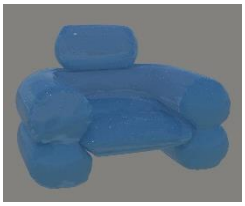
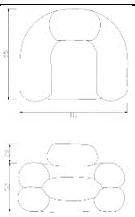
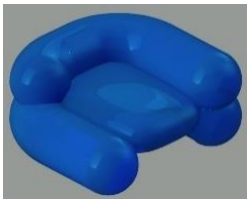
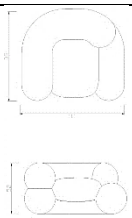
Tablo 8. Yeniden ele alınan tasarımların karbon ayak izleri
Table 8. Carbon footprints of reconsidered designs

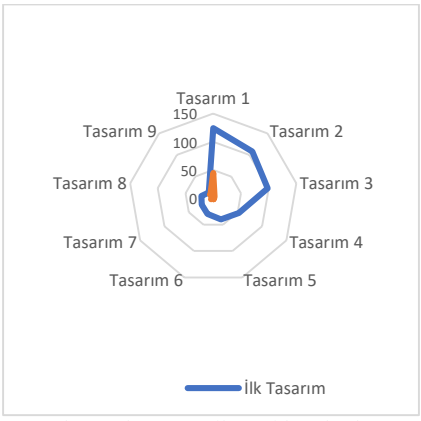
Tasarım	kg CO_2 eq./f.u.	Ham malzemeler	kg CO_2 eq./f.u.
1	44,9	jüt lifi	3,1
		çelik	10,7
		doğal kauçuk	31,1
2	3,303	çelik	2,61
		ahşap	0,041
		doğal kauçuk	-
		doğal hasır	0,022
		doğal pamuk	-
		keten lifi	0,63
3	1,514	çelik	0,386
		ahşap	0,248
		çavdar hasırı	0,01
		ahşap yünü	0,498
		doğal kauçuk	0,372
4	0,115	ahşap	0,115
5	2,367	ahşap	0,01
		jüt lifi	2,21
		çavdar hasırı	0,147
6	0,152	hasır	0,152
7	4,508	jüt lifi	4,37
		doğal hasır	0,138
8	0,07	ahşap	0,07
9	7,49	polilaktik asit	7,49

Tablo 9. İlk ve Yeniden Ele Alınan Tasarımlara ait Çizimler ve Malzemeler
Table 9. Initial and Reconsidered Design Drawings and Materials

Tasarım	İlk Tasarım		Ekotasarım	
	Görsel	Plan Ön Görünüş	Görsel	Plan Ön Görünüş
1				
	Özgün Malzeme		**Alternatif Malzeme**	
	Poliüretan köpük-Krom çelik Poliüretan-Suni deri		Jüt lifi- Çelik- Doğal kauçuk	
2				
	Özgün Malzeme		**Alternatif Malzeme**	
	Krom çelik- Polipropilen lif- Polipropilen- Poliüretan köpük- Pamuk		Çelik- Ahşap- Doğal kauçuk- Doğal hasır- Doğal pamuk- Keten Lifi	
3				
	Özgün Malzeme		**Alternatif Malzeme**	
	Krom çelik- Polipropilen lif- Poliüretan suni deri- Poliüretan köpük		Çelik- Ahşap- Çavdar hasırı- Ahşap yünü- Doğal kauçuk	
4				
	Özgün Malzeme		**Alternatif Malzeme**	
	Krom çelik- Poliüretan köpük- Pamuk		Ahşap	
5				
	Özgün Malzeme		**Alternatif Malzeme**	
	Polipropilen- Pamuk- Poliüretan suni deri		Ahşap- Jüt lifi- Çavdar hasırı	
6				
	Özgün Malzeme		**Alternatif Malzeme**	
	Fiberglass		Hasır	

Tablo 9. Devamı
Table 9. Continued

7		
	Özgün Malzeme	**Alternatif Malzeme**
	Poliüretan suni deri- Polistren	Jüt lifi- Doğal hasır
8		
	Özgün Malzeme	**Alternatif Malzeme**
	ABS	Ahşap
9	 	 
	Özgün Malzeme	**Alternatif Malzeme**
	PVC	Polilaktik asit



Şekil 1. İlk tasarımlar ve ekotasarım ile yeniden ele alınmış tasarımlar arasında karbon ayak izlerinin karşılaştırılması (CO2 eq./f.u.)
Figure 1. Comparison of carbon footprints between initial designs and reconsidered designs by ecodesign (CO2 eq./f.u.)

Çalışmanın son aşamasında; ilk sandalye tasarımları ile ekotasarım stratejileri doğrultusunda geliştirilen ve önerilen tasarımlar karşılaştırıldığında tüm sandalye tasarımlarında çevresel etkilerin azaldığı gözlemlenmiştir (Şekil 1). İlk tasarımlarda sandalyelerin çevresel etkileri 12,6-124,1 CO2 eq./f.u. arasında değişirken (Şekil 1), önerilen tasarımlarda bu etkiler 0,07-44,9 CO2 eq./f.u. aralığında yer almaktadır (Şekil 1). Ayrıca, ilk sandalye tasarımlarının en yüksek ve en düşük çevresel etki değerleri arasındaki fark 111,5 CO2 eq./f.u. iken, önerilen tasarımlardaki fark ise 44,83 CO2 eq./f.u.'dur. Buna ek olarak, sandalye tasarımlarının çoğunun çevresel etki düzeylerinin ekotasarım stratejilerinin rehberliğinde önemli ölçüde azaldığı gözlemlenmiştir.

Şekil 1'de izlenebileceği üzere; ilk tasarımlar arasında en yüksek etkiye (124,1 CO2 eq./f.u.) sahip olan Tasarım 1'in çevresel etkisi, önerilen tasarımlar arasında da en yüksek (44,9 CO2 eq./f.u.) etki değerine sahiptir. Ayrıca, ilk tasarımlar arasında en düşük çevresel etkiye (12,6 CO2 eq./f.u.) sahip olan Tasarım 9'un, önerilen sandalye tasarımları arasında 2. en yüksek çevresel etki değerine (7,49 CO2 eq./f.u.) sahip olduğu görülmektedir.

TARTIŞMA VE SONUÇ

Yapılan bu çalışmanın amacı, pop-art dönemine ait sandalye tasarımları üzerinden mobilya tasarımında eko-tasarım stratejilerinin uygulanmasının karbon ayak izinde sağlayabileceği azalmayı değerlendirmektir. Çalışmada, malzeme değişimi ve demateryalizasyon gibi ekotasarım stratejilerinin bu amaca ulaşmaya yardımcı olabileceği varsayılmıştır. CO2 eq./f.u. cinsinden ölçülen tasarımlara ait karbon ayak izleri ile sonuçlar hakkında geri bildirim sağlanmıştır.

İlk tasarımların karbon ayak izlerini değerlendirdikten sonra, ikinci aşamada uygun eko-tasarım stratejileri ile karbon ayak izlerini azaltmaya çalışılmıştır. Bu aşamada kullanılan eko-tasarım stratejileri, "düşük

etkili malzemelerin seçimi" ve "malzeme kullanımının azaltılması" olmuştur. Bu stratejilerin uygulanmasıyla, sandalye tasarımlarının çevresel etkileri azaltılmıştır. Ancak; ekotasarım yönergeleri yönlendiriciliğinde daha az miktarda malzeme kullanılsa bile tasarımların ana özelliklerini korunmaya çalışılmıştır.

Sonuç olarak, incelenen sandalye tasarımlarının çevresel etkileri ilk tasarımlara kıyasla %41 ile %99 arasında azalmıştır. Ayrıca, dokuz sandalye tasarımından altısının çevresel etkisinin %97 ve üzerinde azalmış olması dikkat çekicidir. Bu sonuç, sandalyelerin ve dolayısıyla mobilya tasarımlarının çevresel etkilerinin ekotasarım stratejilerinin desteğiyle çok büyük ölçüde azaltılabileceğini göstermektedir. Bu nedenle, bu çalışmada ekotasarım stratejilerinin mobilya tasarımlarının çevresel etkilerini azaltmada etkili olduğu kanıtlanmıştır.

Araştırma kapsamında; "düşük etkili malzemeler" ekotasarım stratejisi ışığında, ilk sandalye tasarımlarının malzemeleri düşük karbon ayak izine sahip malzemelerle değiştirilmiştir. Düşük etkili malzemeler stratejisi kapsamında tüm malzemeleri değişen ilk sandalye tasarımlarında plastik bazlı malzemeler, kumaş ve sentetik deri yerine bitkisel malzemeler olan organik hasır, doğal kauçuk ve jüt lifleri tercih edildi. Tasarım 1, 2, 3 ve 4 sandalye tasarımlarında; krom çeliğin yerini çelik alarak daha düşük çevresel etkiler elde edilmiştir. Ayrıca, Tasarım 4'te kullanılan malzeme çeşitliliği tek bir malzemeye indirgenmiştir. Bu sandalye tasarımında; malzeme sayısının azaltılmasına ek olarak, yeni seçilen malzeme olan ahşap, çevresel etkiyi %99 oranında azaltmıştır. Bu açıdan bakıldığında, malzeme sayısını azaltan malzeme kullanımındaki değişimler, birden fazla seçeneğin bir araya gelmesine göre çevresel etkiyi azaltmak adına daha etkili olmuştur.

"Malzeme kullanımının azaltılması" ekotasarım stratejisi kapsamında; bazı tasarımların sırtlık, ayak, oturma ve bağlantı elemanlarında, bazılarının ise tüm bileşenlerinde malzeme azaltımına gidilmiştir. Bu durum, sandalye tasarımlarının karbon ayak izlerini ve bazılarının da üretim maliyetlerini düşürmüştür. Ancak, bazı tasarımlarda yer alan bileşenlerin değişmesi üretim maliyetlerinde herhangi bir farklılık yaratmamıştır. Öte yandan, ekotasarım stratejisini kullanmanın olumlu etkilerinin yanı sıra dayanıklılıkta azalma ve estetik değerlerde değişim gibi olumsuz sonuçlar da ortaya çıkabilmektedir. Konfor seviyesindeki değişimler açısından elde edilen sonuçlar ise, malzeme azaltma stratejisinin konfor üzerindeki olumlu ya da olumsuz etkilerinin tasarımcının müdahalesine bağlı olduğunu vurgulamıştır. Başka bir deyişle bu çalışma, mobilya tasarımlarında ekotasarım stratejileri doğrultusunda gerçekleştirilecek olan doğru müdahalelerle malzeme azaltılabilirken tasarımda konforun da artırılabileceği ortaya konulmuştur.

Sonuç olarak, bu çalışma kapsamında elde edilen bulgular, mobilya tasarımlarının çevresel etkilerinin ekotasarım stratejileri kullanılarak önemli ölçüde azaltılabileceğini ortaya koymuştur. Ayrıca, bu çalışmada kullanılanlar dışında farklı ekotasarım stratejileri de mobilya tasarımlarının çevresel etkilerinin azaltılmasına yardımcı olabilir. Bu anlamda ilk adım, öncelikle tasarımlara ait çevresel etkilerinin hesaplanmasıdır. Ardından, belirlenen ekotasarım stratejileri doğrultusunda, tasarımların mevcut estetik bütünlükleri bozulmadan, işlevsel ve ergonomik yeterlilikleri göz önünde bulundurularak bir ekotasarım çalışması yapılmalıdır. Dolayısıyla; tasarımcılar, üreticiler ve kullanıcılar, tasarım ürünlerinin çevresel etkilerine üretim aşamasından önce müdahale ederek sürdürülebilir bir geleceğe doğru adım atabilirler.

Mobilya tasarımında ekotasarım yaklaşımını temel alan bu çalışma kapsamında pop-art dönemine ait sandalye tasarımları ele alınmıştır. Dolayısıyla; bundan sonraki araştırmalarda farklı malzeme, tasarım elemanı ve teknolojilerin kullanıldığı diğer mobilya grupları için de çalışmalar yapılması anlamlı olacaktır. Bu sayede, mevcut çalışmanın sonuçları farklı mobilya grupları ile test edilebilecek ve ekotasarım yaklaşımlarının mobilya sektörü geneli için sonuçları ortaya konulabilecektir.

Çalışmada, sandalye tasarımlarının yaşam döngüsündeki hammadde aşamasına odaklanıldığı için bu aşamada elde edilen bulgular üzerinden belirlenen yöntem ile bir süreç yürütülmüştür. Bu nedenle, bu çalışmanın konusu olmayan ve yaşam döngüsünün üretim, depolama ve kullanım aşamalarının çevresel etki değerlerinin ortaya konulması ve bu aşamaların karbon ayak izinin azaltılmasına yönelik çalışmalar yapılması faydalı olacaktır. Mobilya tasarımlarının YDD aşamaları ve ekotasarım stratejileri kullanılarak tartışılması, asitleşme, ozon tabakası tahribatı ve toksik madde üretimini ölçen literatüre de katkı sağlayacaktır. Ayrıca, sonraki çalışmalarda mobilya tasarımlarının çevresel etkilerinin azaltılmasında diğer YDD ölçüm programlarının kullanılması, ölçümlerin doğruluğunun test edilmesi açısından anlamlı olacaktır.

Tasarım ve üretim sürecinin başlangıcından itibaren, ekotasarım sürecindeki tüm yaşam döngüsü aşamaları mobilya endüstrisi tarafından dikkate alınmalıdır. Bu sayede, üreticiler ve kullanıcılar bu konuda hemfikir olacak ve çevresel etkiyi etkili bir şekilde azaltacaklardır. Kullanıcıların sürece dahil edilmesi, mobilya endüstrisindeki tüm aktörlerin "beşikten mezara" dahil olduğu bir eko-tasarım süreci anlamına gelmektedir. Tasarımcıların, üreticilerin ve kullanıcıların katıldığı, ortak akıl ile hareket edildiği ekotasarım sürecine sahip olan bir

mobilya endüstrisinde çevresel etkisi azaltılmış üretim ve tüketim mümkün olacaktır. Böylece, mobilya endüstrisinin uygulayıcıları sorumluluklarını yerine getirebilir ve sürdürülebilir bir geleceğe ulaşılmasına katkıda bulunabilirler.

KAYNAKLAR

Alderson, S., Ball, R. & Barber, E. (2006). *Pioneers: Products from Phaidon design classics: 1,2,3*. Phaidon Press, Londra.

Anonymous. (2018). *Chair: 500 designs that matter*. Phaidon Publishing, London.

Antmen, A. (2009). *20. yüzyıl batı sanatında akımlar*. Sel Yayıncılık, İstanbul.

Barca, S. (2011). Energy, property, and the industrial revolution narrative. *Ecological Economics*, ***70***(7), 1309-1315. DOI: 10.1016/j.ecolecon.2010.03.012

Borchardt, M., Sellitto, M.A., Pereira, G.M. & Gomes, L.P. (2012). Eco-design case studies for furniture companies using the analytic hierarchy process. *International Journal of Industrial Engineering*, ***19***(8), 330-340.

Bovea, M.D. & Vidal, R. (2004). Materials selection for sustainable product design: A case study of wood-based furniture eco-design. *Materials & Design*, ***25***(2), 111-116. DOI: 10.1016/j.matdes.2003.09.018

Cinar, H. (2005). Eco-design and furniture: Environmental impacts of wood-based panels, surface and edge finishes. *Forest Products Journal*, ***55***(11), 27-33.

Cordella, M. & Hidalgo, C. (2016). Analysis of key environmental areas in the design and labelling of furniture products: Application of a screening approach based on a literature review of LCA studies. *Sustainable Production & Consumption*, ***8***: 64-77. DOI: 10.1016/j.spc.2016.07.002

Cordero, M. P., & Poler, R. (2012). Eco-Design in the furniture and wood-processing sector in Spain: Benefits and constraints. In Industrial Engineering: Innovative Networks, 147-155p. Springer London, Londra. DOI: 10.1007/978-1-4471-2321-7_17

European Commission. (2016). Life Cycle Assessment (LCA). https://eplca.jrc.ec.europa.eu/lifecycleassessment.html. (24 Aralık 2020).

Fiell, C. & Fiell, P. (2019). *100 Ideas that changed design*. Laurence King Publishing, Londra.

Finnveden, G., Hauschild, M.Z., Ekvall, T., Guinée, J., Heijungs, R., Hellweg, S., Koehler, A., Pennington, D. & Suh, S. (2009). Recent developments in Life Cycle Assessment. *Journal of Environmental Management*, ***91***(1), 1-21. DOI: 10.1016/j.jenvman.2009.06.018

Guinee, J.B., Heijungs, R., Huppes, G., Zamagni, A., Masoni, P., Buonamici, R., Ekvall, T. & Rydberg, T. (2011). Life cycle assessment: Past, present, and future. *Environmental Science & Technology*, ***45***(1), 90-96. DOI: 10.1021/es101316v

Gonzalez-Garcia, S., Gasol, C.M., Lozano, R.G., Moreira, M.T., Gabarrell, X., Rieradevalli Pons, J. & Feijoo, G. (2011). Assessing the global warming potential of wooden products from the furniture sector to improve their ecodesign. *Science of The Total Environment*, ***410-411***, 16-25. DOI: 0.1016/j.scitotenv.2011.09.059

Gonzalez-Garcia, S., Garcia Lozano, R., Moreira, M.T., Gabarrell, X., Rieradevall i Pons, J., Feijoo, G. & Murphy, R.J. (2012). Eco-innovation of a wooden childhood furniture set: An example of environmental solutions in the wood sector. *Science of The Total Environment*, ***426***, 318-326. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2012.03.077

Hahnel, G., Whyte, A. & Biswas, W.K. (2021). A comparative life cycle assessment of structural flooring systems in Western Australia. *Journal of Building Engineering*, ***35***, 102109. DOI: 10.1016/j.jobe.2020.102109

Hartini, S., Wicaksono, P.A., Prastawa, H., Hadyan, A.F. & Sriyanto. (2019). The environmental impact assessment of furniture production process using the life cycle assessment. *IOP Conference Series: Materials Science & Engineering*, ***598***(1), 012078. DOI: 10.1088/1757-899x/598/1/012078

Hill, M.K. (2020). *Understanding environmental pollution*. Cambridge University Press, Cambridge.

Iritani, D.R., Silva, D.A.L., Saavedra, Y.M.B., Grael, P.F.F. & Ometto, A.R. (2015). Sustainable strategies analysis through Life Cycle Assessment: A case study in a furniture industry. *Journal of Cleaner Production*, ***96***, 308-318. DOI: 10.1016/j.jclepro.2014.05.029

ISO14040. (2006). International standard. Environmental management-life cycle assessment-principles and framework; International Organization for Standardization.

ISO14044. (2006). International Standard. Environmental management-life cycle assessment-requirements and guidelines; International Organization for Standardization.

Jeswani, H.K., Smith, R.W. & Azapagic, A. (2013). Energy from waste: Carbon footprint of incineration and landfill biogas in the UK. *The International Journal of Life Cycle Assessment*, ***18***(1), 218-229. DOI: 10.1007/s11367-012-0441-8

Klinpikul, N., & Srichandr, P. (2009). Status of eco-design in Thai furniture industry. *Key Engineering Materials*, ***419-420***: 769-772. DOI: 10.4028/www.scientific.net/kem.419-420.769

Kulözü-Uzunboy, N. & Sipahi, S. (2020). Mimaride karbon ayak izini azaltmaya yönelik uygulamalı bir ders deneyimi. *Journal of International Social Research*, ***13***(73), 517-525.

Kulözü-Uzunboy, N. & Kocabaş, A. (2021). Aydınlanma ekseninde insan-çevre iliskisinde yasanan degisime odaklanılarak modernitenin çevresel sonuçlarının kentlesme ve planlama ile birlikte irdelenmesi. *Sürdürülebilir Çevre Dergisi*, ***1***(2), 13-24.

Landeta-Manzano, B., Arana-Landín, G., RuizdeArbulo, P. & DíazdeBasurto, P. (2016). Longitudinal analysis of the eco-design management standardization process in furniture companies. *Journal of Industrial Ecology*, ***21***(5), 1356-1369. DOI: 10.1111/jiec.12479

Mirabella, N., Castellani, V. & Sala, S. (2014). LCA for assessing environmental benefit of eco-design strategies and forest wood short supply chain: A furniture case study. *The International Journal of Life Cycle Assessment*, ***19***(8), 1536-1550. DOI: 10.1007/s11367-014-0757-7

Medeiros, D.L., Tavares, A.O. do C., Raposo, A.L.Q.R. e S. & Kiperstok, A. (2017). Life cycle assessment in the furniture industry: The case study of an office cabinet. *The International Journal of Life Cycle Assessment*, ***22***(11), 1823-1836. DOI: 10.1007/s11367-017-1370-3

Olagunju, B.D. & Olanrewaju, O.A. (2020). Comparison of life cycle assessment tools in cement production. *South African Journal of Industrial Engineering*, ***31***(4). DOI: 10.7166/31-4-2317

Olkowicz, M. & Grzegorzewska, E. (2014). Eco-design as a strategic way to competitiveness in global markets for furniture family-owned MSMEs. *Journal of Intercultural Management*, ***6***(4-1), 203-214. DOI: 10.2478/joim-2014-0046

Parikka-Alhola, K. (2008). Promoting environmentally sound furniture by green public procurement. *Ecological Economics*, ***68***(1-2), 472-485. DOI: 10.1016/j.ecolecon.2008.05.004

Paul, B.D. (2008). A History Of The Concept Of Sustainable Development: Literature Review, The Annals Of The University Of Oradea. *Economic Sciences Series*, ***17***, 576-580.

Pereira, D., Cunha, S.K. da. & Pereira, L. (2018). Ecodesign in the furniture industry: opportunities and challenges for organizational insertion. *Ambiente & Sociedade*, ***21***, 1-17. DOI: 10.1590/1809-4422asoc0079r1vu18l1ao

Schramm, A., Richter, F. & Götze, U. (2020). Life Cycle Sustainability Assessment for manufacturing – analysis of existing approaches. *Procedia Manufacturing*, ***43***, 712-719. DOI: 10.1016/j.promfg.2020.02.115

Sellitto, M.A., Luchese, J., Bauer, J.M., Saueressig, G.G. & Viegas, C.V. (2017). Ecodesign practices in a furniture industrial cluster of southern brazil: From incipient practices to improvement. *Journal of Environmental Assessment Policy & Management*, ***19***(01), 1750001.

Sipahi, M. & Yilmaz, H. (2022). Planning experience on the factors affecting the physical land use change and temporal change in the Eastern Black Sea coastal settlements; the case of Çayeli. *Journal of Anatolian Environmental & Animal Sciences*, ***7***(4), 397-405. DOI: 10.35229/jaes.1153664

Sipahi, S. & Kulözü-Uzunboy, N. (2021). A study on reducing the carbon footprint of architectural buildings based on their materials under the guidance of eco-design strategies. *Clean Technologies & Environmental Policy*, ***23***(3), 991-1005. DOI: 10.1007/s10098-020-02009-4

Stearns, P.N. (2020). The industrial revolution in world history. Routledge, New York.

van Hemel, C. (1998). *Ecodesign empirically explored: Design for environment in Dutch small and medium sized enterprises*. University of Technology, Doktora Tezi. Delft, Hollanda.

van Hemel, C. & Cramer, J. (2002). Barriers and stimuli for ecodesign in SMEs. *Journal of Cleaner Production*, *10*(5), 439-453. DOI: 10.1016/s0959-6526(02)00013-6

Wenker, J.L., Richter, K. & Rüter, S. (2017). A methodical approach for systematic life cycle assessment of wood-based furniture. *Journal of Industrial Ecology*, ***22***(4), 671-685. DOI: 10.1111/jiec.12581

Williamson, J.G. (2002). *Coping with city growth during the British industrial revolution.* Cambridge University Press, Cambridge.

Xiong, X., Ma, Q., YingyingYuan, Wu, Z. & Zhang, M. (2020). Current situation and key manufacturing considerations of green furniture in China: A review. *Journal of Cleaner Production*, ***267***, 121957. DOI: 10.1016/j.jclepro.2020.121957

Journal of Anatolian Environmental and Animal Sciences
(*Anadolu Çevre ve Hayvancılık Bilimleri Dergisi*)
DOI: https://doi.org/10.35229/jaes.1524650

JAES
Year: 9, No: 4, 2024 (687-690)
AÇEH
Yıl: 9, Sayı: 4, 2024 (687-690)

ARAŞTIRMA MAKALESİ **RESEARCH PAPER**

Radiographic Imaging and Osteometric Analysis Os Penis in Red Fox (*Vulpes vulpes*)

Yeşim ASLAN KANMAZ[1]* **Saime Betül BAYGELDİ[1]**
Department of Anatomy, Faculty of Veterinary Medicine, University of Fırat, Elazığ, Türkiye

Received: *30.07.2024* ***Accepted:*** *12.12.2024* ***Published:*** *31.12.2024*
How to cite: **Aslan Kanmaz, Y. & Baygeldi, S.B. (2024).** Radiographic imaging and osteometric analysis os penis in red fox (*Vulpes vulpes*). *J. Anatolian Env. and Anim. Sciences*, ***9***(4), 687-690. https://doi.org/10.35229/jaes.1524650
Atıf yapmak için: **Aslan Kanmaz, Y. & Baygeldi, S.B. (2024).** Kızıl tilki (*Vulpes vulpes*) os penisinin radyografik görüntülenmesi ve osteometrik analizi. *Anadolu Çev. ve Hay. Dergisi*, ***9***(4), 687-690. https://doi.org/10.35229/jaes.1524650

*: https://orcid.org/0000-0002-2401-1500
: https://orcid.org/0000-0002-4403-8663

***Corresponding author's:**
Yeşim ASLAN KANMAZ
Department of Anatomy, Faculty of Veterinary Medicine, University of Fırat, Elazığ, Türkiye
✉: yesim.aslan@firat.edu.tr

Abstract: The aim of this study was to determine the macroscopic features of the os penis of the Red Fox (*Vulpes vulpes*), as well as radiographic images and morphometric measurements using a digital electronic caliper. In this study, 4 adult male red fox os penises, which were previously brought dead from nature by students and whose skeletons were exhibited in our anatomy museum, were used. Macroscopic and morphometric measurements were taken and anatomical structures were analysed by radiographic imaging. Os penis is thicker at the proximal end and tapers towards the distal end, terminating in a cartilaginous tip. Sulcus urethralis is found on the ventral side. Os penis of the Red Fox measured as, length of the os penis 56.70mm, Distal diameter 2.96mm, Proximal diameter 3.85mm, length of the sulcus urethralis 35.13mm, width of sulcus urethralis 2.95mm, length of the fibrous cartilaginous tissue 5.70, width of the fibrous cartilaginous tissue 1.77mm. As a result, it has been observed that the os penis of the red fox, which is a part of wildlife, is similar to the other members of the team, the dogs, and radiographic images have been combined with new techniques and a literary contribution has been made. Wild animal anatomy has been supported by more detailed examination of these species. It is thought that the data obtained in the study can be used in future morphometric, zoo-archaeological, and taxonomic studies.

Keywords: Osteometric analysis, os penis, radiographic ımaging, red fox

Kızıl Tilki (*Vulpes vulpes*) Os Penisinin Radyografik Görüntülenmesi ve Osteometrik Analizi

***Sorumlu yazar:**
Yeşim ASLAN KANMAZ
Fırat Üniversitesi Veteriner Fakültesi
Anatomi Anabilim Dalı, Elazığ, Türkiye
✉: yesim.aslan@firat.edu.tr

Öz: Bu çalışmanın amacı, Kızıl Tilki (*Vulpes vulpes*) os penisinin makroskobik özelliklerinin yanı sıra dijital elektronik kumpas kullanılarak radyografik görüntülerini ve morfometrik ölçümlerini belirlemektir. Bu çalışmada, daha önce öğrenciler tarafından doğadan ölü olarak getirilen ve iskeletleri anatomi müzemizde sergilenen 4 yetişkin erkek kızıl tilki os penisi kullanıldı. Morfometrik ölçümler alındı ve anatomik yapılar radyografik görüntüleme ile analiz edildi. Os penisin proksimal uçta daha kalın olduğu ve distal uca doğru incelerek kıkırdaklı bir uçla sonlandığı görüldü. Kızıl tilki'nin os penisinin ventral tarafında sulcus urethralis mevcuttu. Os penis uzunluğu 56,70 mm, distal çapı 2,96 mm, proksimal çapı 3,85 mm, sulcus urethralis uzunluğu 35,13 mm, sulcus urethralis genişliği 2,95 mm, lifli kıkırdak dokusunun uzunluğu 5,70 mm, lifli kıkırdak dokusunun genişliği 1,77 mm olarak ölçüldü. Sonuç olarak, yaban hayatının bir parçası olan kızıl tilkinin os penisinin, canidae ailesinin evcil üyeleri olan köpeklerebenzediği gözlemlenmiş ve radyografik görüntüler yeni tekniklerle birleştirilerek literatürel bir katkı sağlanmıştır. Çalışmada elde edilen verilerin gelecekteki morfometrik, zoo-arkeolojik ve taksonomik çalışmalarda kullanılabileceği düşünülmektedir.

Anahtar kelimeler: Osteometrik analiz, os penis, radyografik görüntüleme, red fox.

INTRODUCTION

The Red Fox (*Vulpes vulpes*) was the most geographically spread species of the Carnivores and represents as one of the most abundant carnivore in Egypt. It was taxonomy under Kingdom: Animalia, Phylum: Chordata, Class: Mammalia, Order: Carnivora, Family: Canidae, Tribe: Vulpini (Porobic, 2017). The extremely adaptable and most numerous representative of the *Vulpes genus* is the red fox (*Vulpes vulpes)*. It is present in the

steppe biomes and mixed forests of Eurasia within the temperate climate zone (Lloyd, 1980; Porobic, 2017). The red fox has adapted to life in different types of habitats and climates and can be seen in urban and suburban areas, which has led to partial changes in behavior and in its manner and type of nutrition (Gloor et al., 2001;Porobic, 2017). *Vulpes vulpes* belongs to the order of Carnivora; however, unlike dogs and cats, it is actually an undomesticated canid, between a large cat and a small dog in size (Gloor et al., 2001). However, as the largest species of the genus Vulpes, its body size ranges between 3 and 14 kg (Nowak, 1999). The os penis is a bony structure located in the corpus cavernosum penis. It is located in the distal part of the penis. It is shaped like a corrugated probe and its opening faces ventrally and the urethra runs in this opening. This groove is called the sulcus urethralis. In the German Shepherd and Turkish Shepherd Dogs, the sulcus urethralis is more closed and flat at the proximal end, while it widens and becomes shallower towards the distal end and disappears completely in the distal l/3. The dorsoventral diameter is thicker than the laterolateral diameter. The distal part of the bone ends in a hyaline, fibrous, or fibrocartilaginous structure (Getty. 1975; Evans and De Lahunta, 2012).

The radiographic diagnosis method still maintains its gold standard value in the diagnosis of diseases in veterinary medicine. It is the most preferred diagnostic method due to its affordable cost and easy applicability in the diagnosis of diseases. It is understood by studies that radiography is frequently used especially in bone-related problems (Şen & Bumin, 2015; Okkesim et al., 2017; Arslan & Altındağ, 2023;; Koç, 2023). However, a good-quality radiograph is needed for a good evaluation. For this purpose, the desired region should be taken in the appropriate position, at the appropriate dose and the radiographic anatomy of the region should be well-known in order to evaluate the radiograph.

This study was carried out to determine the anatomical features of the os penis in the red fox.. It is expected to contribute to the literature by knowing the radiographic anatomy for the radiographic examination method, which is an important method especially in disease diagnoses today, and by detailing the anatomical structures in wild animal species.

MATERIAL AND METHOD

In this study 4 adult male red fox os penises, which were previously brought dead from nature by students (with the permission of the General Directorate of Nature Conservation and National Parks of the Ministry of Agriculture and Forestry with the number E-21264211-288.04-14713474) and whose skeletons were exhibited in our anatomy museum, were used. The dead animals were firstly subjected to maceration procedures by removing the skin and muscles, which are routine dissection procedures, and then made ready for craniometric measurements. Digital callipers were used for craniometric measurements (Figure 1). The surfaces of the penis bone were examined for macroanatomical observations. Nomina Anatomica Veterinaria (2017) was used in the spelling of anatomic terminology.

For morphometric measurement points, the greatest length of the os penis and the diameter of the proximal/distal part, the length and width of the fibrocartilaginous part, the length and width of the sulcus urethralis were calculated with digital callipers.

A radiography device (Varian Medical Systeme X-RAY PRODUCTS, RAD-14) in Fırat University Animal Hospital was used for radiographic images. Radiographic images of the penis were taken. The images were transferred to the computer and the necessary anatomical parts were marked on the image.

RESULTS

The os penis of the Red Fox is thicker at the proximal end and tapers towards the distal end, terminating in a cartilaginous tip. There are three margins, one dorsal and two ventrolateral to the sulcus urethralis. The dorsal edge forms a crista on the median of the bone, extending from proximal to distal. The crista becomes shallow at the distal 1/3 of the bone and disappears completely at the cartilaginous end. Sulcus urethralis is found on the ventral side. Sulcus urethralis is wider in the proximal side but it shows a shallower course towards the distal side. The distal end shows a concavity towards the ventral side. This part, which is composed of cartilage, is developed and spoon-like.In the distal part of the bone, a fibrous cartilaginous tissue with a length of 5.70mm mm and a thickness of 1.77 mm was detected.

The os penis of the Red Fox measured as, length of the os penis 56.70mm, Distal diameter 2.96mm, Proximal diameter 3.85mm, length of the sulcus urethralis 35.13mm, width of sulcus urethralis 2.95mm, length of the fibrous cartilaginous tissue 5.70, width of the fibrous cartilaginous tissue 1.77mm (Table 1).

Table 1: Findings measured on the os penis by classical morphometry (mm).

Parameters	Morphometric easurement (Average of 4 red foxes)
Length of the os penis (LOP)	56.70mm
Distal diameter os penis (DDOP)	2.96mm
Proximal diameter os penis (PDOP)	3.85mm
length of the sulcus urethralis (LSU)	35.13mm
width of sulcus urethralis (WSU)	2.95mm
Length of the fibrous cartilaginous tissue (LFCT)	5.70mm
Width of the fibrous cartilaginous tissue (WFCT)	1.77mm

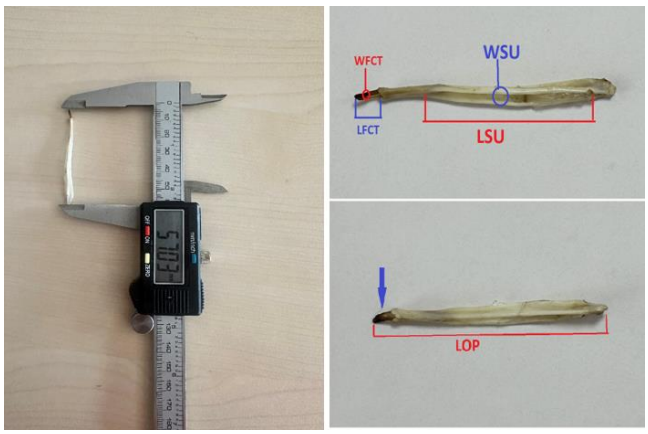


Figure 1. View of the os penis measured with a digital caliper. Blue Arrow: fibrous cartilaginous tissue, Length of the os penis (LOP), Length of the sulcus urethralis (LSU), Width of sulcus urethralis (WSU)**,** Length of the fibrous cartilaginous tissue (LFCT)**,** Width of the fibrous cartilaginous tissue (WFCT).

Os penis of the red fox was visualized by radiographic imaging. Dorsoventral and laterolateral position images were taken and transferred to the computer. Morphometric measurement points were also marked on the radiographic images (Figure 1, Figure 2 and Figure 3).

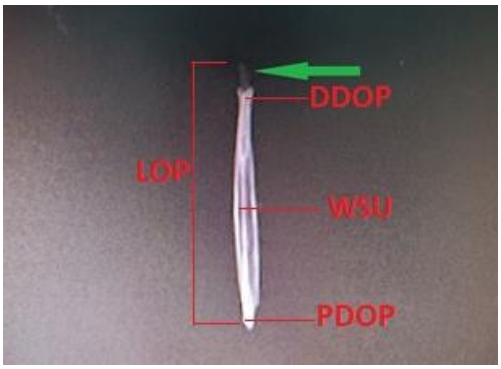


Figure 2. Radiographic Imaging of os penis in the red fox. Dorsoventral view (**Green arrow:** fibrous cartilaginous tissue, Length of the os penis (LOP), Distal diameter os penis (DDOP), Proximal diameter os penis (PDOP), width of sulcus urethralis (WSU)) .

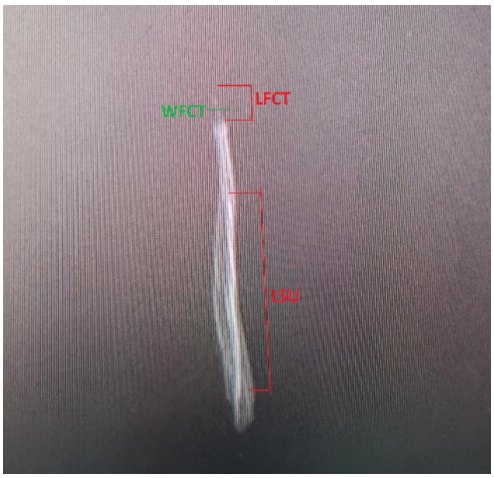


Figure 3. Radiographic Imaging of os penis in the red fox. Laterolateral view (Length of sulcus urethralis (LSU), Length of the fibrous cartilaginous tissue (LFCT), Width of the fibrous cartilaginous tissue (WFCT)).

DISCUSSION AND CONCLUSION

The fox os penis is thicker proximally and distally it has a structure resembling a corrugated probe with a sulcus urethralis on the ventral side, which gradually tapers towards the end (Gultiken et al., 2004). With this shape, it shows exactly the characteristics reported for the dog in classical books (Getty. 1975; Nickel et al., 1986; Evans, 2012). Although Yılmaz et al. (1993) reported that the sulcus urethralis terminated at distal of the os penis and the crista on the dorsal margin terminated at distal , this ratio was found to be for both formations in the fox. The dorsoventral diameter was found to be greater than the laterolateral diameter throughout the length of the bone as reported by Evans (2012).

In the study of Canady (2013), it was stated that a cartilaginous structure was not observed on the distal tip of os penis belonging to the fox. The absence of cartilaginous structure might be attributed to the fact that the materials were brought from a museum. In our study, cartilaginous structure was found to be present. According to the study of Gultiken et al. (2004), it was determined that the proximal part of the os penis of the fox is bone and the distal part is cartilage. Our study was similar to this study and cartilaginous structure was found in the distal part.

Canady (2013) measured with the digital calliper as the length of the os penis 47.01-63.41 mm, the dorsoventral thickness 2.64-4.60 mm, the length of the sulcus urethralis 31.02-46.41 mm, the width of sulcus urethralis 1.70-3.59 mm, in red fox. In the study by Halıgür &Özkadif (2019) os penis was measured from 3D reconstruction images, length of it 65.32-67.53 mm, width of it 5.71-6.25 mm, and dorsoventral thickness 3.48-3.74 mm. The sulcus urethralis was measured from 3D reconstruction images, length of 2.97-3.37 mm, width of 43.86-45.59 mm. Our study is similar to these studies measured as the Length of the os penis is 56.70mm, Distal diameter of 2.96mm, Proximal diameter of 3.85mm, length of the sulcus urethralis 35.13mm, width of the sulcus urethralis 2.95mm, Length of the fibrous cartilaginous tissue 5.70mm.

Schwery et al. (2011) and Canady (2013) showed that a lower variability in the length of the penis bone and a greater variability in its thickness can play an important role in increasing the strength of the bone and preventing its possible fracture during copulation. Some data on the length of the penis in several species of Canidae were shown by Burt (1960), Lariviere & Ferguson (2002) and Dixson et al. (2004). When we consider the data in our study, it was observed that the results were similar to other studies and were similar to the canidae species.

As a result, it has been observed that the os penis of the red fox, which is a part of wildlife, is similar to the

other members of the team, the dogs, and radiographic images have been combined with new techniques and a literary contribution has been made. Wild animal anatomy has been supported by more detailed examination of these species. It is thought that the data obtained in the study can be used in future morphometric, zoo-archaeological, and taxonomic studies.

Declaration of Conflicting Interests

The author(s) declared no potential conflicts of interest with respect to the research, authorship, and/or publication of this article.

Data Availability statement: The data that support the findings of this study are available from the corresponding author upon reasonable request

REFERENCES

Arslan, Ö.F. & Altındağ, A. (2023). *Temporomandibular eklem anatomisi bozuklukları ve görüntüleme yöntemleri, 1st (ed.)* 117-144p, Sağlık & Bilim, Odontoloji-Iv. Efe Akademi Yayınları., İstanbul, Türkiye

Burt, W.H. (1960). Bacula of north american mammals. university of michigan miscellaneous publications of the museum of zoology, ***113***, 1-75.

Canady, A. (2013). Variability of the baculum in the red fox (*Vulpes vulpes*) from Slovakia. *Zoology and Ecology*, ***23***, 165-170.

Dixson, A.F. & Anderson, M. (2004). Sexual behavior, reproductive physiology and sperm competition in male mammals. *Physiology and Behavior*, ***83,*** 361-371.

Evans, H.E. & De Lahunta, A. (2012). *In Miller's Anatomy of the Dog, M. E. Miller (Ed.),* Saunders, Philadelphia, PA**.**

Getty, R. (1975). *Sisson and Grossman's the Arıatomy of the Domestic Animals*'. Fıfth Ed.Evans, H. E., & Christensen, G. C. (Eds.), 457p.

Gloor, S., Bontadina, F., Hegglin, D., Deplazes, P. & Breitenmoser, U. (2001). The rise of urban fox populations in Switzerland. *Mammalian Biology*, ***66***, 155-164.

Gultiken, M.E., Yıldız, D. & Bolat, D. (2004). The anatomy of os penis in red fox (*Vulpes vulpes*). *Ankara Universitesi Veteriner Fakültesi Dergisi*, ***51***, 71–73.

Halıgür, A. & Özkadif, S. (2019). Male genital organs in the red fox (*Vulpes vulpes*); Macroanatomic and three-dimentional reconstruction aspect. *Mehmet Akif Ersoy University Journal of Health Sciences Institute*, ***7***(2), 89-98.

Koç, Ş. (2023). *Kliniğimize.* Master's thesis, Aydın Adnan Menderes Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü. Aydın, Türkiye, 66s.

Lariviere S. & Ferguson S. H. (2002). On the evolution of the mammalian baculum: vaginal friction, prolonged intromission or induced ovulation. *Mammal Review*, ***32***, 283-294.

Lloyd, H.G. (1980). Habitat requirements of the red fox. In *The red fox: symposium on behaviour and ecology* (*pp. 7-25*). Dordrecht: Springer Netherlands**.**

Nickel, R., Schummer, A., Seiferle, E., Frewein, J., Wilkens, H., Wille, K.H. & Stokoe, W.M. (1986). The anatomy of the domestic animals. Volume 1. The locomotor system of the domestic mammals.

Nomina Anatomica Veterinaria. (2017). International Committee on Veterinary Gross Anatomical Nomenclature: General Assembly of the World Association of Veterinary Anatomists. 6thedition, Gent.

Nowak, R.M. (1999). *Walker's Mammals of the World* (Vol. 1). JHU press.

Okkesim, A., Yılmaz, B. & Yılmaz, S. (2017). Maksillofasiyal travmalarda ilk müdahale ve radyografik görüntüleme. *ADO Klinik Bilimler Dergisi*, ***8***(1), 1553-1562.

Porobic, J.M. (2017). *Geometric-morphometric analyses of golden jackal (Canis aureus) and red fox (Vulpes vulpes) skulls from the territory of Serbia: biogeographical aspects of morphological variability*. Doctoral dissertation, University of Belgrade. Belgrade, Serbia, 214p.

Schwery, O., Köhnemann, B.A., Michler, F.U. & Brinkmann, W. (2011). Morphometrical characterisation of a raccoon (Procyon lotor L.) population from Müritz National Park (Germany) by means of the Os baculum. *Beiträge zur Jagd- und Wildforschung*, ***36,*** 605-617.

Şen, Y. & Bumin, A. (2015). Sığır Ayaklarında radyolojik anatomi. *Turkiye Klinikleri Veterinary Sciences-Surgery-Special Topics*, ***1***(1), 8-12.

Yılmaz, O., Yıldız, H., Bahadır, A., Yılmaz, B. & Serbest, A. (1993). Türk çoban ve Alman kurt köpeklerinin os penis'i üzerinde karşılaştırmalı bir araştırma. *Uludağ Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi*, ***12***(2), 62-67.

Journal of Anatolian Environmental and Animal Sciences
(*Anadolu Çevre ve Hayvancılık Bilimleri Dergisi*)
DOI: https://doi.org/10.35229/jaes.1552565

JAES
Year: 9, No: 4, 2024 (691-696)
AÇEH
Yıl: 9, Sayı: 4, 2024 (691-696)

ARAŞTIRMA MAKALESİ **RESEARCH PAPER**

Sakarya İlinde İçme ve Kullanma Sularından İzole Edilen *Escherichia coli* Suşlarının Antibiyotik Direnç Durumlarının Belirlenmesi

Naşide DONMEZ[1] Elmas Pınar KAHRAMAN KILBAŞ[2]* İhsan Hakkı ÇİFTCİ[3]
[1]*Sakarya Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Tıbbi Mikrobiyoloji Anabilim Dalı, Sakarya, Türkiye.*
[2]*Fenerbahçe Üniversitesi, Sağlık Hizmetleri Meslek Yüksekokulu, Tıbbi Laboratuvar Teknikleri, İstanbul, Türkiye.*
[3]*Sakarya Üniversitesi Tıp Fakültesi, Tıbbi Mikrobiyoloji Anabilim Dalı, Sakarya, Türkiye.*

Received: *19.09.2024* ***Accepted:*** *06.12.2024* ***Published:*** *31.12.2024*

Atıf yapmak için: **Dönmez, N., Kahraman Kılbaş, E.P., Çiftci, İ.H. (2024).** Sakarya İlinde İçme ve Kullanma Sularından İzole Edilen *Escherichia coli* Suşlarının Antibiyotik Direnç Durumlarının Belirlenmesi. *J. Anatolian Env. and Anim. Sciences*, **9**(4), 691-696. https://doi.org/10.35229/jaes.1552565
How to cite: **Dönmez, N., Kahraman Kılbaş, E.P., Çiftci, İ.H. (2024).** Determination of Antibiotic Resistance Status of *Escherichia coli* Strains Isolated From Drinking And Usage Water in Sakarya Province. *Anadolu Çev. ve Hay. Dergisi*, **9**(4), 691-696. https://doi.org/10.35229/jaes.1552565

*: https://orcid.org/0000-0003-1348-625X
: https://orcid.org/0009-0002-3263-8706
: https://orcid.org/0000-0002-9812-134X

***Corresponding author's:**
Elmas Pınar KAHRAMAN KILBAŞ
Fenerbahçe Üniversitesi, Sağlık Hizmetleri Meslek Yüksekokulu, Tıbbi Laboratuvar Teknikleri, İstanbul, Türkiye
✉: elmspnrkk@gmail.com

Öz: Su sistemlerinde patojen kontaminasyonu giderek artmakta ve bu durum, özellikle çocuklar arasında gastrointestinal enfeksiyonların artmasına yol açmaktadır. Bu çalışmanın amacı, Sakarya il sınırlarında içme ve kullanma sularındaki *Escherichia coli* kontaminasyon riskini belirlemek ve izole edilen suşların antibiyotik direnç durumlarını incelemektir. Sakarya ilçelerinden 2023-2024 yılları arasında toplanan 450 su numunesinden *E. coli* izolasyonu, membran filtreleme yöntemi ve kromojenik koliform agar (CCA) kullanılarak yapıldı. Bakterilerin antibiyotik dirençleri disk difüzyon yöntemi ile değerlendirildi. Çalışmada 450 su numunesinin %15,6'sında *E. c*oli tespit edildi. Geyve ilçesinden alınan su numunelerinin %72'sinde *E. coli* bulunmuş olup, bu oran diğer ilçelere göre istatistiksel olarak anlamlı derecede yüksek bulundu ($p<0.05$). İzole edilen suşların %25,71'inin bir veya daha fazla antibiyotiğe dirençli olduğu belirledi. *E. coli* suşları genel olarak karbapenemler ve 3. kuşak sefalosporinlere duyarlıdır, ancak bazı bakteri izolatlarında penisilin ve sefalosporinlere karşı direnç tespit edildi. Tarım ve hayvancılığın yoğun olduğu bölgelerde içme ve kullanma sularında yüksek *E. coli* kontaminasyonu ve antibiyotik direnci tespit edilmiştir. Bu durum, yanlış ve aşırı antibiyotik kullanımının bir sonucu olarak görülmektedir. İçme sularındaki bu kontaminasyon, halk sağlığı açısından büyük bir risk oluşturmaktadır. İçme ve kullanma sularındaki *E. coli* varlığı, suyun dezenfeksiyonunda eksiklikler olduğunu ve fekal kontaminasyon riskini işaret etmektedir. Su arıtma tesislerinin ve dezenfeksiyon yöntemlerinin iyileştirilmesi, antibiyotik direncinin önlenmesi ve halkın bilinçlendirilmesi büyük önem taşımaktadır. Bu çalışmanın sonuçları, suyun güvenli ve hijyenik bir şekilde temin edilmesinin gerekliliğini vurgulamaktadır.

Keywords: *Escherichia coli*, antibiyotik direnci, içme suyu kontaminasyonu, fekal kontaminasyon.

Determination of Antibiotic Resistance Status of *Escherichia coli* Strains Isolated From Drinking And Usage Water in Sakarya Province

***Sorumlu yazar:**
Elmas Pınar KAHRAMAN KILBAŞ
Fenerbahce University, Health Services Vocational School, Medical Laboratory Techniques, Istanbul, Türkiye
✉: elmspnrkk@gmail.com

Abstract: Pathogen contamination in water systems is increasing and this situation leads to an increase in gastrointestinal infections especially among children. The aim of this study is to determine the risk of *E. coli* contamination in drinking and usage water within the borders of Sakarya province and to examine the antibiotic resistance status of the isolated strains. *E. coli* was isolated from 450 water samples collected from the districts of Sakarya between 2023-2024 using membrane filtration method and chromogenic coliform agar (CCA). Antibiotic resistance of bacteria was evaluated by disk diffusion method. *E. coli* was detected in 15.6% of 450 water samples. *E. coli was found in 72% of the water samples taken from Geyve district, and this rate was found to be statistically significantly higher than other districts*($p<0.05$). It was determined that 25.71% of the isolated strains were resistant to one or more antibiotics. *E. coli* strains are generally sensitive to carbapenems and 3rd generation cephalosporins, but resistance to penicillin and cephalosporins was detected in some samples. High *E. coli* contamination and antibiotic resistance were detected in drinking and utility water in regions where agriculture and animal husbandry are intense. This situation is seen as a result of incorrect and excessive antibiotic use. This contamination in drinking water poses a great risk to public health. The presence of *E. coli* in drinking and utility water indicates deficiencies in disinfection of water and the risk of fecal contamination. Improving water treatment facilities and disinfection methods, preventing antibiotic resistance and raising public awareness are of great importance. The results of this study emphasize the need for safe and hygienic water supply.

Anahtar kelimeler: *Escherichia coli*, antibiotic resistance, drinking water contamination, fecal contamination.

GİRİŞ

Su sistemlerinde patojen kontaminasyonu, adaptasyonu ve modifikasyonunun gün geçtikçe artması endişe verici hale gelmiştir. Sanitasyon ve hijyen eksikliğinden kaynaklanan kontamine sular aracılığıyla gelişen gastrointestinal enfeksiyonların, gelişmiş ve gelişmekte olan ülkelerde bilhassa çocuklar arasında morbidite ve mortalite oranları yüksektir (Ram et al., 2008).

Salmonella spp., Vibrio spp. ve *Escherichia coli* gibi patojenler, su kaynaklarındaki kontaminasyonun önemli birer göstergesidir. Bu yüzden fekal koliformlar, rutin su kalitesi izlemesinde fekal kirliliğin göstergesi olarak kullanılır (Delair & Singh, 2017). *E. coli*, üreazı parçalayamaz ve diğer koliformlardan daha spesifik bir fekal kontaminasyon göstergesidir (Lucky 2007).

E. coli, sıcakkanlı hayvanların ve insanların bağırsak mikrobiyotalarında en yaygın izole edilen koliformdur. Gıda ve sularda varlığı esas olarak dışkı kontaminasyonu ile ilişkilendirilir. Bu nedenle, içme sularında *E. coli*'nin tespiti, suyun mikrobiyolojik güvenliğini tehdit ettiği için tolere edilmemektedir (Rompré et al 2002). Bu bakterinin pek çok sistemde enfeksiyona yol açtığı bilinen, Enterotoksijenik, Enteroinvaziv, Enteropatojenik, Enterohemorajik, Enteroagregatif, Diffüz Adheren *E. coli* gibi patojen suşları da vardır. Virülan özelliklerin kombinasyonu ile Enteroagregatif hemorajik *E. coli* gibi yeni suşlarla da ortaya çıkan diyare vakaları mevcuttur (Delair & Singh, 2017).

Antibiyotiklerin gelişimi, klinik kullanımda yer alması, yirminci yüzyılın en önemli tıbbi atılımlarındandır. Antibiyotikler, bulaşıcı hastalıkların tedavisine ek olarak, organ nakli ve riskli ameliyatlar gibi birçok modern tıbbi işlemi de mümkün kıldı. Ancak, antibiyotiklerin kötüye kullanılması antibiyotik direncinin hızla artmasına neden olmuş ve bazı enfeksiyon hastalıklarının başarılı tedavisinde kullanılan seçenekler son derece azalmıştır (Hutchings, Truman and Wilkinson 2019). Gram negatif ve Gram pozitif bakterilerde gözlenen çoklu antibiyotik direnci tedaviyi zorlaştırmakta ve bu etkenlerle meydana gelen enfeksiyonlar geleneksel olarak kullanılan antibiyotiklerle tedavi edilememektedir (Frieri et al., 2017).

Florokinolonlar, sefalosporinler, trimetoprim-sülfametoksazol, *E. coli*'nin neden olduğu toplum ve hastane kaynaklı enfeksiyonların tedavisinde sıklıkla kullanılmaktaydı. Ancak, bu ajanlara karşı gelişen direnç tedavide kullanımı sınırlandırdı. Ardından β-Laktam antibiyotiklerden özellikle 3. kuşak sefalosporinler, *E. coli*'nin neden olduğu ciddi toplum veya hastane kökenli enfeksiyonları tedavi etmek için kullanılmaya başlandı (Pitout, 2012). *E. coli* suşları günümüzde karbapenemler de dahil olmak üzere pek çok antibiyotiğe karşı direnç göstermeye başladı. Türkiye'de yapılan güncel çalışmalarda *E. coli* suşlarında florokinolon, üçüncü kuşak sefalosporin ve beta laktam grubu antibiyotiklere karşı direncin artış gösterdiği bildirilmektedir (Tuna, vd., 2024; Çaşkurlu, vd., 2020). Günümüzde karmaşık antibiyotik direnç mekanizmaları ağını anlamak, büyüyen halk sağlığı problemleriyle mücadele etmek açısından oldukça önem taşımaktadır (Nasrollahian et al., 2024) Antibiyotiklere dirençli suşlar, hastane atık suları veya tarım ve hayvancılıktan kaynaklanan dirençli bakterilerin gübreler aracılığıyla içme suyu sistemlerine karışması sonucu toplum sağlığını tehdit etmektedir. Dolayısıyla, dirençli *E. coli* suşlarının içme suyu sistemlerine girmesini engellemek için etkili su arıtma yöntemleri ve mikrobiyolojik denetimler önem arz eder.

Bu çalışmanın amacı, Sakarya ili ilçelerinden alınan içme ve kullanma sularındaki *E. coli* kontaminasyon riskini ve izole edilen izolatların antibiyotik direnç durumunun belirlenmesidir.

MATERYAL VE METOT

Numunelerin toplanması: Bu çalışma kapsamında Sakarya ilçelerinden 2023-2024 yılları arasında 20 mg/L sodyum tiyosülfat içeren 500 ml'lik su numune şişelerine farklı noktalardan alınan 450 adet şebeke suyu numunesi toplandı. Aseptik şartlarda alınan numuneler soğuk zincirde tutularak laboratuvara ulaştırıldı. Çalışmada *E.coli* izolasyonu ve tanımlanması için, *E. coli* ATCC 25922, referans suşu kullanıldı.

Mikrobiyolojik analizler: Su numuneleri membran filtre (por çapı 0,45 µm) sistemi ile bir kez süzüldü. Kaplardan steril pens yardımı ile alınan selüloz filtre kağıtları Kromojenik koliform agar (CCA) besiyeri üzerine hava boşluğu kalmayacak şekilde dikkatlice yerleştirildi. Petri kapları ters çevrilerek 37ºC'lik etüve yerleştirildi ve 18-24 saat inkübasyon sonrası üreme kontrolü yapıldı. İnkübasyon sonrası TS EN ISO 9308-1 standardına göre petrilerde görülen pembe-kırmızı koloniler koliform şüphelisi olarak, koyu mavi-mor koloniler *E. coli* olarak değerlendirildi (Çelebi, 2018), (Şekil 1).

İzole edilen bakteri izolatlarının identifikasyonu için VITEK MS System (bioMérieux, Inc.) kullanıldı (Bazzi, vd., 2017). Bu otomatize sistemin prensibi, farklı antimikrobiyal identifikasyon kartlarındaki biyokimyasal reaksiyonlar sonucu ortaya çıkan optik sinyallerin değerlendirilmesi şeklindedir. Su numunelerinin inkübasyonu sonucunda 70 adet *E. coli* suşu izole edilmiş olup, çalışılana kadar derin dondurucuda (-20ºC) saklandı.

Canlandırılması için, Yeast Extract Agar besiyerine bakteri soyları inoküle edilerek, 37ºC'lik etüvde 18-24 saat inkübe edildi. *E.coli* kolonileri daha sonra EMB ve kanlı agar besiyerlerine pasajlandı (Şekil 1).

Şekil 1. CCA, Yeast extract agar ve EMB besiyerlerinde koliform ve *E. coli* kolonileri.
Figure 1. Coliform and *E. coli* colonies in CCA, Yeast extract agar and EMB media.

Antibiyotik duyarlılık analizleri: Antibiyotik duyarlılık analizleri için Kirby-Bauer disk difüzyon yöntemi kullanıldı (Bauer, vd., 1966). İlk olarak, kanlı veya EMB agar besiyerlerinde tek koloni olarak üretilen *E. coli* izolatları 2 ml serum fizyolojik ile süspanse edilerek, 0,5 Mc Farland (1,5 x 10 cfu/mL) standardına göre ayarlandı. 10 µl'lik *E. coli* süspansiyonu, Mueller Hinton agara (MHA) inkübe edildi. Her bir *E. coli* izolatı için, 30 µg sefazolin (CZ), 10 µg meropenem (MEM), 30 µg seftazidim (CAZ), 5 µg siprofloksasin (CIP), 10 µg ertapenem (ETP), 25 µg trimetoprim-sülfametaksazol (SXT), 30 µg aztreonam (ATM), 110 µg piperasilin (TPZ), 30 µg sefoksitin (FOX), 30 µg seftriakson (CRO), 30 µg sefepim (FEP), 10 µg imipenem (IPM), 10 µg gentamisin (CN), 10 µg ampisilin (AM), 30 µg amoksisilin (AMC) ve 30 µg amikasin (AK) içeren antibiyotik diskleri kullanıldı. Antibiyotik diskler yerleştirildikten sonra 37ºC'lik etüvde 18-24 saat inkübasyona bırakıldı. Oluşan zon çapları cetvel yardımı ile ölçülerek, EUCAST rehberine göre değerlendirildi (EUCAST, 2022).

İstatistiksel Analiz: İstatistiksel analizler IBM SPSS Statistics for Macbook (Version 25.0. Armonk, NY: IBM Corp.) paket programı ile gerçekleştirildi. Gruplar arasındaki farklılıkların analizi için bağımsız örneklem t testi ve tek yönlü varyans analizi (ANOVA) testi kullanıldı. Gruplar arasındaki farklar post hoc analizlerden biri olan Tukey testi ile anlamlı olarak analiz edildi. İstatistiksel anlamlılık düzeyi $p<0,05$ olarak kabul edildi.

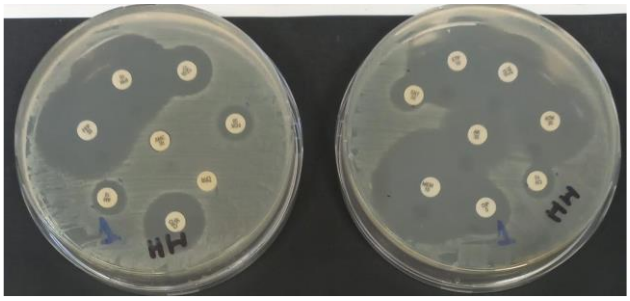
BULGULAR

Çalışmada irdelenen 450 su numunesinin %15,6'sında *E. coli* saptandı. İlçeler bazında yapılan değerlendirmede, Geyve ilçesinden elde edilen 50 adet su numunesinden 36'sında (%72) *E. coli* izolatının ürediği gözlendi. Diğer ilçelerden alınan su örnekleri ile karşılaştırıldığında Geyve'den alınan su örneklerinde tek yönlü varyans analizi (ANOVA) testi sonucunda istatistiksel olarak anlamlı düzeyde yüksek oranda *E. coli* bakteri izolatı saptandı. ($p<0.05$) (Tablo 1)

Tablo 1. İzole edilen *E. coli* izolatlarının ilçelere göre dağılımı ve direnç oranları.
Table 1. Distribution of isolated *E. coli* isolates by district and resistance rates.

İlçeler	Numune sayısı	*E. coli*	Dirençli bakteri
	N	n (%)	n (%)
Geyve	50	36 (72)	8 (22,2)
Kocaali	50	9 (18)	0 (0)
Hendek	50	7 (14)	3 (42,6)
Pamukova	50	7 (14)	3 (42,6)
Akyazı	50	6 (12)	0 (0)
Taraklı	50	2 (4)	1 (50)
Sapanca	50	1 (2)	1 (100)
Söğütlü	50	1 (2)	1 (100)
Karasu	50	1 (2)	1 (100)
Toplam	**450**	**70**	**18**

Disk difüzyon testi sonucunda 70 adet *E. coli* izolatının %25,71'inin bir veya daha fazla antibiyotiğe dirençli olduğu belirlendi. (Şekil 2) Suşlar arasındaki en yüksek antibiyotik direnç oranının %24,28 ile AMC'ye karşı olduğu, bunu %7,14 ile AM, %4,29 ile FOX, %2,85 ile AK, %1,42 ile CZ, CAZ, CRO, CIP ve GN'nin takip ettiği görüldü. Suşların genel olarak TPZ, FEB, SXT, ETP, IMP, MEM ve ATM'ye karşı %100 duyarlı olduğu saptandı. Direnç dağılımı homojen olmadığı için istatistiksel analiz gerçekleştirilemedi.



Şekil 2. *E. coli* izolatlarının Kirby-Bauer disk difüzyon yöntemiyle yapılan antibiyotik direnç testlerinin sonuçları.
Figure 2. Results of antibiotic resistance tests of *E. coli* isolates using the Kirby-Bauer disk diffusion method.

Hem su örneklerinde çok sayıda bakteri izolatı saptanması hem de saptanan bakteri izolatlarının %22,2'sinin direnç ifade etmesi nedeniyle Geyve örnekleri dikkat çekici bulundu. Geyve ilçesinden izole edilen 36 bakteri izolatının %22,2'sinde farklı antibiyotiklere karşı direnç görüldü. Dirençli izolatların 7'sinde AMC (%19,4), 3'ünde AM (%8,3) ve 1'inde FOX (%2,8) direnci saptandı.

Pamukova ilçesinde elde edilen su örnekleri için yapılan bakteriyolojik çalışmalarda 50 numunenin 7'sinde *E. coli* ürediği gözlendi. İzole edilen bu suşlardan 3'ünde farklı direnç fenotipleri gözlendi. Pamukova ilçesinden gelen su örneklerinden izole edilen 7 bakteri izolatının 3'ü AMC (%42,9), 1'i AM (%14,3) ve 1'i AK (%14,3) direnci gösterdi.

Hendek ilçesinden toplanan su örneklerinden izole edilen izolatların %42,9'unda AMC ve %14,3'ünde

AK direnci saptandı. Kocaali ve Akyazı ilçelerinden elde edilen su örneklerinden izole edilen *E.coli* izolatlarının tümü üç grup antibiyotiğe de duyarlı bulundu.

Antibiyotik duyarlılık sonuçlarına göre, Akyazı ve Kocaali hariç diğer 7 ilçenin tamamında penisilinlere karşı direnç tespit edilirken, bunu sırası ile aminoglikozidler, II. ve III. kuşak sefolosporinler takip etmektedir. Çalışmanın sonucuna göre Sakarya ilçelerinden alınan numunelerde I. ve IV. kuşak sefolosporinlere, sülfonamidlere, karbapenemlere ve monobaktamlara direnç görülmedi.

SONUÇ VE TARTIŞMA

E. coli, ürettiği biyofilm tabakası sayesinde canlı ve cansız yüzeylerde uzun süre canlı kalabilmekte, dezenfektan ve antibiyotiklere karşı direnç geliştirebilmektedir. Ayrıca, antibiyotik direncinin bakteriler arasında yayılmasına katkıda bulunan yatay gen transferini başarıyla yapabilmesi nedeniyle içme ve kullanma sularında büyük bir endişe kaynağıdır.

Su ve gıdalarda fekal koliform grubu bakterilerin (özellikle *E. coli*) saptanması, sularda dışkı kontaminasyonu olabileceğinin göstergesidir. İçme ve kullanma sularında olması gereken *E. coli* değeri "İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkındaki Yönetmeliği"ne göre 0 (sıfır) kob/100 ml olarak belirtilmiştir. Bu çalışmada, 450 adet numunenin %15,55'i *E. coli* yönünden yönetmeliğe uymamaktadır. Çalışmada *E. coli* üremesi saptanan ve bu yönüyle yönetmeliğe uymayan sular sırasıyla, Geyve (%72), Kocaali (%18), Hendek ve Pamukova (%14), Akyazı (%12), Taraklı (%4), Sapanca, Karasu ve Söğütlü (%2) ilçelerinde saptandı. Sapanca, Karasu ve Söğütlü'den izole edilen *E. coli* izolatlarının tamamında antibiyotik direnci saptandı. Ayrıca izole edilen suşların %25,71'inin bir ya da daha fazla antibiyotiğe karşı dirençli olduğu belirlendi. Suşlar arasındaki en yüksek direnç oranının %24,28 ile AMC'ye karşı olduğu, bunu %7,14 ile AM, %4,29 ile FOX, %2,85 ile AK'nin takip ettiği görüldü. Suşların tamamı TPZ, FEB, SXT, ETP, İMP, MEM ve ATM'ye karşı duyarlı bulundu. Sadece bir numunede sefazolin, seftriakson, siprofloksasin ve gentamisine karşı direnç tespit edildi.

Toroman Selçuk'un (2011) Van'da yürüttüğü çalışmada toplam 120 adet içme, kaynak ve kuyu suyu analiz edilmiştir. Numunelerde, %30 *Aeromonas spp.*, %16,6 koliform ve %8,3 oranında *E. coli* izole edilmiştir. Bitlis'te 2019 yılında yapılan çalışmada merkez ve ilçelerden temin edilen içme ve kullanma sularından toplanan 164 numunenin %12'sinde koliform, %30'unda Enterokok, %8'inde *E. coli*, %24'ünde sülfit indirgeyen anaerob bakteri saptanmıştır (Alemdar, vd., 2009). Adana'da 2009 yılında yapılan çalışmada, içme ve kullanma sularında total koliform, aerob bakteri ve fekal koliform mikroorganizmalar ve antibiyotik direnç durumları araştırılmış ve sularda *E. coli*'ye rastlanmadığı bildirilmiştir (Ozaslan, 2009). Çalışmamızda önceki çalışmalardan farklı olarak %15,55'inde *E. coli* üremesi saptanmıştır. Bu durumun içme ve kullanma sularındaki klorlama oranları ve mevsimsel değişkenlere bağlı olabileceği düşünülmüştür.

Aktürk vd.'nin (2010) yaptıkları araştırmada Adana-Tufanbeyli yol hattı üzerindeki 15 farklı çeşmeden izole edilen 269 adet Gram negatif bakterinin %25,6'sı *E. coli* olarak tanımlanmıştır. En yüksek antibiyotik direnç oranı %68,6 ile sefalotine, %52,1 ile AM'ye karşı, en düşük direnç ise AK, GN ve tobramisine karşı belirlenmiştir. Çalışmamıza benzer şekilde penisilin ve sefalosporinlere karşı direnç tespit edilirken, aminoglikozidlere daha düşük direnç görülmüştür. Antibiyotik direncine katkıda bulunan R plazmidleri için en önemli rezervuar insan ve hayvanlar olduğundan, bağırsak mikrobiyotası ile kontamine atıklar nedeniyle R plazmidleri gibi plazmitler içme ve kullanma sularına geçebilmektedir. Ayrıca, bakterilerin antibiyotik direnç profilleri mevsimsel olarak değişiklik göstermektedir. En yüksek direnç oranlarının yaz ve bahar mevsimlerinde görüldüğü bilinmektedir (Schachner-Gröhs vd., 2023).

Gümüşhane'de 2019 yılında yapılan çalışmada içme kullanma sularından izole edilen 50 adet *E. coli* suşunun %16'sının FOX'a, %2'sinin CAZ, TPZ, SAM, CXM ve FEP'e dirençli olduğu bulunmuştur. SXT, GN, AK, ETP ve AM karşı herhangi bir dirence rastlanmamıştır (Kayserili vd., 2019). Giresun'da 2020 yılında yapılan bir çalışmada dere suyundan izole edilen *E. coli* suşlarının direnç oranları, AM için %59, kloramfenikol (KL) için %38,1, CZ için %36, CXM için %35,9 ve sefotaksim (CTX) için %28,4 olarak belirlenmiştir. 7 suşun kullanılan tüm antibiyotiklere karşı duyarlı, 3 suşun ise kullanılan tüm antibiyotiklere karşı direnç gösterdiği bildirilmiştir (Akkan & Topkaraoğlu, 2020). Çalışmamızda, izolatların %7,14'ünde AM, %4,29'unda FOX, %1,42'sinde CZ, CAZ, CRO ve %2,85'inde AK'ye direnç tespit edildi. Sefalosporin direnci, literatürdeki çalışmalara kıyasla daha düşük bulundu. Penisilin direncinin, Gümüşhane'de yürütülen çalışmaya göre yüksek, Giresun'da yürütülen çalışmaya göre düşük olduğu görüldü. (Tablo 2)

Tablo 2. Türkiye'de yapılan benzer çalışmalarda saptanan E. coli izolatlarının antibiyotik direnç oranları.
Table 2. Antibiotic resistance rates of *E. coli* isolates detected in similar studies conducted in Turkey.

Kaynak	*E. coli üremesi*	*Direnç oranları*
Aktürk vd., 2010	69	%68,6 CEF, %52,1 AM
Gümüş, 2011	36	%2,77 CEF, %2,77 CRO, %13,88 AM, %2,77 TPZ
Orhan vd., 2019	50	%16 FOX, %2 CAZ, TPZ, SAM, CXM ve FEP
Akkan & Topkaraoğlu, 2020	33	%59 AM, %38,1 KL, %36 CZ, %35,9 CXM ve %28,4 CTX

CEF: Sefalotin, KL: Kloramfenikol, CEF: Cephalothin, CL: Chloramphenicol

Mozambik'te yapılan bir çalışmada içme suyunun mikrobiyolojik kalitesi, 5 örnekleme alanından 91 su numunesi toplanarak ve analiz edilerek değerlendirilmiştir.

Sonuçlar, her tür su örneğinde dışkı kontaminasyonu göstermiştir. Giriş suyu örneklerinin %100'ünde, arıtılmış su örneklerinin %21'inde ve musluk suyu örneklerinin %22'sinde *E. coli* bulunmuştur. Giriş suyunun %63'ünde, arıtılmış suyun %16'sında ve musluk suyu örneklerinin %9'unda CTX dirençli *E. coli* tespit edilmiş, bu izolatlarda AM, STR, TET ve KL'ye karşı da direnç bildirilmiştir (Taviani et al., 2022). Gana'da yapılan bir çalışmada ise, şişelenmiş su, musluk suyu, sondaj kuyusu ve kuyu suyunu içerek 524 su numunesi *E. coli* yönünden mikrobiyolojik olarak analiz edilmiştir. Musluk ve yeraltı suyu örneklerinden 115 *E. coli* suşu izole edilmiştir. Suşların %88,7'sinde CXM, %62,6'sında SXT ve %52,2'sinde AMC'ye karşı dirençli bulunmuştur. *E. coli* izolatlarının %58'inde ÇİD saptanmıştır (Ahmed et al., 2022). Yapılan literatür tarama sonuçları da çalışmamızı desteklemekte olup, benzer sonuçlara ulaşılmıştır.

Çalışmamızın sonuçlarına göre en fazla *E. coli* üremesi, tarım ve hayvancılığın yoğun olarak yapıldığı ilçelerdeki içme kullanma sularında tespit edilmiştir. Bu bölgelerde tavuk çiftliklerinin ve ahırların bulunması, tarlalarda hayvan gübrelerinin kullanılması, zirai atıkların yağmur sularıyla temiz su kaynaklarına karışması, içme suyu olarak kullanılacak olan kuyuların kümes ve ahırlara yakın bölgelerde olması gibi faktörlerin kirliliği tetiklediği düşünülmektedir.

Ayrıca içme ve kullanma sularında tespit edilen *E. coli* izolatlarının antibiyotiklere duyarlı olması beklenirken, çalışmamız sonucunda penisilin ve sefalosporin grubu antibiyotiklere direnç tespit edilmiştir. Bu durum, insanlar tarafından bilinçsizce kullanılan, hayvan yemlerine eklenen ve hayvanların tedavisinde yanlış ve aşırı kullanılan antibiyotiklerin bir sonucu olarak görülmüştür. Bu sonuçlar ışığında, içme ve kullanma sularının kontaminasyon kaynakları ve yanlış kullanılan antibiyotiklerin sonuçları hakkında halkın bilinçlendirilmesi ve farkındalığın arttırılması gerekmektedir.

Dünya nüfusunun artışıyla birlikte suya olan ihtiyaç da hızla artmaktadır. Bu nedenle, suyun temizliği ve yeniden kullanılabilirliğinin sağlanması bir zorunluluk haline gelmiştir. İçme ve kullanma suyunda *E. coli* üremesinin saptanması, suyun dezenfeksiyonunda eksiklikler bulunduğunu ve fekal kontaminasyonun varlığını göstermektedir. *E. coli*'nin bu sularda bulunması, gastrointestinal ve üriner sistem enfeksiyonları gibi sağlık sorunlarına yol açabilir. Bu durumdan özellikle bağışıklık sistemi zayıf bireyler, çocuklar ve yaşlılar daha fazla etkilenebilir. Bu çalışmadan elde edilen sonuçlar, güvenli ve hijyenik suya erişimin önemini ve bilinçsiz antibiyotik kullanımının risklerini açıkça ortaya koymuştur.

Sonuç olarak, suların kontaminasyonu konusunda en etkili çözümün, içme ve kullanma sularının depolandığı ve dağıtıldığı sistemlerin düzenli olarak kontrol edilmesi ve gerekli sanitasyon önlemlerinin alınması olduğu kanısına varılmıştır. Su arıtma tesislerindeki mevcut dezenfeksiyon yöntemlerinin gözden geçirilmesi gerekmektedir. Ayrıca, su arıtma süreçlerinin, antibiyotiğe dirençli bakterileri de hedef alacak şekilde iyileştirilmesi büyük önem taşımaktadır. İleri oksidasyon süreçleri, membran filtrasyon teknikleri ve ozonlama gibi yöntemler, dirençli bakterilerin etkili bir şekilde yok edilmesinde kullanılabilir. Kontaminasyon riski bulunan bölgelerde ise evlerde suyun kaynatılması ve filtre kullanımı gibi basit önlemler teşvik edilmelidir. Antibiyotik direncinin önlenmesi ise, halkın bilinçlendirilmesine ek olarak, sağlık, hayvancılık ve tarım sektörlerinin birlikte hareket ettiği "Tek Sağlık Yaklaşımı" ile mümkün olabilir.

KAYNAKLAR

Ahmed, H., Zolfo, M., Williams, A., Ashubwe-Jalemba, J., Tweya, H., Adeapena, W., Labi, A.K., Adomako, L.A.B., Addico, N.D., Banu, A., Akrong, O., Quarcoo, G., Borbor, S. & Osei-Atweneboana, M. (2022). Antibiotic-Resistant Bacteria in Drinking Water from the Greater Accra Region, Ghana: A Cross-Sectional Study, December 2021-March 2022. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, ***19***(19). DOI: 10.3390/ijerph191912300

Akkan, T. & Topkaraoğlu, T. (2020). Tatlısu kaynaklarımızdaki Escherichia coli izolatlarının antibiyotik direnç düzeylerinin belirlenmesi: Batlama Deresi örneği, Giresun. *Journal of Anatolian Environmental and Animal Sciences*, ***4***(3), 539-544.

Aktürk, S., Matyar, F. & Dinçer, S. (2010). Adana-Tufanbeyli yol hattındaki çeşme sularından izole edilen gram negatif bakterilerin antibiyotik dirençlerinin incelenmesi. ***40***, 54-59.

Alemdar, S., Kahraman, T., Agaoglu, S. & Alisarli, M. (2009). Bitlis ili içme sularının bazı mikrobiyolojik ve fizikokimyasal özellikleri. *Ekoloji*, ***19***(73), 29-38.

Bauer, A.W., Kirby, W.M., Sherris, J.C. & Turck, M. (1966). Antibiotic susceptibility testing by a standardized single disk method. *American Journal of Clinical Pathology*, ***45****(4)*, 493-496.

Bazzi, A.M., Rabaan, A.A., Fawarah, M.M. & Al-Tawfiq, J.A. (2017). Direct identification and susceptibility testing of positive blood cultures using high speed cold centrifugation and Vitek II system. *Journal of Infection and Public Health*, ***10****(3)*, 299-307.

Caskurlu, H., Culpan, M., Erol, B., Turan, T., Vahaboglu, H. & Caskurlu, T. (2020). Changes in antimicrobial resistance of urinary tract ınfections in adult patients over a 5-year period. *Urologia Internationalis*, ***104****(3-4)*, 287-292.

Çelebi, H., (2018). Karasu kanal sularının belirli mikroorganizma türlerinin araştırılması. *Journal*

*of Engineering Sciences and Design, **6**(2),* 182-189.

Delair, Z. (2021). Genotyping, phenotyping and phylogenetic classification of environmental Escherichia coli isolates. Dissertation. University of Johannesburg.

European Committee on Antimicrobial Susceptibility Testing. (2022). Breakpoint tables for interpretation of MICs and zone diameters. Version 12.0. Växjö, Sweden.

Frieri, M., Kumar, K. & Boutin, A. (2017). Antibiotic resistance. *Journal of Infection and Public Health*, ***10***(4), 369-378.

Gümüş, D. (2011). *Kullanma ve içme sularında EHEC, EPEC ve ETEC suşlarının varlığının ve antibiyotiklere duyarlılıklarının araştırılması*. İstanbul Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü. İstanbul, Türkiye, 120s.

Hutchings, M. I., Truman, A. W. & Wilkinson, B. (2019). Antibiotics: past, present and future. *Current Opinion in Microbiology*, ***51***, 72-80.

Kayserili Orhan, .F., Altoparlak, U. & Odacı, L. (2019). An investigation of antibiotic resistance and extended spectrum beta-lactamase presence in E. coli strains isolated from drinking water collected from Gümüşhane Province. *Anke Dergisi*, ***33***(1), 12-17.

Lucky, M.T. (2007). The bacterial pathogenicity of source waters based on enterovirulent *E. coli* as model pathogens, (May). University Of Johannesburg, Faculty Of Science, Barnard TG, P. Jagals (Prof.)

Nasrollahian, S., Graham, J.P. & Halaji, M. (2024). A review of the mechanisms that confer antibiotic resistance in pathotypes of E. coli. *Frontiers in Cellular and Infection Microbiology*, ***14***(April), 1-28.

Ozaslan, A. (2009). *Adana içme suyunda fekal koliform düzeyinin belirlenmesi ve antibiyotik dirençlilik frekansı*. Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Biyoteknoloji Anabilim Dalı. Adana, Türkiye, 75s.

Pitout, J.D.D. (2012). Extraintestinal pathogenic Escherichia coli: A combination of virulence with antibiotic resistance. *Frontiers in Microbiology*, ***3***, 1-7.

Ram, S., Vajpayee, P., Tripathi, U., Singh, R.L., Seth, P.K. & Shanker, R. (2008). Determination of antimicrobial resistance and virulence gene signatures in surface water isolates of Escherichia coli. *Journal of Applied Microbiology*, ***105***(6), 1899-1908.

Rompré, A., Servais, P., Baudart, J., de-Roubin, M. R. & Laurent, P. (2002). Detection and enumeration of coliforms in drinking water: current methods and emerging approaches. Journal of microbiological methods, ***49***(1), 31-54.

Schachner-Gröhs, I., Strohhammer, T., Frick, C., Campostrini, L., Linke, R.B., Zarfel, G., Farnleitner, A.H. & Kirschner, A.K.T. (2023). Low antimicrobial resistance in Escherichia coli isolates from two large Austrian alpine karstic spring catchments. *Sci Total Environ*, ***894***, 164949.

Taviani, E., van den Berg, H., Nhassengo, F., Nguluve, E., Paulo, J., Pedro, O. & Ferrero, G. (2022). Occurrence of waterborne pathogens and antibiotic resistance in water supply systems in a small town in Mozambique. *BMC Microbiology*, **22**(1), 1-11.

Toroman Selçuk, Z. (2011). *Van ve yöresi içme sularında Aeromonas spp., koliform, Escherichia coli varlığının araştırılması ve izole edilen Aeromonas türlerinin antimikrobiyel maddelere dirençliliklerinin belirlenmesi*. Yüzüncü Yıl Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü Besin Hijyeni ve Teknolojisi Anabilim Dalı. Van, Türkiye, 100s.

Tuna, A., Arslan, F., Akkuş, İ., Böke, E., Şahin, Ö., Kaçmaz, B., & Gül, S. (2024). İdrar kültürlerinden izole edilen Escherichia coli suşlarının klinikte sıkça kullanılan antibiyotiklere karşı direnç oranlarının araştırılması. *The Journal of Kırıkkale University Faculty of Medicine, **26(1)***, 1-4.

Journal of Anatolian Environmental and Animal Sciences
(*Anadolu Çevre ve Hayvancılık Bilimleri Dergisi*)
DOI: https://doi.org/10.35229/jaes.1478345

JAES
Year: 9, No: 4, 2024 (697-702)
AÇEH
Yıl: 9, Sayı: 4, 2024 (697-702)

ARAŞTIRMA MAKALESİ **RESEARCH PAPER**

Çayırözü Mahallesine ait Meraların (İspir/Erzurum) Toprağı Kaplama Oranı, Botanik Kompozisyon ve Mera Kalitesinin Belirlenmesi

Muhammed İkbal ÇATAL[1*], Hüseyin BAYKAL[2] Adil BAKOĞLU[2]
[1] *Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü, Rize, Türkiye*
[2] *Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi, Pazar Meslek Yüksek Okulu, Bitkisel ve Hayvansal Üretim Bölümü, Rize, Türkiye*

Received: *04.05.2024* ***Accepted:*** *21.10.2024* ***Puplished****: 31.12.2024*

Atıf yapmak için: **Çatal, M.İ., Baykal, H. & Bakoğlu, A. (2024).** Çayırözü Mahallesine ait Meraların (İspir/Erzurum) Toprağı Kaplama Oranı, Botanik Kompozisyon ve Mera Kalitesinin Belirlenmesi. *Anadolu Çev. ve Hay. Dergisi*, **9**(4), 697-702. https://doi.org/10.35229/jaes.1478345

How to cite: **Çatal, M.İ., Baykal, H. & Bakoğlu, A. (2024).** Determination of Canopy Coverage Rate, Botanical Composition and Pasture Quality of Pastures of Çayırözü Neighborhood (İspir/Erzurum). *J. Anatolian Env. and Anim. Sciences*, **9**(4), 697-702. https://doi.org/10.35229/jaes.1478345

: https://orcid.org/0000-0002-4888-770X
: https://orcid.org/0000-0001-6428-6915
: https://orcid.org/0000-0003-1189-8461

***Sorumlu yazar:**
Muhammed İkbal ÇATAL
Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü, Rize, Türkiye
✉: muhammed.catal@erdogan.edu.tr

Öz: 2020 yılında Çayırözü mahallesine (İspir/Erzurum) ait meralarda, lup metodu kullanılarak yapılan bu çalışmada, toprağı kaplama ve botanik kompozisyon oranları, mera kalite derecesi ve mera durum sınıfı özellikleri incelenmiştir. Vejetasyon çalışması, vejetasyonun klimaks evreye ulaştığı Temmuz ayı içerisinde yapılmıştır. Araştırma alanında, *Poaceae* (9), *Fabaceae* (9) ve diğer familyalardan *Apiaceae* (2), *Asteraceae* (14), *Boraginaceae* (1), *Campanulaceae* (1), *Caprifoliaceae* (1), *Caryophyllaceae* (3), *Convolvulaceae* (1), *Euphorbiaceae* (1), *Hypericaceae* (2), *Lamiaceae* (2), *Orobanchaceae* (1), *Plantaginaceae* (1), *Polygonaceae* (3), *Rosaceae* (3), *Rubiaceae* (4) *ve Scrophulariaceae* (1) olmak üzere toplam 59 takson tespit edilmiştir. Çalışma yapılan meranın toplam toprağı kaplama oranı %67,66, toprağı kaplama alanına göre botanik kompozisyon oranları *Poaceae* %21,33, *Fabaceae* %19,46 ve diğer familyalar %59,21 olarak belirlenmiştir. 2,98 mera kalite derecesi ile meranın durumu "Zayıf" olarak belirlenmiştir.

Anahtar kelimeler: Botanik kompozisyon, Çayırözü, Erzurum, Lup metodu, mera durumu.

Determination of Canopy Coverage Rate, Botanical Composition and Pasture Quality of Pastures of Çayırözü Neighborhood (İspir/Erzurum)

***Corresponding author:**
Muhammed İkbal ÇATAL
Recep Tayyip Erdoğan University, Faculty of Agriculture, Department of Field Crops, Rize, Türkiye
✉: muhammed.catal@erdogan.edu.tr

Abstract: In this study conducted in the pastures of Çayırözü neighborhood (İspir/Erzurum) in 2020 using the lup method, canopy coverage and botanical composition rates, pasture quality degree, and pasture status class properties were examined. The vegetation study was conducted in July when the vegetation reached the climax stage. A total of 59 taxa were identified in the study area, belonging to the families *Poaceae* (9), *Fabaceae* (9), and *Apiaceae* (2), *Asteraceae* (14), *Boraginaceae* (1), *Campanulaceae* (1), *Caprifoliaceae* (1), *Caryophyllaceae* (3), *Convolvulaceae* (1), *Euphorbiaceae* (1), *Hypericaceae* (2), *Lamiaceae* (2), *Orobanchaceae* (1), *Plantaginaceae* (1), *Polygonaceae* (3), *Rosaceae* (3), *Rubiaceae* (4) and *Scrophulariaceae* (1). The total canopy coverage rate of the pasture where the study was conducted was 67.66%, and the botanical composition rates according to canopy coverage area were *Poaceae* 21.33%, *Fabaceae* 19.46% and other families 59.21%. The pasture status was determined as "Poor" with a pasture quality degree of 2.98.

Keywords: Botanical composition, Çayırözü, Erzurum, Lup method, pasture status.

GİRİŞ

Fitocoğrafik açıdan Türkiye, Akdeniz, Avrupa-Sibirya ve İran-Turan olmak üzere üç bölgeye ayrılır (Akdeniz, 2009). Bu çeşitlilik, ülkenin güney ve batısında Akdeniz, kuzeyinde Avrupa-Sibirya ve Doğu ve Orta Anadolu'da İran-Turan flora bölgelerinin etkisiyle oluşmaktadır. Son araştırmalar, Erik ve Tarıkahya,

(2004)'ya göre Türkiye'nin yaklaşık 12.000 bitki taksonuna ev sahipliği yaptığını ve yüksek bir endemizm oranına sahip olduğunu göstermektedir.

Çayır mera alanları, hayvanların besin ihtiyacını karşılamanın yanında gen kaynağı ve biyolojik çeşitlilik oluşturma gibi önemli ekolojik işlevler de görmektedir (Carlier vd., 2005). Ayrıca erozyona karşı koruma sağlayarak toprağın verimini korumaya katkıda bulunurlar. Türkiye'de çayır mera alanları, hayvancılık sektörünün temelini oluşturmakta ve hayvan varlığının bir yılda tükettiği besinlerin önemli bir kısmını karşılamaktadır. Babalık ve Sarıkaya, (2015)'ya göre, çayır mera alanları ülkemiz hayvan varlığının yıllık ham protein ihtiyacının %68'ini ve nişasta ihtiyacının ise %62'sini karşılamaktadır.

Türkiye'de uzun yıllardır devam eden erken ve aşırı otlatma, bakım ve ıslah işlemlerinin yapılmaması, mera alanlarında ot veriminin azalmasına ve bitki örtüsünün bozulmasına neden olmuştur (Yavuz & Sürmen, 2016; Sürmen & Kara, 2018). Ot kalitesinin ve veriminin düşmesi, mera alanlarının ıslah edilerek kaliteli ve verimli yem üretir hale getirilmesini zorunlu kılmaktadır. Bu amaçla, mera alanlarının verim değerlerinin yükseltilmesi için o yöreye özgü vejetasyon çalışmaları yapılmalıdır. Türk vd., (2003) vejetasyonu iyi bilinmeyen çayır ve meralarda vejetasyon etüt ve ölçümlerinin, bu alanların kalitatif ve kantitatif karakterleri hakkında bilgi edinmek için önemli olduğunu belirtmektedirler.

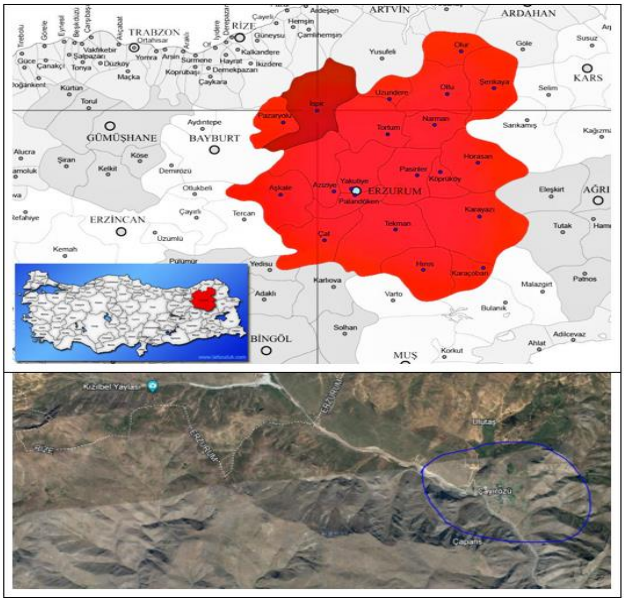
Bu çalışmada, Erzurum ilinin İspir ilçesinde bulunan Çayırözü mahallesinin mera alanında bulunan bitkilerin familya ve türleri belirlenerek, mera vejetasyonunun toprağı kaplama oranı, botanik kompozisyonu, mera kalite derecesi ve mera durum sınıfı tespit edilmiştir.

MATERYAL VE METOD

Araştırma, 2020 yılında Erzurum ili İspir ilçesine bağlı Çayırözü mahallesinde mera vejetasyonun klimaks safhaya ulaştığı Temmuz ayı içerisinde yapılmıştır. Bu bölge, deniz seviyesinden ortalama 2100 metre yükseklikte konumlanmış olup, İspir ilçesine yaklaşık 21 kilometre uzaklıktadır (40° 33' 52" N, 40° 54' 36" E). Çalışma alanının konumu Şekil 1'de ayrıntılı olarak gösterilirken, bölgeden çekilen bazı fotoğraflar da Şekil 2'de sunulmuştur.

Arazi çalışmaları, vejetasyonun tam olgunlaşma dönemi olan Temmuz 2020'de gerçekleştirilmiştir. Çalışmanın materyalini, mera alanlarından toplanan bitki örnekleri oluşturmuştur. Her bir takson için 3 adet bitki örneği toplanmış ve Erik vd., (1996) tarafından belirtilen herbaryum kurallarına uygun şekilde kurutularak kartonlara yapıştırılmıştır. Kurutulmuş bitki örnekleri, Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi Pazar Meslek Yüksekokulu'nda muhafaza edilmiştir. Teşhis işlemleri, Türkiye ve Ege Adaları Florası kaynakları (Davis, 1965-1985; Davis vd., 1988; Güner vd., 2000) kullanılarak yapılmıştır. Familya, takson ve yazar adları, Güner vd., (2012)'ye göre belirtilmiş ve takson ve yazar isimleri Euro+Med Plant Base (2020) veri sisteminden kontrol edilmiştir.

Bu çalışmada, meranın vejetasyon özellikleri Lup yöntemi kullanılarak belirlenmiştir. Lup yöntemi, bitki örtüsünün nicel ve nitel özelliklerini değerlendirmek için kullanılan bir yöntemdir. Bu yöntemde, 20 santimetre aralıklı ölçümler yapılarak 20 metre uzunluğunda bir Lup hattında toplam 100 Lup değeri ölçülmüştür. Lup alanı içerisindeki her bir bitki taksonu ölçüm cetveline kaydedilmiş ve bütün organları ile birlikte toplanıp teşhis edilmiştir.



Şekil 1. Çalışma alanının konumu
Figure 1. Location of the study area

Botanik kompozisyonun belirlenmesi için Tosun (1968) tarafından önerilen yöntem kullanılarak 5 ana hat üzerinde her bir ana hatta 10 hat halinde ölçümler gerçekleştirilmiştir. Toprağı kaplama alanı, lup ölçümlerinde bitkiye rastlanan alanların toplam lup alanına oranlanması yoluyla hesaplanmıştır (Gökkuş vd., 1993). Botanik kompozisyonu oluşturan bitkiler, Gökkuş vd., (1993) ve Bakoğlu, (1999) tarafından belirtilen yemlik değer kriterlerine göre Anonim, (2008) tarafından -1 ile 10 arasında puanlandırılmıştır. Bu puanlar, her taksonun botanik kompozisyondaki oranları ile çarpılarak tüm taksonların değerleri toplanmış ve mera kalite derecesi belirlenmiştir. Elde edilen mera kalite derecesine göre De Vries vd., (1951) tarafından oluşturulan mera durum skalası (0,0-2,0=Çok Zayıf, 2,1-4,0=Zayıf, 4,1-6,0=Orta, 6,1-8,0=İyi, 8,1-10,0=Çok iyi) kullanılarak mera durumu sınıfı da belirlenmiştir.

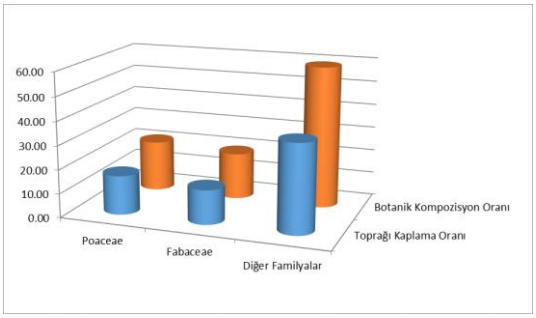
Şekil 2: Çalışma alnından çekilen fotoğraflar
Figure 2: Photographs taken from the study area

BULGULAR

Araştırma bölgesinde tespit edilen bitkilerin listesi, familyaları, toprağı kaplama ve botanik kompozisyon oranları ve mera dereceleri Tablo 1'de sunulmuştur. Familyaların toprağı kaplama ve botanik kompozisyon oranları ise Şekil 3'te görselleştirilmiştir.

Çalışma alanı, toprağı %67,66 oranında kaplayan mera bitkilerinden oluşmaktadır. Bu meralarda *Poaceae* familyası %16,32, *Fabaceae* familyası %14,34 ve diğer familyalar ise %37,00 oranında temsil edilmektedir. Toprağı kaplama alanına göre ise botanik kompozisyonda *Poaceae* familyası %21,33, *Fabaceae* familyası %19,46 ve diğer familyalar %59,21 oranında merada yer almaktadır. Mera kalite derecesi 2,98 ile meranın durumu "Zayıf" olarak belirlenmiştir. Botanik kompozisyonda en fazla yer alan türler sırasıyla *Poaceae* familyasından *Koeleria macrantha* (%5,39), *Fabaceae* familyasından *Astragalus angustiflorus* subsp. *angustiflorus* (%6,55) ve diğer familyalardan *Thymus pubescens* (%4,61) olarak belirlenmiştir (Tablo 1).

Çalışma yapılan merada, *Poaceae* familyasından 9, *Fabaceae* familyasından 9 ve diğer 41 familyadan toplam 59 takson tespit edilmiştir. Diğer familyalarda tespit edilen takson sayıları şunlardır: *Apiaceae* (2), *Asteraceae* (14), *Boraginaceae* (1), *Campanulaceae* (1), *Caprifoliaceae* (1), *Caryophyllaceae* (3), *Convolvulaceae* (1), *Euphorbiaceae* (1), *Hypericaceae* (2), *Lamiaceae* (2), *Orobanchaceae* (1), *Plantaginaceae* (1), *Polygonaceae* (3), *Rosaceae* (3), *Rubiaceae* (4) ve *Scrophulariaceae* (1). Ayrıca, *Dianthus carmelitarum*, *Veronica gentianoides* subsp. *gentianoides* var. *alpina* ve *Verbascum armenum* var. *armenum* taksonlarının endemik olduğu belirlenmiştir.



Şekil 3. Familyaların Toprağı Kaplama ve Botanik Kompozisyon Oranları (%)
Figure 3. Canopy Cover and Botanical Composition Rates (%) of Families

Çizelge 1. Çayirözü mahallesinin mera alanında bulunan bitkilerin familyaları, taksonları, toprağı kaplama ve botanik kompozisyon oranları, mera kalite dereceleri.
Table 1. Families, taxa, canopy cover and botanical composition ratios, pasture quality degree of the plants found in the pasture area of Çayırözü neighborhood.

	Familya	Takson	DS	TKO	BKO	MKD
	POACEAE					
1	*Poaceae*	*Agrostis gigantea* Roth	7	1,33	1,13	0,08
2	*Poaceae*	*Alopecurus arundinaceus* Poir.	6	1,00	1,51	0,09
3	*Poaceae*	*Bromus arvensis* L.	2	0,33	0,39	0,01
4	*Poaceae*	*Dactylis glomerata* L. subsp. *hispanica (*Roth) Nyman	7	1,33	2,56	0,18
5	*Poaceae*	*Festuca pratensis* Huds.	8	3,67	4,61	0,37
6	*Poaceae*	*Koeleria macrantha* (Ledeb.) Schult.	6	4,33	5,39	0,32
7	*Poaceae*	*Poa angustifolia* L.	5	2,00	2,89	0,14
8	*Poaceae*	*Poa longifolia* Trin.	8	1,00	1,16	0,09
9	*Poaceae*	*Trisetum flavescens* (L.) P.Beauv.	-1	1,33	1,69	-0,02
		Toplam		**16,32**	**21,33**	**1,27**
	FABACEAE					
1	*Fabaceae*	*Anthyllis vulneraria* L. subsp. *boissieri* (Sagorski) Bornm.	8	0,67	0,87	0,07
2	*Fabaceae*	*Astragalus angustiflorus* K.Koch subsp. *angustiflorus*	4	5,33	6,55	0,26
3	*Fabaceae*	*Astragalus cinereus* Willd.	2	0,33	0,39	0,01
4	*Fabaceae*	*Hedysarum varium* Willd. subsp. *varium*	7	0,33	0,87	0,06
5	*Fabaceae*	*Lotus corniculatus* L. var. *corniculatus*	7	1,67	2,38	0,17
6	*Fabaceae*	*Securigera orientalis* (Mill.) Lassen subsp. *balansae* (Boiss.) Keskin	3	0,67	1,13	0,03
7	*Fabaceae*	*Trifolium alpestre* L. var. *alpestre*	6	1,00	1,61	0,10
8	*Fabaceae*	*Trifolium canescens* Willd.	7	3,67	4,44	0,31
9	*Fabaceae*	*Vicia cracca* L. subsp. *tenuifolia* (Roth) Gaudin	8	0,67	1,22	0,10
		Toplam		**14,34**	**19,46**	**1,11**

Çizelge 1. Devamı.

Table 1. Continued.

	DİĞER FAMİLYALAR					
1	*Apiaceae*	*Bunium elegans* (Fenzl) Freyn var. *elegans*	0	0,67	1,13	0,00
2	*Apiaceae*	*Pimpinella affinis* Ledeb.	0	0,33	0,74	0,00
3	*Asteraceae*	*Achillea kotschyi* Boiss.	0	2,00	3,06	0,00
4	*Asteraceae*	*Anthemis cretica* L. subsp. *umbilicata* (Boiss. & Huet) Grierson	2	0,33	0,74	0,01
5	*Asteraceae*	*Cichorium intybus* L.	4	0,33	0,39	0,02
6	*Asteraceae*	*Cirsium cephalotes* Boiss.	0	0,67	1,22	0,00
7	*Asteraceae*	*Cyanus triumfettii* (All.) Dostál ex Á.Löve & D.Löve	0	0,33	0,74	0,00
8	*Asteraceae*	*Helichrysum armenium* DC. subsp. *araxinum* (Kirp.) Takht.	0	1,00	1,35	0,00
9	*Asteraceae*	*Inula helenium* L. subsp. *turcoracemosa* Grierson	-1	1,67	2,37	-0,02
10	*Asteraceae*	*Inula montbretiana* DC.	0	0,33	0,39	0,00
11	*Asteraceae*	*Leontodon crispus* Vill. subsp. *asper* (Waldst. & Kit.) Röhl var. *asper*	0	0,33	0,74	0,00
12	*Asteraceae*	*Pilosella cymosa* (L.) F.W.Schultz & Sch.Bip.	2	0,67	1,13	0,02
13	*Asteraceae*	*Pilosella hoppeana* (Schult.) F.W.Schultz & Sch.Bip. subsp. *troica* (Zahn) P.D.Sell & C.West	0	0,33	0,48	0,00
14	*Asteraceae*	*Pilosella piloselloides* (Vill.) Soják subsp. *magyarica* (Peter) S.Bräut. & Greuter	0	1,67	2,67	0,00
15	*Asteraceae*	*Tragopogon buphthalmoides* (DC.) Boiss.	1	0,67	1,22	0,01
16	*Asteraceae*	*Tripleurospermum caucasicum* (Willd.) Hayek	1	0,33	0,48	0,00
17	*Boraginaceae*	*Onosma caucasica* Levin	0	0,67	1,22	0,00
18	*Campanulaceae*	*Campanula glomerata* L. subsp. *hispida* (Witasek) Hayek	0	1,00	1,61	0,00
19	*Caprifoliaceae*	*Cephalaria aristata* K.Koch	5	0,66	1,13	0,06
20	*Caryophyllaceae*	**Dianthus carmelitarum* Reut. ex Boiss.	7	0,67	3,44	0,24
21	*Caryophyllaceae*	*Dianthus zonatus* (Boiss. & Heldr.) Reeve var. *zonatus*	2	0,33	0,39	0,01
22	*Caryophyllaceae*	*Silene italica* (L.) Pers.	1	0,67	0,87	0,01
23	*Convolvulaceae*	*Convolvulus arvensis* L.	2	0,67	1,22	0,02
24	*Euphorbiaceae*	*Euphorbia eriophora* Boiss.	-1	1,00	1,35	-0,01
25	*Hypericaceae*	*Hypericum apiculatum* (N.Robson) Sennikov	0	0,67	1,22	0,00
26	*Hypericaceae*	*Hypericum elongatum* Ledeb. ex Rchb. var. *elongatum*	-1	0,67	0,87	-0,01
27	*Lamiaceae*	*Salvia virgata* Jacq.	1	0,33	0,39	0,00
28	*Lamiaceae*	*Thymus pubescens* Boiss. & Kotschy ex Celak.	2	3,67	4,61	0,09
29	*Orobanchaceae*	*Rhinanthus angustifolius* C.C.Gmel. subsp. *grandiflorus* (Wallr.) D.A. Webb	-1	0,33	0,87	-0,01
30	*Plantaginaceae*	**Veronica gentianoides* Vahl subsp. *gentianoides* var. *alpina* A.Öztürk & M.A.Fisch.	1	0,67	1,13	0,01
31	*Polygonaceae*	*Rumex acetosella* L.	0	0,67	1,22	0,00
32	*Polygonaceae*	*Rumex angustifolius* Campd.	0	0,33	0,48	0,00
33	*Polygonaceae*	*Rumex crispus* L.	1	2,33	3,89	0,04
34	*Rosaceae*	*Alchemilla caucasica* Buser	2	0,33	0,48	0,01
35	*Rosaceae*	*Potentilla argentea* L.	1	1,33	1,90	0,02
36	*Rosaceae*	*Sibbaldia parviflora* Willd. var. *parviflora*	1	3,67	4,57	0,05
37	*Rubiaceae*	*Asperula arvensis* L.	0	1,00	1,61	0,00
38	*Rubiaceae*	*Cruciata articulata* (L.) Ehrend.	0	0,67	1,13	0,00
39	*Rubiaceae*	*Galium album* Mill. subsp. *prusense* (K.Koch) Ehrend. & Krendl	2	0,33	0,48	0,01
40	*Rubiaceae*	*Galium incanum* Sm. subsp. *elatius* (Boiss.) Ehrend.	1	1,00	1,61	0,02
41	*Scrophulariaceae*	**Verbascum armenum* Boiss. & Kotschy ex Boiss. var. *armenum*	0	1,67	2,67	0,00
		Toplam		**37,00**	**59,21**	**0,60**
		GENEL TOPLAM		**67,66**	**100,00**	**2,98**

TARTIŞMA VE SONUÇ

Türkiye'nin değişik yerlerinde botanik kompozisyon ve mera durumu ile ilgili yapılan çalışmalara bakıldığında; Fayetörbay, (2007) Erzurum Palandöken'de farklı rakımlara sahip mera alanlarında botanik kompozisyon ve mera durumunu incelemiştir. Çalışmada buğdaygiller familyası türlerinin mera alanında %56,28, baklagiller familyası türlerinin %10,47 ve diğer familyalara ait türlerin ise %33,31 oranında yer aldığı tespit edilmiştir. Mera alanının toprağı kaplama oranı %39 olarak ölçülmüş ve mera durumu "orta" olarak değerlendirilmiştir. Babalık ve Sarıkaya, (2015) Isparta'daki Zengi merasını inceledikleri çalışmalarında, mera alanının botanik kompozisyonunu belirlemişlerdir. Araştırmacılara göre, mera alanında buğdaygiller familyası %63,51, baklagiller familyası % 16,39 ve diğer familyalar ise %20,10 oranında temsil edilmektedir. Bu bulgular, Zengi merasının buğdaygiller familyası bakımından oldukça zengin bir mera olduğunu ve bu familyanın mera florasında önemli bir rol oynadığını göstermektedir. Bilgin ve Özalp, (2016) tarafından yapılan çalışmada, botanik kompozisyonun %46,19'u buğdaygillerden, %14,36'sı baklagillerden ve % 39,45'i ise diğer familyalardan oluştuğunu bildirmektedirler. Çaçan ve Başbağ, (2016) tarafından Bingöl'deki Yelesen-Dikme köylerinin meralarında yürütülen bir araştırmaya göre, mera alanının %68,19'u bitki örtüsü ile kaplıdır. Botanik kompozisyonda buğdaygiller %17,39, baklagiller %21,09 ve diğer familyalara ait bitkiler ise %61,52 oranında temsil edilmektedir. İspirli vd., (2016) tarafından yapılan çalışmaya göre Kastamonu ili, Taşköprü ilçesine bağlı 12 köyün doğal meralarında bitki örtüsü kaplı alan oranı ortalama %83,34 olarak belirlenmiştir. Meraların durumu ise 1 mera "iyi", 5 mera "orta" ve 6 mera "zayıf" olarak sınıflandırılmıştır. Uzun vd., (2016) tarafından Bartın ili merkez ilçesine bağlı 15 köyün meralarında yürütülen çalışmada, meraların bitkiyle kaplı alan oranlarının ortalama %93,57 olduğu belirlenmiştir. Araştırmada meraların durumu da değerlendirilmiş ve 1 meranın "Çok iyi", 1 meranın "İyi", 6 meranın "Orta" ve 7 meranın ise "Zayıf" kategoriye girdiği ifade edilmiştir. Babalık ve Ercan, (2018)'ın Karaören köyü (Eskişehir) merasındaki araştırmalarına göre, çalışma alanının bitki örtüsü %51,2 oranında iken, mera alanında buğdaygiller %44, baklagiller %23 ve diğer familyalar ise %33 oranında temsil edilmektedir. Sürmen ve Kara, (2018) Aydın ilinin farklı eğimlerdeki meralarda yürüttükleri çalışmada,

ağırlığa göre botanik kompozisyonu incelemişlerdir. Araştırmacılar, buğdaygillerin oranının %37,09, baklagillerin oranının %4,24 ve diğer familyaların oranının ise %58,67 olduğunu bulmuşlardır. Çınar vd., (2019), Tufanbeyli ilçesi (Adana) meralarında yürüttükleri çalışmada, bitki örtüsünün bileşimi ve mera kalitelerini incelemiştir. Araştırmacılar, buğdaygillerin ortalama oranının %36,9, baklagillerin ortalaması %22,0 ve diğer familyalara ait bitkilerin ortalaması ise %41,1 olduğunu tespit etmişlerdir. Bu bulgular ışığında, mera kalite derecelerinin 2,40-3,92 arasında değiştiği ve meraların genel durumunun "zayıf" kategorisine girdiği belirlenmiştir. Bu çalışmaların yanında mevcut araştırma alanına (Çayırözü mahallesi) daha yakın meralarda da botanik kompozisyon ve mera durumu tespitine yönelik çalışmalar yapılmıştır. Araştırma alanına yakın meralarda gerçekleştirilen 10 çalışma Tablo 2'de karşılaştırılmıştır.

Tablo 2'ye bakıldığında; Çatal vd., (2022) Bayburt ili Yoncalı köyü merasında, Çatal vd., (2023) Trabzon ili Kükürtlü mahallesi merasında, diğer 8 çalışma ise Rize ili meralarda gerçekleştirilmiş çalışmalardır. Çalışma alanı, toplam takson sayısı (59) bakımından karşılaştırılan 9 çalışmadan daha zengindir. Araştırma alanı, mera alanındaki bitki örtüsünün toprağı toplam kaplama oranı (%67,76) bakımından yalnızca Çatal vd., (2019) (%63,40) ve Çatal vd., (2022) (%67,50)'inin çalışmalarından daha iyi iken diğer 7 araştırmadan daha zayıf durumdadır. Çalışma alanı, mera kalite durumu üzerine en çok etki eden familyalar olan *Poaceae* ve *Fabaceae*'inin toplam taksonu (19) bakımından Çatal vd., (2022)'den sonra en zengin ikinci meradır. *Fabacaeae* familyası takson sayısı (9) bakımından karşılaştırılan diğer tüm çalışmalardan daha zengindir. *Poaceae* familyası ise takson sayısı (9) bakımından Çatal vd., (2022)'den sonra ikinci zengin familyadır. Araştırma alanı, *Poaceae* familyasına ait taksonların (7) botanik kompozisyondaki kaplama oranı bakımından (%14,70), Baykal vd., (2021) (%12,90), Bakoğlu vd., (2021a) (%13,07) ve Çatal vd., (2023) (%17,00)'dan sonra en fakir 4. araştırma alanıdır. Diğer kalite belirleyici familya olan *Fabaceae* familyasına ait taksonların (9) botanik kompozisyondaki kaplama oranı da tıpkı *Poaceae* taksonlarınkine benzer şekilde Bakoğlu vd., (2021a) (%28,11), Baykal vd., (2021) (%28,24) ve Çatal vd., (2022) (%0,12)'den sonra en zayıf 4. alandır. Mera kalite derecesi bakımından Bakoğlu ve Çatal, (2020)'den sonra en iyi mera kalite derecesine sahip olmasına rağmen mera durumu zayıftır.

Sonuç olarak, Çayırözü mahallesinde (İspir/Erzurum) yürütülen bu çalışmada, *Poaceae* familyasından 9, *Fabaceae* familyasından 9 ve diğer familyalardan 41 olmak üzere toplam 59 takson tespit edilmiştir. Diğer familyalarda tespit edilen takson sayıları *Apiaceae* (2), *Asteraceae* (14), *Boraginaceae* (1), *Campanulaceae* (1), *Caprifoliaceae* (1), *Caryophyllaceae* (3), *Convolvulaceae* (1), *Euphorbiaceae* (1), *Hypericaceae* (2), *Lamiaceae* (2), *Orobanchaceae* (1), *Plantaginaceae* (1), *Polygonaceae* (3), *Rosaceae* (3), *Rubiaceae* (4) ve *Scrophulariaceae* (1) şeklindedir. Alanın botanik kompozisyonuna göre *Poaceae*'den *Koeleria macrantha* (%5,39), *Fabaceae*'den *Astragalus angustiflorus* subsp. *angustiflorus* (%6,55) ve diğer familyalardan *Thymus pubescens* (%4,61) en yüksek botanik kompozisyona sahip türler olarak belirlenmiştir. Çalışma alanının toplam toprağı kaplama oranı % 67,66 olarak ölçülmüştür. Toprağı kaplama oranına göre *Poaceae*, *Fabaceae* ve diğer familyaların botanik kompozisyon oranları ise sırasıyla %21,33, %19,46 ve %59,21'dir. Mera kalite indeksi 2,98 ile meranın durumu "Zayıf" olarak belirlenmiştir.

KAYNAKLAR

Akdeniz, S. (2009). *Ayaş-Kazan-Yenikent arasında kalan bölgenin florası.* Yüksek Lisans Tezi, Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.

Anonim. (2008). *Türkiye'nin çayır ve mera bitkileri.* Tarım ve Köyişleri Bakanlığı Tarımsal Üretim ve Geliştirme Genel Müdürlüğü Yayınları, 468 s.

Babalık, A.A. & Ercan, A. (2018). Eskişehir ili Karaören köyü merasının vejetasyon özelliklerinin belirlenmesi. *Türkiye Ormancılık Dergisi,* ***19***(3), 246-251.

Babalık, A.A. & Sarıkaya, H. (2015). Isparta ili Zengi merasında ot verimi ve botanik kompozisyonun tespiti üzerine bir araştırma. *Türkiye Ormancılık Dergisi,* ***16***(2), 96-101.

Bakoğlu, A. (1999). *Otlatılan ve korunan iki farklı mera kesiminin bazı toprak ve bitki örtüsü özelliklerinin karşılaştırılması.* Doktora Tezi. Atatürk Üniv. Fen Bil. Ens. Erzurum, Türkiye, 128s.

Bakoğlu, A. & Çatal, M.İ. (2020). Elevit yaylasının (Rize-Çamlıhemşin) mera kalitesinin değerlendirilmesi. *Journal of Anatolian Environmental and Animal Sciences,* ***5***(3), 283-289. DOI: 10.35229/jaes.733401

Bakoğlu, A., Baykal, H. & Çatal, M.İ. (2019). Handüzü yaylasının botanik kompozisyonu üzerine bir çalışma. *Turkish Journal of Agriculture-Food Science and Technology,* ***7***(9), 1339-1343.

Bakoğlu, A., Baykal, H. & Çatal, M.İ. (2021a). Determination of Pasture Characteristics and Botanical Composition of Zorkal Plateau (İkizdere-RİZE). *Journal of Anatolian Environmental and Animal Sciences,* ***6***(1), 72-76. DOI: 10.35229/jaes.786349

Bakoğlu, A., Baykal, H. & Çatal, M.İ. (2021b). A research on the determination of the botanical composition of the high altitudes of anzer region (Ikizdere-RIZE). *International Journal of Scientific and Technological Research,* ***7***(10), 14-19.

Baykal, H., Bakoğlu, A. & Çatal, M.İ. (2021). Legiş yaylasının (İkizdere-RİZE) botanik kompozisyonunun belirlenmesi. *Eurasian Journal of Forest Science*, ***9***(2), 63-69.

Baykal, H., Çatal, M.İ. & Bakoğlu, A. (2020). Çamlıhemşin-Palovit yaylasının botanik kompozisyonu üzerine bir araştırma. *Turkish Journal of Forestry*, ***21***(2), 136-140.

Bilgin, F. & Özalp, M. (2016). Yükselti değişimlerinin orman üstü meraların vejetasyon yapısı ve toprak özellikleri üzerine etkilerinin irdelenmesi. *Artvin Çoruh Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi,* ***17***(2), 135-147.

Carlier, L., De Vliegher, D., Van Cleemput, O. & Boeckx, P. (2005). Importance and functions of European grasslands. *Communications in Agricultural and Applied Biological Sciences*, 70, 5-15.

Çaçan, E. & Başbağ, M. (2016). Bingöl ili merkez ilçesi Yelesen-Dikme köylerinin farklı yöney ve yükseltilerde yer alan mera kesimlerinde botanik kompozisyon ve ot veriminin değişimi. *Ege Üniv. Ziraat Fak. Derg.,* ***53***(1),1-9.

Çatal, M.İ., Bakoğlu, A. & Baykal, H. (2022). Bayburt ili Yoncalı köyü merasının mera durumunun belirlenmesi. *Eurasian Journal of Forest Science*, ***10***(3), 108-115.

Çatal, M.İ., Baykal, H. & Bakoğlu, A. (2019). Ovit yaylasının (İkizdere-RİZE) botanik kompozisyonunun belirlenmesi. *Journal of Anatolian Environmental and Animal Sciences*, ***4***(3), 435-440. DOI: 10.35229/jaes.600149

Çatal, M.İ., Baykal, H. & Bakoğlu, A. (2020). Determination of botanical composition of Çamlıhemşin-Trovit plateau. *Eurasian Journal of Forest Science*, ***8***(3), 181-189.

Çatal, M.İ., Baykal, H. & Bakoğlu, A. (2023). A Research on the Botanical Composition of Kükürtlü Neighborhood (Araklı/TRABZON). *Eurasian Journal of Forest Science*, ***11***(2), 92-99.

Çınar, S., Hatipoğlu, R., Avcı, M., Yücel, C. & İnal, İ. (2019). Adana ili Tufanbeyli ilçesi meralarının vejetasyon yapısı üzerine bir araştırma. *KSÜ Tar Doğa Derg* ***22***(1), 143-152, DOI: 10.18016/ksutarimdoga.vi.448421

Davis, P.H. (1965-1985). *Flora of Turkey and The East Aegean Islands*, Vol. 1-9, Edinburgh University Press, Edinburgh.

Davis, P.H., Mill, R.R. & Tan, K. (1988). *Flora of Turkey and The East Aegean Islands*, Vol. 10, Edinburgh University Press, Edinburgh.

De Vries, D.M., De Boer, T.A. & Dirver, J.P.P. (1951). Evalation of grassland by botanical research in the Netherlands. In Proc. *United National Sci. Conf. on the Conservation and Utilization of Resources,* ***6***, 522-524.

Erik, S., Güner, A., Yıldırımlı, Ş. & Sümbül, H. (1996). *Tohumlu bitkiler sistematiği laboratuvar kılavuzu*. Literature Yayınları, Ankara.

Erik, S. & Tarıkahya, B. (2004). Türkiye Florası üzerine, *Kebikeç*, ***17***, 139-163.

Euro Med Plant Base. (2020). http://ww2.bgbm.org/EuroPlusMed/query.asp/ [Accessed 16 September 2020].

Fayetörbay, D. (2007). *Palandöken Dağında Farklı Rakıma Sahip Mera Kesimlerinin Bitki Örtülerinin Karşılaştırılması.* Yüksek Lisans Tezi, Atatürk Üniv. Fen Bil. Ens. Tarla Bit. Anabilim Dalı Erzurum.

Gökkuş, A., Koç, A. & Çomaklı, B. (1993). *Çayır-mera uygulama kılavuzu.* A.Ü. Ziraat Fakültesi Yayınları No:142, A.Ü. Ziraat Fakültesi Ofset Tesisi, Erzurum.

Güner, A., Aslan, S., Ekim, T., Vural, M. & Babaç, M.T. (ed.). (2012). *Türkiye Bitkileri Listesi (Damarlı Bitkiler).* Nezahat Gökyiğit Botanik Bahçesi ve Flora Araştırmaları Derneği Yayını, İstanbul.

Güner, A., Özhatay, N., Ekim, T. & Başer, K.H.C. (2000). *Flora of Turkey.* Vol. 11. Edinburgh: University Press.

İspirli, K., Alay, F., Uzun, F. & Çankaya, N. (2016). Doğal meralardaki vejetasyon örtüsü ve yapısı üzerine otlatma ve topografyanın etkisi. *Türkiye Tarımsal Araştırmalar Dergisi,* ***3***(1), 14-22.

Sürmen, M. & Kara, E. (2018). Aydın ili ekolojik koşullarında farklı eğimlerdeki mera vejetasyonlarının verim ve kalite özellikleri. *Derim,* ***35***(1), 67-72, DOI: 10.16882/derim.2018.343428

Tosun, F. (1968). *Doğu Anadolu kıraç meralarının ıslahında uygulanabilecek teknik metodların tesbiti üzerine bir araştırma.* Zirai Araştırma Enstitüsü Araştırma Bülteni No: 29, Ankara.

Türk, M., Bayram, G., Budaklı, E. & Çelik, N. (2003). Sekonder mera vejetasyonunda farklı ölçüm metodlarının karşılaştırılması ve mera durumunun belirlenmesi. *U.Ü. Ziraat Fakültesi Dergisi, Bursa,* ***17***(1), 65-77.

Uzun, F., Alay, F. & İspirli, K. (2016). Bartın ili meralarının bazı özellikleri. *Türkiye Tarımsal Araştırmalar Dergisi,* ***3***(2), 174-183.

Yavuz, T. & Sürmen, M. (2016). Vegetation features of alpine and subalpine rangelands in Eastern Black Sea region. *Scientific Papers Series A Agronomy,* ***54***, 474-477.

Journal of Anatolian Environmental and Animal Sciences
(*Anadolu Çevre ve Hayvancılık Bilimleri Dergisi*)
DOI: https://doi.org/10.35229/jaes.1558892

JAES
Year: 9, No: 4, 2024 (703-710)
AÇEH
Yıl: 9, Sayı: 4, 2024 (703-710)

ARAŞTIRMA MAKALESİ RESEARCH PAPER

The Association of Diesel Vehicle Emissions And Diesel Passenger Car Preferences with Cancer and Chronic Respiratory Airway Disease Deaths in Türkiye: An Ecological Study

Ömür GÜNGÖR[1]* Özge ÖZATA GÜNGÖR[2]

[1]*Health Sciences University, Adana City Training and Research Hospital, Department of Pulmonary Diseases, Division of Occupational Diseases Yüreğir, Adana. Türkiye*

[2]*Gazi Mustafa Kemal Occupational and Environmental Diseases Hospital, Department of Ear Nose Throat Diseases, Yenimahalle,Ankara, Türkiye*

Received: *01.10.2024* ***Accepted:*** *09.12.2024* ***Published:*** *31.12.2024*

How to cite: **Güngör, Ö. & Özata Güngör, Ö. (2024).** The Association of Diesel Vehicle Emissions And Diesel Passenger Car Preferences with Cancer and Chronic Respiratory Airway Disease Deaths in Türkiye: An Ecological Study. *J. Anatolian Env. and Anim. Sciences*, ***9***(4), 703-710. https://doi.org/10.35229/jaes.1558892

Atıf yapmak için: **Güngör, Ö. & Özata Güngör, Ö. (2024).** Türkiye'de Dizel Araç Emisyonları ve Dizel Binek Araç Tercihlerinin Kanser ve Kronik Solunum Yolu Hastalığı Ölümleriyle İlişkisi: Ekolojik Bir Çalışma. *Anadolu Çev. ve Hay. Dergisi*, ***9***(4), 703-710. https://doi.org/10.35229/jaes.1558892

*: https://orcid.org/0000-0002-6524-8088
: https://orcid.org/0000-0002-7315-7741

***Corresponding author's:**
Ömür GÜNGÖR
Health Sciences University, Adana City Training and Research Hospital, Department of Pulmonary Diseases, Division of Occupational Diseases, Yüreğir, Adana. Türkiye
✉: omurgungor70@hotmail.com

Abstract: The first aim of this study was to investigate the relationship of increased emissions from diesel vehicles with the ratios of chronic respiratory disease and cancer deaths. Secondly, this study aims to investigate the types of cancer deaths associated with the increase in diesel passenger cars. The fuel types and engine types of cars in traffic since 2004 were obtained from national statistics data (TurkStat) and Automotive Distributors and Mobility Association data. Chronic respiratory disease and cancer death rates were calculated using the TurkStat data. Time-lag correlation analysis was examined to evaluate the relationship between the increase in the number of diesel vehicles and deaths from diseases (5-year lag). The increase in diesel vehicles correlated with deaths from colon (r: 0.81), pancreas (r: 0.83), rectum (r: 0.79), bladder (r: 0.83), and skin (r: 0.59) cancers in males. For females, there was a correlation between the increase in diesel vehicles and deaths from lung and larynx (r: 0.73), colon (r: 0.66), pancreas (r: 0.85), bladder (r: 0.66), breast (r: 0.85), uterus (r: 0.91), and ovarian (r: 0.81) cancers. The increase in diesel car preference was associated with deaths from lung and larynx (r: 0.57), colon (r: 0.59), and bladder (r: 0.63) cancers in females. The outcomes underscore the potential public health impact of diesel vehicle emissions and the need for regulatory policies to mitigate these harmful effects. Promoting cleaner alternatives can be a supportive step in the fight against cancer.

Keywords: Air pollution, cancer, diesel exposure, environment.

Türkiye'de Dizel Araç Emisyonları ve Dizel Binek Araç Tercihlerinin Kanser ve Kronik Solunum Yolu Hastalığı Ölümleriyle İlişkisi: Ekolojik Bir Çalışma

***Sorumlu yazar:**
Ömür GÜNGÖR
Sağlık Bilimleri Üniversitesi, Adana Şehir Eğitim ve Araştırma Hastanesi, Göğüs Hastalıkları Anabilim Dalı, Meslek Hastalıkları Bölümü, Yüreğir, Adana. Türkiye
✉: omurgungor70@hotmail.com

Öz: Ulaştırma sektöründeki artan taleplere yanıt olarak dizel araçların kullanımı son 20 yılda hızla artmıştır. Dizel motorlar çeşitli avantajları nedeniyle binek otomobiller için popüler bir tercih haline gelmiştir. Bu çalışmanın ilk amacı dizel araçlardan kaynaklanan artan emisyonların kronik solunum yolu hastalığı ve kanser ölüm hızlarıyla ilişkisini araştırmaktır. İkinci olarak, bu çalışma dizel binek otomobillerdeki artışla ilişkili kanser ölüm türlerini araştırmayı amaçlamaktadır. Trafikteki araçların yakıt türleri ve motor türleri 2004 yılını kapsayacak şekilde Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK) verilerinden ve Otomotiv Distribütörleri ve Mobilite Derneği verilerinden elde edilmiştir. Kronik solunum yolu hastalığı ve kanser ölüm oranları TÜİK verileri kullanılarak hesaplanmıştır. Dizel araç sayısındaki artış ile hastalıklardan kaynaklanan ölümler arasındaki ilişkiyi değerlendirmek için time-lag korelasyon analizi yapılmıştır. Time-lag semi-partial korelasyon testi kullanılarak dizel araç tercihiyle ilişkili kanser türlerinden kaynaklanan ölümler analiz edilmiştir. Dizel araçlardaki artış erkeklerde kolon (r: 0.81), pankreas (r: 0.83), rektum (r: 0.79), mesane (r: 0.83) ve cilt (r: 0.59) kanserlerinden kaynaklanan ölümlerle ilişkiliydi. Kadınlarda dizel araçlardaki artış ile akciğer ve gırtlak (r: 0.73), kolon (r: 0.66), pankreas (r: 0.85), mesane (r: 0.66), meme (r: 0.85), uterus (r: 0.91) ve yumurtalık (r: 0.81) kanserlerinden kaynaklanan ölümler arasında bir ilişki vardı. Dizel araç tercihindeki artış kadınlarda akciğer ve gırtlak (r: 0.57), kolon (r: 0.59) ve mesane (r: 0.63) kanserlerinden kaynaklanan ölümlerle ilişkiliydi. Sonuçlar, dizel araç emisyonlarının potansiyel halk sağlığı etkisini ve bu zararlı etkileri azaltmak için düzenleyici politikalara olan ihtiyacı vurgulamaktadır. Daha temiz alternatifleri teşvik etmek, kansere karşı mücadelede destekleyici bir adım olabilir.

Anahtar kelimeler: Çevre, dizel maruziyeti, hava kirliliği, kanser.

INTRODUCTION

Diesel vehicles are widely used due to their energy efficiency, durability, and low running costs (Drizik et al., 2020). In the last two decades, significant technological advances have been made to diesel engines used in automobiles. For this reason, diesel cars have become popular given that they are more advantageous

than gasoline cars, especially in terms of fuel economy. Although economical, diesel engine exhaust is a source that has significant effects on air pollution (Karthikeyan et al., 2024). Diesel exhaust causes global warming and climate change by releasing greenhouse gases that are harmful to ecosystems, such as hydrocarbons, nitrogen oxides, sulfur dioxide, and particulate matter (Candela et al., 2024; Li et al., 2023). Nitrogen oxide reduces air quality and has adverse effects on the respiratory tract. Additionally, nitrogen oxide emissions contribute to ozone formation (Pirhardi et al., 2024). The sulfur content in diesel fuel causes sulfur dioxide emissions that contributes to acid rain and damages the respiratory system (saini et al., 2024). Particulate matter in diesel exhaust, especially fine particles, cause respiratory tract irritation and reduced respiratory capacity (Font et al., 2024; Sabanov et al., 2024). Particularly, polycyclic aromatic hydrocarbons from diesel exhaust have been implicated in cancer cases (Li et al., 2024; Tian et al., 2024). Diesel emissions have been designated as a group 1 carcinogen by the International Agency for Research on Cancer (IARC), according to data regarding lung cancer (IARC, 2011). Although the type of cancer most researched in relation to diesel exhaust exposure is lung cancer, existing research studies have shown associations and risk to many organ cancers, such as bladder, pancreatic, and colon cancers (Koutros et al., 2020; Fang et al., 2011; Sassano et al., 2024). Almost all studies on diesel exhaust exposure and its relationship with cancer have investigated occupational effects and have been conducted on the working population (Koutros et al., 2023). Despite posing significant health risks for workers, diesel exhaust fumes from traffic represent a major public health concern for the entire society due to their contribution to air pollution. The aim of this study was to examine the effect of increased diesel engine emissions from road transportation on deaths from chronic respiratory airway disease and cancer. Furthermore, we aimed to determine the types of cancers correlated with the increasing adoption of cars with diesel engines within the last 20 years.

MATERIAL AND METHOD

Study design and population: This ecological study examined the effect of increased diesel emissions from road transportation on public health in Türkiye. The total number of road vehicles in traffic since 2004, including heavy-duty diesel vehicles, motorcycles, special-purpose vehicles, and road machinery was obtained from the Turkish Statistical Institute (TurkStat) website (TurkStat, 2023a). The number of automobiles and light commercial vehicles and the distribution of cars registered as traffic according to fuel type were obtained using Automotive Distributors and Mobility Association data (ODMD, 2024). The outcome variables were mortality rates, obtained from the TurkStat website (TurkStat, 2022). The death rate was calculated by dividing the number of people who died from a type of cancer or respiratory airway disease by the population in the same year, separately for males and females per 100,000 people. Our study encompassed the entire society, without making any distinctions between age groups and examined the all-country data without any geographical limitations, such as a city or region. The first impact variable that may affect deaths was all diesel vehicles among the road transportation vehicles. The relationship between the proportion of the total number of diesel vehicles among all road transportation vehicles and death rates was examined. Because the effects of traffic-related air pollution on chronic diseases and cancers might appear after an extended period, the calculations were calculated with a 5-year shift. Since the majority of studies on diesel exposure use a 5-year period, the same time lag was used in our study (Möhner et al., 2017). There is no legal recommendation regarding diesel vehicle sales in Türkiye and diesel automobile sales continue. With the development of diesel engine technology, diesel car sales have increased significantly in Türkiye since 2004 (figure 1). The second impact variable was the proportion of diesel cars in the emission pool of road transport. Vehicles with diesel-engines are an option for people in the consumer automobile market. However, for heavy-duty vehicles, there is no current alternative and diesel-fueled engines are used due to their energy efficiency (Lloyd & Cackette, 2001). Assuming that diesel cars are an option while non-automobile diesel vehicles are a necessity, we examined the effect of diesel cars on death rates by controlling the effect of non-car diesel road transportation vehicles. We attempted to examine the relationship between death rates and the increasing number of diesel cars using a statistical method because the two independent variables had the same effect. As the data analyzed in this study were downloaded from open public websites, ethical approval and informed consent were not required. The research did not involve human cases.

Statistical analysis: In this study, the Jamovi Project Program (computer software, version 2.3.2022) was used for all analyses. The mortality rates were the dependent variable of the study and were calculated using the program. In model 1, the independent variable was the ratio of all diesel vehicles on road transportation. The total percentage of diesel vehicles in the emission pool was calculated by dividing the total number of diesel vehicles by the total number of road transportation vehicles within that year. The relationship between diesel vehicles and death rates was examined using the time-lag correlation

test (lag of 5 years). In Model 2, the independent variable is the proportion of passenger cars among all road vehicles. For model 2, the non-automobile diesel vehicle ratio was used as a control variable. With model 2, the cancer types that were associated with the proportion of diesel vehicles in model 1 were examined, and the effect of non-automobile diesel vehicles was removed from the dependent variable using the time-lag semi-partial correlation (in Jamovi, R package) test (Kim, 2015). A p-value of <0.05 was considered statistically significant, and the results were evaluated with a 95% confidence interval.

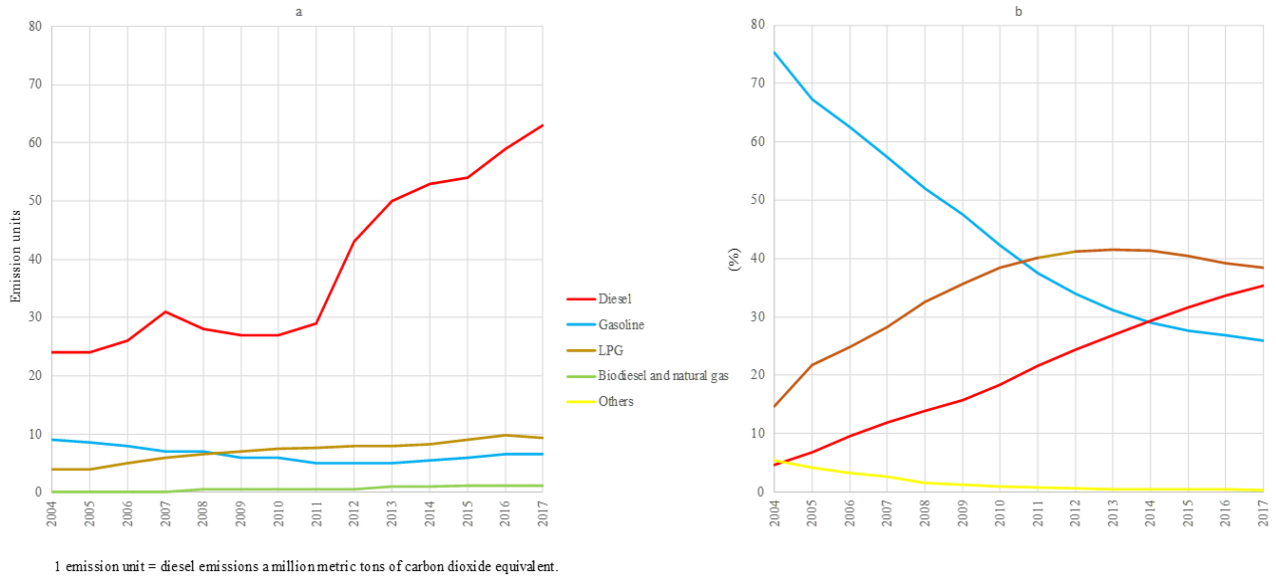


Figure 1. (a) Emission values of diesel vehicles in road transport, (b) diesel car rates among all cars by year.

RESULTS

According to the obtained data, the emission values of the total diesel vehicles in road transport showed a significant increase (TurkStat, 2023b). Concurrently, there was a notable rise in the preference for diesel cars (figure 1). In males (Table 1), the increase in the rate of diesel vehicles in traffic was mostly associated with deaths from pancreas and bladder cancers (r: 0.83, p<0.05). Also, a positive correlation was observed between death rates from colon and rectal cancers (r: 0.81 and r: 0.79, respectively; p<0.05). Skin cancer death rates were moderately related (r: 0.59, p<0.05). In females, death rates from uterine cancers were highly associated with an increase in diesel emissions (r: 0.91, p<0.05). Among females (Table 2), breast and ovarian cancers were also strongly positively correlated (r: 0.85 and r: 0.81, respectively; p<0.05). The association of pancreatic deaths was similar in males (r: 0.85, p<0.05). The increasing rate of diesel vehicles in traffic was associated with a moderate increase in deaths from colon and bladder tumors in females (r: 0.66, p<0.05). Unlike males, death rates from lung and larynx cancers in females were also correlated (r: 0.73, p<0.05). The relationship between the increased rate of diesel vehicles and rectal and anal cancers in males was not observed in females (r: 0.12, p>0.05). No correlation was observed between the increase in diesel vehicles and deaths from chronic respiratory tract diseases in both males and females (r: 0.23 and r: 0.35, respectively; p>0.05). Using model 2, the effect of non-car diesel vehicles was removed from the variables found to be significant in model 1 (Table 3). We observed that the increase in diesel passenger car preferences has no relationship with the types of cancer in males. It was associated with colon, bladder, and lung and larynx cancers in females (r: 0.59, r: 0.63, and r: 0.57, respectively).

Table 1. The relationship between the increasing use of diesel vehicles in road transportation and death rates in males.

	Model 1		
Region of malignant neoplasm	r	(95% CI)	p-value
All malignant neoplasms	0.24	(–0.34–0.68)	0.41
Lip, oral cavity, and pharynx	0.13	(–0.43–0.62)	0.66
Lung and larynx	0.07	(–0.48–0.58)	0.82
Esophagus	–0.09	(–0.59–0.47)	0.77
Stomach	–0.06	(–0.57–0.49)	0.84
Colon	0.81	(0.50–0.94)	0.001*
Liver and intrahepatic biliary ductus	0.08	(–0.47–0.58)	0.80
Pancreas	0.83	(0.52–0.94)	0.001*
Rectum and anus	0.79	(0.45–0.93)	0.001*
Kidney	0.19	(–0.38–0.66)	0.51
Bladder	0.83	(0.54–0.95)	0.001*
Lymphatic/haematopoietic tissue	0.03	(–0.51–0.55)	0.91
Skin	0.59	(0.08–0.85)	0.03*
Prostate	0.13	(–0.43–0.62)	0.66
Chronic respiratory airway diseases	0.23	(–0.34–0.68)	0.42

*p-value <0.05 is significant.
r: correlation coefficient.
Model 1: time-lag correlation test (lower-upper).
Chronic respiratory airway diseases: asthma, chronic obstructive pulmonary disease, and bronchiectasis.

Table 2. The relationship between the increasing use of diesel vehicles in road transportation and death rates in females.

Model 1			
Region of malignant neoplasm	r	(95% CI)	p-value
All malignant neoplasms	0.53	(0.83–0.00)	0.05
Lip, oral cavity, and pharynx	0.13	(–0.43–0.62)	0.65
Lung and larynx	0.73	(0.33–0.91)	0.003*
Esophagus	–0.22	(–0.67–0.35)	0.44
Stomach	–0.38	(–0.76–0.19)	0.19
Colon	0.66	(0.21–0.88)	0.01*
Liver and intrahepatic biliary ductus	0.09	(–0.46–0.59)	0.76
Pancreas	0.85	(0.58–0.95)	0.001*
Rectum and anus	0.12	(–0.44–0.61)	0.69
Kidney	–0.31	(–0.72–0.26)	0.28
Bladder	0.66	(–0.20–0.88)	0.01*
Lymphatic/haematopoietic tissue	0.01	(–0.52–0.54)	0.97
Skin	0.39	(–0.17–0.77)	0.16
Breast	0.85	(0.57–0.95)	0.001*
Uterus	0.91	(0.74–0.97)	0.001*
Ovarian cancer	0.81	(0.48–0.94)	0.001*
Cervix	0.10	(–0.45–0.60)	0.73
Chronic respiratory airway diseases	0.35	(–0.22–0.74)	0.22

***p-value <0.05 is significant.**
r: correlation coefficient.
Model 1: time-lag correlation test (lower-upper)
Chronic respiratory airway diseases: asthma, chronic obstructive pulmonary disease, and bronchiectasis.

Table 3. The relationship between the increase in diesel passenger car preferences in road transportation and cancer deaths.

Model 2		
Region of malignant neoplasm	r	p-value
Males		
Pancreas	0.49	0.09
Colon	0.49	0.09
Rectum and anus	0.17	0.58
Bladder	0.43	0.15
Skin	0.30	0.31
Females		
Lung and larynx	**0.57**	**0.04***
Pancreas	0.48	0.10
Colon	**0.59**	**0.03***
Bladder	**0.63**	**0.02***
Breast	0.34	0.25
Uterus	0.41	0.17
Ovarian cancer	0.39	0.19

***p-value <0.05 is significant.**
r: correlation coefficient.
Model 2: values found to be significant in model 1 were controlled for non-automobile diesel vehicles using the semi-partial correlation test (note, variation from the control variables is only removed from the variables in the first columns)

DISCUSSION

The transportation industry is the largest source of greenhouse gas emissions (Andrés & Padilla, 2018). Road transportation accounts for 95% of transportation sector emissions (Seo, 2016). Numerous nations and areas are concentrating their efforts on lowering exhaust emissions and transitioning to more ecologically friendly modes of transportation. Solutions such as better exhaust control systems, alternative energy sources, and vehicles with reduced emissions are part of these initiatives. In our study, there was a correlation between the rise in new diesel car purchases and female deaths from lung, larynx, bladder, and colon cancers. Although maintenance costs and prices are high, those who want to buy a new car prefer diesel engine automobiles due to lower fuel consumption costs per kilometer. However, due to increased concerns about diesel engines causing environmental pollution and the harmful effects of diesel degradation product gases on human health, the United Kingdom government has planned to ban diesel vehicles by 2040, and car emissions in Europe are planned to be zero by 2035 (Shammut et al., 2019; European Commission, 2024a). There has been an increase in diesel passenger car emissions in European Union (EU) member countries after 2010, with the addition of changes in transportation fuel taxation (Ptak et al., 2024). Within the EU, passenger automobiles account for around 16% and light commercial vehicles for 3% of total emissions of carbon dioxide (CO_2), which is the primary greenhouse gas responsible for climate change (European Commission, 2024a). More than 25% of road transport-related greenhouse gas emissions and more than 6% of all greenhouse gas emissions are caused by heavy-duty vehicles in the EU. These emissions are still rising despite recent improvements in fuel efficiency, mostly due to an increase in road freight traffic (European Commission, 2024b).

The lungs are the most affected organ by air pollution, and many airborne chemicals spread throughout the body via the respiratory system. Consequently, most studies on emissions exposure have focused on lung cancer. The relationship between diesel emission exposure and lung cancer is supported by evidence from research on workers in highly exposed industries, such as mining and trucking (Romero et al., 2024). A cohort study evaluating eight non-metallic mining operations in the USA of which 96% of the participants were male found that standardized mortality rates for lung cancer were elevated compared with state-based mortality rates (1.26, 95% CI 1.09–1.44) due to diesel gas exposure. Although exposure was associated with an increased risk of death from esophageal cancer (1.83, 95% CI 1.16–2.75), it was not associated with an increased risk of death from bladder cancer (Attfield et al., 2012). The results of our study show that while the increase in diesel emissions is associated with lung cancer and laryngeal cancer deaths in females, there was no association in males. Although there are studies supporting the relationship between diesel exposure and lung cancer in males, there are also studies indicating no relationship that supports our findings (Richiardi et al., 2006; Boffetta et al., 1990; Soll-Johanning et al., 2003). Richiardi et al. 2006, found that the odds ratio (OR) for any exposure to diesel exhaust was 1.04 (95% CI 0.79–1.37) in a case-control study covering a sizable population in Italy. There was no correlation found between exposure duration, likelihood, or intensity. Boffeta et al. (1990), found the crude OR to be 1.31 (95% CI 1.09–1.57) in their population study of employees with possible exposure, but this value decreased to 0.95 (95% CI 0.78–1.16) when correcting for smoking and other confounding factors. A Danish study showed that the risk of lung cancer decreased with exposure (0.97 per year added, 95% CI 0.96–0.99). Also, no relationship was found between diesel exposure and bladder cancer (Soll-Johanning et al., 2003). However, due

to insufficient evidence of a dose-response relationship in such studies, there is still controversy regarding the IARC's decision to link diesel exposure with lung cancer (Romero et al., 2024; Möhner et al., 2017). Our research uses an ecological methodology to investigate environmental exposure. We think that the cumulative dose is higher for individuals exposed to diesel exhaust in their workplace environments. Considering that the majority of workers working in work environments exposed to diesel fumes are male, most of the existing studies have focused predominantly on male workers (Romero et al., 2024; Möhner et al., 2017). Biological responses to environmental toxicants can differ between males and females. Females' hormonal cycles and fat tissue ratios can affect the way some toxic substances accumulate and are metabolized in the body. Females generally have a lower bodyweight than males, which could mean a higher dose for females when exposed to the same amount of toxic substances (Vahter & Gochfeld, 2007). Furthermore, many of these studies compare exposed individuals to unexposed populations. In contrast to these approaches, our study uses a regression model to analyze the data. At the same time, our dataset includes the larynx in addition to the lungs among the anatomical regions considered for exposure assessment. In a hospital-based case-control study conducted by Muscat et al. (1995), the relationship between laryngeal cancer and exposure to diesel emissions was investigated among male patients. The OR for laryngeal cancer associated with diesel exposed occupations, compared with a control group, was 0.96 (95% CI 0.5–1.8). The findings indicated no significant association between occupational exposure to diesel fumes and the risk of developing laryngeal cancer.

There is limited evidence that diesel exhaust exposure is associated with bladder cancer. In our study, deaths from bladder tumors were associated with an increase in diesel exposure in both males and females (in model 1). In a study conducted in America and Spain, a significant relationship was found between diesel exhaust exposure and bladder cancer when all registered subtypes were evaluated according to stage and records (Koutros et al., 2020). Petersen et al. (2010), found that in the study of male bus drivers, although the significance was disrupted when adjusted for smoking, the standardized incidence rates of cancer increased the risks of bladder cancer (OR 1.6, 95% CI 1.2–2.0) and lung cancer (OR 1.2, 95% CI 1.0–1.4) compared with unexposed men. In our study, we observed a correlation between the increase in the number of diesel vehicles and deaths from colon cancer in both males and females. It is possible that the increase in diesel car preference might have affected the number of colon cancer deaths in females by increasing the cumulative amount of diesel emissions in circulation. The risk of colon cancer has been observed in various occupations and industrial sectors where there is exposure to diesel engine emissions (Fang et al., 2011). A study conducted in Scandinavian countries concluded that diesel exposure was associated with a small increase in the risk of rectal cancer (OR 1.05, 95% CI 1.02–1.08) (Talibov et al., 2019). A recent meta-analysis showed that exposure to diesel exhaust fumes might increase the risk of pancreatic cancer (OR 1.11, 95% CI 1.02–1.22). In liver cancer, although it suggests a positive association for the pooled estimates, it did not reach significance (OR 1.41, 95% CI 1.09–1.82). In particular, no significance was observed in studies published after 2000. As such, the results of the study supported our outcomes (Sassano et al., 2024). Our findings indicate a correlation between the rise in the number of diesel vehicles and deaths from breast, ovarian, and uterine tumors. We hypothesize that the estrogenic effects of polycyclic aromatic hydrocarbons contained in diesel exhaust could contribute to the development of these tumor types (Zhang et al., 2017). Contrary to our study, Pedersen et al. did not observe any significant association between exposure to diesel exhaust and breast cancer. In addition, exposure to diesel exhaust was found to moderately increase the risk of estrogen-negative tumors in individuals under the age of 50 years (OR: 1.26, 95% CI 1.09–1.46) (Pedersen et al., 2012). In another study, Pedersen et al. (2023), reported an increased risk of breast cancer in daughters of women occupationally exposed to certain agents, such as diesel exhaust, benzopyrene, and bitumen fumes. Regarding maternal exposures, the study observed an association between perinatal exposure to diesel exhaust and breast cancer in girls (OR 1.13, 95% CI 1.01–1.27). Guo et al. (2004), suggested a significant exposure–response relationship between diesel exhaust exposure and ovarian cancer. However, they observed no effect of this exposure on other types of cancer. In our study, we identified a moderate association between diesel exposure and skin cancer, exclusively in males; however, studies in the literature have not found any evidence of a relationship between skin cancer and occupational diesel exposure (D'Agostini et al., 2024).

In our results, dieselization was not correlated with deaths from chronic respiratory diseases. A recent cohort study of mine workers examining the association between deaths from chronic obstructive pulmonary disease (COPD) and diesel exposure assessed the risk under an intervention that removed elemental carbon and respirable dust. The results show a negative association between cumulative exposures and COPD mortality (OR 0.85, 95% CI 0.55–1.06 and OR 0.93, 95% CI 0.56–1.31) (Neophytou et al., 2024). Chronic air pollutants, such as traffic emissions, have progressive effects on airway diseases, and diesel exhaust gas causes respiratory

symptoms (Aghapou et al., 2022; Peyre-Costa et al., 2024). McCreanor et al. (2007), showed that exposure to real-life roadside diesel traffic in people with asthma led to a significant but largely asymptomatic decrease in lung function. The reason for the lack of a significant relationship in our study might be that additional diseases and co-morbidities frequently accompany respiratory diseases. Additional diseases, such as infectious diseases, and co-morbidities, such as cardiovascular diseases, might have been entered in the records as the main cause of death.

A strength of our study is that it examines 20 years of records of the entire country's population. In environmental analyses, the level of exposure was significantly lower compared with occupational exposures. However, unlike the working population, which is exposed only during work hours, there is continuous exposure in the general population. There was no healthy worker effect and no exposure to additional occupational carcinogens. Unlike studies examining a defined workplace, this is an ecological study focusing on environmental interactions. Although there are many studies on males exposed to diesel emissions, sufficient research has not been conducted on the female population. One of the limitations of our study is that the number of vehicles is known, but the distance traveled by these vehicles is not accounted for. Considering that diesel vehicles have low costs per kilometer, it is possible that they would be used for long distance journeys. Due to technological changes, the release of some harmful substances could have been prevented and emission values might have decreased. Although our study focuses on diesel vehicles in road transport, it is important to note that there are other sources of air pollution. Emissions from the aviation, railway, and maritime transportation sectors causes air pollution. However, it has negligible proportions compared to land transportation. The second limitation of our study is that confounding factors, primarily industrial air pollution and cigarette smoke, were not adequately addressed. Industrial pollution is a public health problem that varies regionally and has a wide variety of ingredients. Our study is registry-based and limited to the data that can be obtained. For this reason, regional analysis and detailed examination of age groups could not be conducted. The effect of smoking could not be eliminated due to reasons such as the lack of population-level smoking data and the unusability of lagged smoking prevalence in the analysis even if data were available. This was the most important limitation of the study. However, it may only affect the types of cancer associated with smoking. In conclusion, the damage caused by diesel exhaust gas to the environment and, therefore, to public health cannot be ignored. Many studies have focused on workers' health and exposure. The cumulative increase in exhaust gases can affect the entire society. To counter this problem, restrictions on diesel vehicles should be increased and accelerated. Future research should continue to explore the environmental associations and the mechanisms by which diesel emissions affect health outcomes.

ACKNOWLEDGEMENTS

We thank all vehicle manufacturers who contribute to technologies that reduce the environmental impact of vehicles and environmentally friendly technologies to move towards a zero-emission future.

Funding: No funding was used for this study.

Availability of data: The datasets used and/or analysed during the current study a vailable from the corresponding author on reasonable request.

Declarations Ethics approval and consent to participate: As the data analyzed in this study were downloaded from open public websites, ethical approval and informed consent were not required. The research did not involve human cases.

Consent for publication: Not applicable.

Competing interests: The authors declare no competing interests.

REFERENCES

Aghapour, M., Ubags, N.D., Bruder, D., Hiemstra, P.S., Sidhaye, V. & Rezaee, F. (2022). Role of air pollutants in airway epithelial barrier dysfunction in asthma and COPD. *Eur Respir Rev*, ***23*,** (163), 210112. PMID: 35321933, PMCID: PMC9128841. DOI: 10.1183/16000617.0112-2021

Andrés, L. & Padilla, E. (2018). Driving factors of GHG emissions in the EU transport activity. *Transp Policy*, ***61***, 60-74.

Attfield, M.D., Schleiff, P.L., Lubin, J.H., Blair, A., Stewart, P.A. & Vermeulen, R. (2012). The diesel exhaust in miners study: a cohort mortality study with emphasis on lung cancer. *Journal of the National Cancer Institute*, ***104***(11), 869-883. DOI: 10.1093/jnci/djs035

Boffetta, P., Harris, R.E. & Wynder, E.L. (1990). Case-control study on occupational exposure to diesel exhaust and lung cancer risk. *American Journal Of Industrial Medicine*, ***17***(5), 577-591. DOI: 10.1002/ajim.4700170504

Candela, A., Sandrini, G., Gadola, M., Chindamo, D. & Magri, P. (2024). Lightweighting in the automotive industry as a measure for energy efficiency: Review of the main materials and methods. *Heliyon*, ***10***(8), DOI: 10.1016/j.heliyon.2024.e29728

D'Agostini, M., Collatuzzo, G., Teglia, F. & Boffetta, P. (2024). Risk of skin cancer in workers exposed to diesel exhaust: a systematic review and meta-analysis of cohort studies. *La Med del Lav*, ***115***(2), DOI: 10.23749/mdl.v1

Drizik, E., Corbett, S., Zheng, Y., Vermeulen, R., Dai, Y. & Hu, W. (2020). Transcriptomic changes in the nasal epithelium associated with diesel engine exhaust exposure. *Environ Int*, ***137***, 105506; DOI: 10.1016/j.envint.2020.105506

European Commission. (2024a). CO_2 emission performance standards for cars and vans. Available: https://climate.ec.europa.eu/eu-action/transport/road-transport-reducing-co2-emissions-vehicles/co2-emission-performance-standards-cars-and-vans_en [Accessed 14 June 2024].

European Commission. (2024b). Reducing CO_2 emissions from heavy-duty vehicles. Available: https://climate.ec.europa.eu/eu-action/transport/road-transport-reducing-co2-emissions-vehicles/reducing-co2-emissions-heavy-duty-vehicles_en [Accessed 14 June 2024].

Fang, R., Le, N. & Band, P. (2011). Identification of occupational cancer risks in British Columbia, Canada: A population-based case–control study of 1,155 cases of colon cancer. *Int J Environ Res Public Health*, ***8***, 3821–3843. DOI: 10.3390/ijerp

Font, A., Hedges, M. & Han, Y. (2024). Air quality on UK diesel and hybrid trains. *Environ Int*, ***187***, 108682. DOI: 10.1016/j.envint.2024.108682

Guo, J., Kauppinen, T., Kyyrönen, P., Heikkilä, P., Lindbohm, M.,L. & Pukkala, E. (2004). Risk of esophageal, ovarian, testicular, kidney and bladder cancers and leukemia among finnish workers exposed to diesel or gasoline engine exhaust. *Int J Cancer*, ***20,*** 111(2), 286-92, PMID: 15197784. DOI: 10.1002/ijc.20263

IARC. (International Agency for Research on Cancer); working group on the evaluation of carcinogenic risks to humans (2014). Diesel and gasoline engine exhausts and some nitroarenes. *IARC Monogr Eval Carcinog Risks Hum*, ***105,*** 9-699.

Karthikeyan, S., Breznan, D., Thomson, E.M., Blais, E., Vincent, R. & Kumarathasan, P. (2024). Concordance between in vitro and in vivo relative toxic potencies of diesel exhaust particles from different biodiesel blends. *Toxics*, ***12,*** 290. DOI: 10.3390/toxics12040290

Kim, S. (2015). Package 'ppcor'. *Commun Stat Appl Methods*, ***22***(6), 665-674.

Koutros, S., Kogevinas, M., Friesen, M.C., Stewart, P.A., Baris, D., Karagas, M. R. & Silverman, D. T. (2020). Diesel exhaust and bladder cancer risk by pathologic stage and grade subtypes. *Environ Int*, ***135***, 105346. DOI: 10.1016/j.envint.2019.105346

Koutros, S., Graubard, B., Bassig, B.A., Vermeulen, R., Appel, N., Hyer, M. & Silverman, D.T. (2023). Diesel exhaust exposure and cause-specific mortality in the Diesel Exhaust in Miners Study II (DEMS II) cohort. *Environ Health Perspect*, ***131***(8), 87003. DOI: 10.1289/EHP12840

Li, T., Yang, H.L., Xu, L.T., Zhou, Y.T., Min, Y.J. & Yan, S.C. (2023). Comprehensive treatment strategy for diesel truck exhaust. *Environ. Sci. Pollut. Res. Int.*, ***30***(19), 54324-54332, DOI: 10.1007/s11356-023-26506-3

Li, X., Zhao, P., Fang, M. & Huang, Z. (2024). Organic carbon, elemental carbon, and particulate semivolatile organic compound emissions from a common-rail diesel engine: Insight into effect of fuel injection pressure at different loads. *Sci Total Environ*, ***912,*** 169465.

Lloyd, A.C. & Cackette, T.A. (2001). Diesel engines: environmental impact and control. *J. Air. Waste Manag. Assoc.*, ***51***(6), 809-847. DOI: 10.1080/10473289.2001.10464315

McCreanor, J., Cullinan, P., Nieuwenhuijsen, M.J., Stewart-Evans, J., Malliarou, E. & Jarup L. (2007). Respiratory effects of exposure to diesel traffic in persons with asthma. *N. Engl. J. Med.*, ***357***(23), 2348-58. PMID: 18057337, DOI: 10.1056/NEJMoa071535

Möhner, M. & Wendt, A. (2017). A critical review of the relationship between occupational exposure to diesel emissions and lung cancer risk. *Crit Rev Toxicol*, ***47***(3), 185-224. DOI: 10.1080/10408444.2016.1266598

Muscat, J.E. & Wynder, E.L. (1995). Diesel exhaust, diesel fumes, and laryngeal cancer. *Otolaryngology–Head and Neck Surgery*, ***112***(3), 437-440. DOI: 10.1016/s0194-5998(95)70280-6

Neophytou, A.M., Ferguson, J.M., Costello, S., Picciotto, S., Balmes, J.R. & Koutros, S. (2024). Diesel exhaust and respiratory dust exposure in miners and chronic obstructive pulmonary disease (COPD) mortality in DEMS II. *Environ. Int.*, ***185,*** 108528. PMID: 38422874, PMCID: PMC10961191. DOI: 10.1016/j.envint.2024.108528

ODMD. [Otomotiv Distribütörleri ve Mobilite Derneği (in English: Automotive Distributors and Mobility Association)] (2024). Available: https://www.odmd.org.tr/web_2837_1/rss.aspx [Accessed 14 June 2024].

Pedersen, J.E. & Hansen, J. (2023). Parental occupational exposure to chemicals and risk of breast cancer in female offspring. *Environ Res.*, ***227***, 115817; Epub 1, April 2023. PMID: 37011793. DOI: 10.1016/j.envres.2023.115817

Pedersen, J.E., Strandberg-Larsen, K., Andersson, M. & Hansen, J. (2012). Breast cancer among Danish women occupationally exposed to diesel exhaust and polycyclic aromatic hydrocarbons, 1964-2016. *Scand J Work Environ Health*, ***47***(2), 154-162. DOI: 10.5271/sjweh.3920

Peyre-Costa, D., Stjernbrandt, A., Wahlström, J., Ikäheimo, T.M. & Höper, A.C. (2024). Self-reported exposure to dust and diesel exhaust, respiratory symptoms, and use of respiratory

protective equipment among Arctic miners. *Int J Circumpolar Health*, ***83***(1), 2343125. PMID: 38626426; PMCID: PMC11022915. DOI: 10.1080/22423982.2024.2343125

Petersen, A., Hansen, J., Olsen, J. H. & Netterstrøm, B. (2010). Cancer morbidity among Danish male urban bus drivers: a historical cohort study. *American Journal of Industrial Medicine*, ***53***(7), 757-761.

Pirhadi, M., Krasowsky, T.S., Gatt, G. & Quiros, D.C. (2024). Criteria pollutant and greenhouse gas emissions from cargo handling equipment operating at the Ports of Los Angeles and Long Beach. *Science of the Total Environment*, ***927***, 172084.

Ptak, M., Neneman, J. & Roszkowska, S. (2024). The impact of petrol and diesel oil taxes in EU member states on CO2 emissions from passenger cars. *Scientific Reports*, ***14***(1), 52. DOI: 10.1038/s41598-023-50456-y

Richiardi, L., Mirabelli, D., Calisti, R., Ottino, A., Ferrando, A., Boffetta, P. & Merletti, F. (2006). Occupational exposure to diesel exhausts and risk for lung cancer in a population-based case–control study in Italy. *Annals of Oncology*, ***17***(12), 1842-1847.

Romero, S.K., Bolm-Audorff, U., Reissig, D. & Seidler, A. (2024). Dose-response-relationship between occupational exposure to diesel engine emissions and lung cancer risk: A systematic review and meta-analysis. *International Journal Of Hygiene And Environmental Health*, ***256,*** 114299. DOI: 10.1016/j.ijheh.2023.114299

Sabanov, S., Qureshi, A.R., Korshunova, R. & Kurmangazy, G. (2024). Analysis of Experimental Measurements of Particulate Matter (PM) and Lung Deposition Surface Area (LDSA) in Operational Faces of an Oil Shale Underground Mine. *Atmosphere*, ***15***, 200. DOI: 10.3390/atmos15020200

Saini, N., Negi, M., Yadav, P. & Singh, R. (2024). Oxidative desulfurization of fuels using alcohol-based DESs. *Environ Sci Pollut Res Int*, ***1***, 22. DOI: 10.1007/s11356-024-33093-4

Sassano, M., Collatuzzo, G., Teglia, F. & Boffetta P. (2024). Occupational exposure to diesel exhausts and liver and pancreatic cancers: a systematic review and meta-analysis. *Eur J Epidemiol*, ***39***(3), 241-255. DOI: 10.1007/s10654-024-01099-4.

Seo, J., Park, J., Oh, Y. & Park, S. (2016). Estimation of total transport CO2 emissions generated by medium- and heavy-duty vehicles (MHDVs) in a sector of Korea. *Energies*, ***9***, 638.

Shammut, M., Cao, M., Zhang, Y., Papaix, C., Liu, Y. & Gao, X. (2019). Banning diesel vehicles in London: Is 2040 too late? *Energies*, ***12***(18), 3495. DOI: 10.3390/en12183495

Soll-Johanning H., Bach, E. & Jensen, S.S. (2003). Lung and bladder cancer among Danish urban bus drivers and tramway employees: a nested case-control study. *Occupational Medicine*, ***53***(1), 25-33. DOI: 10.1093/occmed/kqg004

Talibov, M., Sormunen, J., Weiderpass, E., Kjaerheim, K., Martinsen, J.I. & Sparen P. (2019). Workplace Diesel Exhausts and Gasoline Exposure and Risk of Colorectal Cancer in Four Nordic Countries. *Safety And Health at Work*, ***10***(2), 141-150. DOI: 10.1016/j.shaw.2019.01.001

Tian, S., Liu, Q., Ge, S., Luo, L., Yang, M. & An, Y. (2024). Characteristics of Polycyclic Aromatic Hydrocarbons in Size-Re solved Particles in the Roadside Environment of Beijing: Seasonality, Source, and Toxicological Effects. *Atmosphere*, ***15,*** 346. DOI: 10.3390/atmos15030346

TurkStat. (Turkish Statistical Institute) (2022). Death and Death Causes Statistics. Available: https://data.tuik.gov.tr/Bulten/Index?p=Olum-ve-Olum-Nedeni-Istatistikleri-2022-49679 [Accessed 14 June 2024].

TurkStat (Turkish Statistical Institute) (2023a). Road motor vehicles, July 2023. Available: https://data.tuik.gov.tr/Bulten/Index?p=Road-Motor-Vehicles-July-2023-49428&dil=2 [Accessed 14 June 2024].

TurkStat (Turkish Statistical Institute) (2023b). Turkish Greenhouse Gas Inventory 1990–2021. *National Inventory Report for Submission Under the United Nations Framework Convention on Climate Change*. https://enerji.gov.tr/Media/Dizin/EVCED/tr/%C3%87evreVe%C4%B0klim/%C4%B0klimDe%C4%9Fi%C5%9Fikli%C4%9Fi/UlusalSeraGaz%C4%B1EmisyonEnvanteri/Belgeler/Ek-1.pdf

Vahter, M., Gochfeld, M., Casati, B., Thiruchelvam, M., Falk-Filippson, A. & Kavlock, R. (2007). Implications of gender differences for human health risk assessment and toxicology. *Environmental Research*, ***104***(1), 70-84. DOI: 10.1016/j.envres.2006.10.001

Zhang, H., Taya, K., Nagaoka, K., Yoshida, M. & Watanabe, G. (2017). 4-Nitrophenol (PNP) inhibits the expression of estrogen receptor β and disrupts steroidogenesis during the ovarian development in female rats. *Environmental Pollution*, ***229***, 1-9. DOI: 10.1016/j.envpol.2017.04.088

Journal of Anatolian Environmental and Animal Sciences
(*Anadolu Çevre ve Hayvancılık Bilimleri Dergisi*)
DOI: https://doi.org/10.35229/jaes.1567422

JAES
Year: 9, No: 4, 2024 (711-720)
AÇEH
Yıl: 9, Sayı: 4, 2024 (711-720)

ARAŞTIRMA MAKALESİ RESEARCH PAPER

Effect of Different Storage Conditions and Infusion Times on Antioxidant and Antimicrobial Activites and Total Phenolic Content of Rosehip Fruits [*]

Münevver DARAK[1] Kağan KILINÇ[2]* Zeynep AKAR[3] Azer ÖZAD DÜZGÜN[4] Tuba ACET[4] Mustafa Nuri URAL[5] Cemalettin BALTACI[6] Osman AKMEŞE[7]

[1]*MSc Gümüşhane University Institute of Graduate Education Dept. of Biotechnology*
[2]*Gümüşhane University Faculty of Engineering and Natural Sciences Dept. of Genetic and Bioengineering, 29000 Gümüşhane, Türkiye*
[3]*Gümüşhane University Gümüşhane Vocational School Dep. of Laboratory Tech. 29000, Gümüşhane. Türkiye*
[4]*Gümüşhane University Faculty of Health Sciences Dept. of Occupational Health and Safety, 29000, Gümüşhane, Türkiye*
[5]*Gümüşhane University Faculty of Engineering and Natural Sciences Dept. of Software Engineering, 29000, Gümüşhane Türkiye*
[6]*Gümüşhane University Faculty of Engineering and Natural Sciences Dept. of Food Engineering, 29000, Gümüşhane, Türkiye.*
[7]*Gümüşhane University Central Laboratory, 29000, Gümüşhane, Türkiye.*

Received: *15.10.2024* ***Accepted:*** *09.12.2024* ***Published:*** *31.12.2024*

How to cite: **Darak, M., Kılınç, K., Akar, Z., Özad Düzgün, A., Acet, T., Ural, M.N., C. Baltacı & Akmeşe, O. (2024).** Effect of Different Storage Conditions and Infusion Times on Antioxidant and Antimicrobial Activites and Total Phenolic Content of Rosehip Fruits. *J. Anatolian Env. and Anim. Sciences*, ***9***(4), 711-720. https://doi.org/10.35229/jaes.1567422

Atıf yapmak için: **Darak, M., Kılınç, K., Akar, Z., Özad Düzgün, A., Acet, T., Ural, M.N., C. Baltacı & Akmeşe, O. (2024).** Farklı Saklama Koşulları ve İnfüzyon Sürelerinin Kuşburnu Meyvelerinin Antioksidan ve Antimikrobiyal Aktiviteleri ile Toplam Fenolik İçeriği Üzerine Etkisi. *Anadolu Çev. ve Hay. Dergisi*, ***9***(4), 711-720. https://doi.org/10.35229/jaes.1567422

*: https://orcid.org/0000-0002-3649-8336
: https://orcid.org/0000-0002-9528-6712
: https://orcid.org/0000-0001-9262-8070
: https://orcid.org/0000-0002-6301-611x
: https://orcid.org/0000-0002-0981-9413
: https://orcid.org/0000-0001-7011-401x
: https://orcid.org/0000-0002-4336-4002
: https://orcid.org/0000-0001-9300-8324

***Corresponding author's:**
Kağan KILINÇ
Gümüşhane University Faculty of Engineering and Natural Sciences Dept. of Genetic and Bioengineering, 29000 Gümüşhane, Türkiye
✉: kagankilinc@yahoo.com

Abstract: *Rosa canina L.* (Rosehip) is a medicinal plant with strong antioxidant properties. The content of rosehip and accordingly its antioxidant capability may vary according to the way the fruits are used, storage, infusion, freezing and drying methods. In study, it was aimed to determine the antioxidant, antimicrobial activities in rosehip infusion products and extracts under these conditions. Fresh, frozen, dried and +4^{0}C stored fruits were infused at 90 degrees and infusion groups were formed. During infusion, samples were taken at 30, 60, 90, 120, 300 and 360th minutes and antioxidant activity (DPPH, FRAP and ABTS methods), total phenolic and total flavonoid contents (TPC and TFC), and antimicrobial activity were analyzed. In addition, phenolic compound content was investigated in 3 different extracts by HPLC method. Dried rosehip (DR) infusing samples were found to have the highest antioxidant activity, TPC and TFC compared to all groups (between $p< 0.005$ and $p=0.05$).). Significant decreases were detected in the parameters according to storage and freezing times. A total of 8 phenolic compounds, the highest concentration of which was epicatechin, were detected in aqueous and ethanolic extracts of dried and stored at 4^{0}C rosehip (DR+4^{0}C) and dried rosehip (DR) fruits. For antimicrobial analysis, Total 7 different Gram (+) and (Gram (-) bacterial strains, were used. The highest activity against *E. coli* was observed in ethanolic DK extract (dried and frozen at -20 ^{0}C). While antimicrobial activity was observed in the extracts, no activity was observed in the infusion products. It was determined that antioxidant activity increased during 360-minute infusion time, although it varied according to storage conditions.

Keywords: Antimicrobial, antioxidant, infusion, storage, rosehip.

Farklı Saklama Koşulları ve İnfüzyon Sürelerinin Kuşburnu Meyvelerinin Antioksidan ve Antimikrobiyal Aktiviteleri ile Toplam Fenolik İçeriği Üzerine Etkisi

Öz: Rosa canina L. (Kuşburnu) güçlü antioksidan özelliklere sahip tıbbi bir bitkidir. Kuşburnunun içeriği ve buna bağlı olarak antioksidan özelliği meyvelerin kullanım şekline, depolama, infüzyon, dondurma ve kurutma yöntemlerine göre değişebilmektedir. Çalışmamızda, sözkonusu koşullar altında kuşburnu infüzyon ürünleri ve ekstraktlarında antioksidan, antimikrobiyal aktivitelerdeki değişimlerin belirlenmesi amaçlandı. Taze, dondurulmuş, kurutulmuş ve +4^{0}C'de depolanmış meyveler 90 ^{0}C'de demlenmesiyle demleme grupları oluşturuldu. Demleme sırasında 30, 60, 90 ve 120. 300 ve 360. dakikalarda örnekler alınarak ve antioksidan aktivite (DPPH, FRAP ve ABTS yöntemleri ile), toplam fenolik (TPC), toplam flavonoid içerikleri (TFC) ve antimikrobiyal aktiviteleri analiz edildi. Ayrıca 3 farklı ekstraktta HPLC yöntemi ile fenolik bileşik içeriği araştırıldı. Kurutulmuş kuşburnu (DR) demleme örneklerinin tüm gruplara kıyasla en yüksek antioksidan aktiviteye, TPC ve TFC değerlerine

[*] *This study is based on the master's thesis (Darak, 2022) presented at Gumushane University , Graduate Education Institute*

***Sorumlu yazar:**
Kağan KILINÇ
Gümüşhane Üniversitesi Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi Genetik ve Biyomühendislik Bölümü, 29000 Gümüşhane, Türkiye
✉: kagankilinc@yahoo.com

sahip olduğu bulundu (p <0.001 – p=0.05 arasında). Saklama ve dondurma sürelerine göre parametrelerde anlamlı azalmalar tespit edildi. Kurutulmuş ve 4^{0}C'de saklanmış kuşburnu (DR+4^{0}C) ve kurutulmuş kuşburnu (DR) meyvelerinin sulu ve etanolik ekstraktlarında en yüksek konsantrasyonu epikateşin olan toplam 8 fenolik bileşik tespit elde edildi. Antimikrobiyal analiz için toplam 7 farklı Gram (+) ve Gram (-) bakteriyel suş kullanıldı. En yüksek aktivite E. *c*oli'ye karşı etanolik (kurutulmuş ve – 20 0C'de dondurulmuş) DK ekstraktında görüldü. Ekstraktlarda antimikrobiyal aktivite gözlenirken, infüzyon ürünlerinde herhangi bir aktivite görülmedi. Saklama koşullarına göre değişmekle beraber antioksidan aktivite değerlerinin 360 dakika demleme süresi boyunca arttığı tespit edildi.

Anahtar kelimeler: Antimikrobiyal, antioksidan, demleme, kuşburnu, saklama.

INTRODUCTION

Plants produce various organic compounds, called secondary metabolites, for adaptation to various conditions and defence purposes (Tiring et al., 2021). Medicinal plants are a group of plants used in traditional and modern treatment methods that produce bioactive seconder metabolites with extremely different effects such as anticancer, antidiabetic, antihypertensive, anti-inflammatory, antimicrobial, anticytotoxicity, wound healing, DNA repair (Faydaoğlu & Sürücüoğlu, 2011; Göktaş & Gıdık, 2019; Riaz et al., 2023;Turan et al, 2019). It is stated that the rich phenolic and vitamin content of medicinal plants play a protective role due to their antioxidant properties against oxidative effects, which have been shown to play a role in the development of diseases. (Kılınç et al., 2020; Riaz et al., 2023).

Rosa canina (Rosehip), a member of the Rosaceae family, has more than 100 species and has a wide distribution in Western Asia, Middle East, Northern and Central Europe and North America (Oz et al., 2019; Roman et al., 2013). The fruits of the plant, ripens and blushes in early autumn and turn orange, pink or reddish colors. The fruits are collected in September-October months and are widely used in the production of fruit juice, jam and marmalade, especially tea. In addition to its consumption as a food source, rosehips are traditionally used in the treatment of diseases such as colds, infections, inflammation, haemorrhoids, chronic pain and arthritis (Kilinc et al., 2020; Selahvarzian et al., 2018;Turan et al., 2018). Bioactive compound analyses of rosehip fruits showed that they have rich compound content such as vitamins, organic acids, flavonoids, tannins, fatty acids, pectins and caretenoids. It is also one of the fruit varieties with the highest vitamin C content (Negrean et al., 2024; Nadpal et al., 2016; Roman et al., 2013). The high phenolic and vitamin content of fruits reveals its strong antioxidant properties.

Although the rosehip plant is found in almost every region in Türkiye, it is mostly distributed in the Central and Eastern Black Sea, Central Anatolia and Eastern Anatolia Regions (Kocaman & Sormaz, 2023; Oz et al., 2018). Tea consumption is quite common throughout the world and there are many different types of tea preferred according to cultures. Among these types, fruit teas are a group that is widely consumed especially for their health benefits (Zohora & Arefin, 2022). Rosehip tea is one of the herbal teas that has commercial value in Türkiye and worldwide, is widely consumed and has important health effects (Akar, et al., 2021; Choi, 2009). It is mostly sold in dried form, tea bags, dried whole fruit, seedless fruit, hibiscus or mixed with other herbal products with antioxidant content. Consumption increases especially in winter. It is also available in the form of fruit juice. It is collected by the local people in September and October, dried or frozen and stored and used.

Rosehip fruits can be easily collected from plants in the form of bushes of several metres and can be used directly as tea, fresh or dried, without further processing. Rosehip tea is widely consumed in Anatolia, especially in rural regions, by boiling in teapots for a long time (Kocaman & Sormaz, 2023). This is important in terms of easy and effective utilisation of antioxidant and vitamins properties of fruits.

Freezing, drying or a combination of both are common storage methods for fruit and vegetables. In the food industry, the stages of the products' journey from raw materials to the consumer can result in alterations to the chemical and bioactive structures of the products (Toydemir et al., 2021). Consuming plant parts dry or wet, drying and storage conditions (temperature and time), and methods used during processing can affect the antioxidant content and capacity of the plant. Therfore, in order for antioxidant and other protective-healing properties to effective, attention should be paid to collection, drying, storage and preparation methods (Safarov, 2020; Giannakourou & Taoukis, 2021).

Rosehip fruits are a widely consumed plant in Türkiye. Drying and preserving of rosehip fruits is the most widely used traditional method (Gruszecki et al., 2024). In this study, the objective was to ascertain the changes in the antioxidant and antimicrobial properties of dried and infused samples with some extracts of rosehip fruits depending on storage conditions and infusion time. Additionally, the aim was to identify the optimal conditions for these properties.

MATERIAL AND METHOD

Collection and grouping of samples: Rosehip fruits were harvested at the end of September, which is the

ripening period in 2021, from the same plant bush group in the vicinity of Gümüşkaya village on Gümüşhane - Şiran road, at an altitude of approximately 1300 metres. The fruits were delivered to the laboratory in a sealed bag. In the study, infusion products and extracts were coded and grouped as follows:

(1)FR: Fresh rosehip (freshly picked and untreated); **(2)DR:** Dried rosehip (dried in an oven at in 36^{0}C); **(3)FF:** Frozen freshly rosehip (fruits were frozen at -20^{0}C for 3 months; **(4)DR+4^{0}C;** Dried rosehip stored at +4^{0}C for 3 months; **(5)FFDR:** sample of rosehips frozen at -20^{0}C and then thawed and dried after 3 months; **(6)DRIF:** Sample of infused FF sample stored at -20^{0}C for 3 months; (**7)FRIF**: Sample of infused FR stored at -20^{0}C for 3 months; **FFDR-EtE:** ethanolic extract of Freezing fresh rosehip fruits at -20^{0}C, thawing and drying after 3 months; **DR-WE and DR-EtE:** Aqueous and ethanolic extracts of DR samples, **DR+4^{0}C EtE**: Ethanolic extract of dried rosehip kept at +4^{0}C for 3 months (Figure 1).

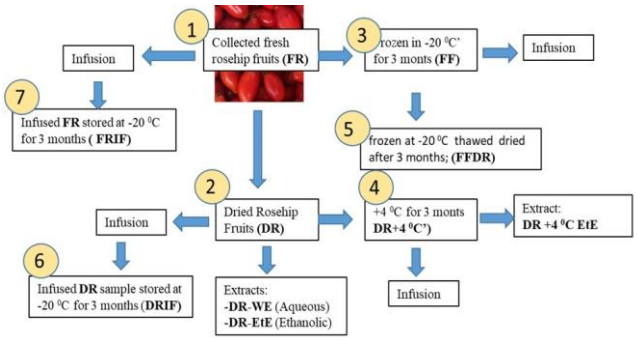


Figure 1. Rosehip infusion and extract groups used in the study.

***Extraction**:* Some of the fresh rosehip (FR) samples were dried in an oven (Memmert, Germany) at 36 ^{0}C for 48h (DR). DR fruits were pulverised with the help of a blender for aqueous and ethanolic extraction by removing the seeds and 5 grams of these samples were weighed and added to a volume of 50 mL with pure water or ethanol according to the method. After vortexing, the samples were incubated in a shaker incubator (Shel Lab, UK) at 150 rpm at 45 °C for 24 hours in the dark. The samples were then filtered through filter paper and transferred to a balloon jar. A rotary evaporator (Heildolph, Germany) was used to evaporate the solvent in the flask. The residues were dissolved with a small amount of distilled water or ethanol. Some of the extracts obtained were stored at +4 °C and some were stored at -20 °C for further studies

Infusion: At different times, samples coded as FR, DR, FF, DR+4 ^{0}C and FFDR were weighed on a precision balance (KERN, Switzerland) of 25 g each (commercially sold bag tea products are usually between 2.5 -5 grams in a 150 -200 mL glass volume). The volume was completed to 500 mL with drinking water from a commercially available company and transferred to a teapot. The teapots were placed on a heater (IKA, Germany) fixed at 90 ^{0}C with the lid closed. At 30, 60, 90 and 120 minutes and at 5 and 6 hours, 10 mL each samples was taken from the teapot, passed through coarse filter paper and placed in a 15 mL conic santrifuge tube. For all groups, infusion process was carried out in the same teapot at separate times. Drinking water of the same company was used in all samples during period. FR and DR infusion samples were stored at -20 ^{0}C for 3 months to be used in the same analyses (FRIF – DRIF, products respectively). All infusion samples and standards were run in 3 replicates except HPLC analysis.

Determination of total phenolic content (TPC): This assay was adapted from the method of Acet & Ozcan (2018) and Beara et al. (2009) adapted to 96-well microplate from Singleton et al., (1999). Gallic acid prepared in 6 different concentrations was used as standard. 31 µL of infused samples and gallic acid standards were pipetted into a 96-well plate. Folin-Ciocalteu reagent (1:10, v/v) was added to them and it was waited 10 minutes for reaction in the dark. Finally of 1% sodium carbonate (Na_2CO_3) solution was pipetted to all well. Total volume of pleyt well was 250 µL. After incubation for 2 h at room temperature, reads were taken at 760 nm in a microplate reader (Thermo Sci. MultiScan USA). All samples and standards were run in 3 replicates. Results were given gallic acide equivalent (µg/mL GAE) (Table 2).

Determination of total flavonoid content (TFC): TFC analysis was performed by revising the aluminium chloride ($AlCl_3$) colorimetric method of Beara et al. adapted to 96-well microplate. Quercetin prepared in 6 different concentrations was used as standard for calibration graph. 30 µL of the infused samples and standards were pipetted on the microplate. Then methanol, $AlCl_3$ (10%), CH_3COOK (1 mol/L) and distilled water was added respectively. Final volume was 250 µL. After pipetting, the microplate was kept at room temperature in a dark environment for 40 minutes. and then read on a microplate reader at 415 nm wavelength. Results were given as quercetin equivalent (µg/mL QAE) (Table 3).

Determination of antioxidant activities: In analyses, each samples and standart were run in 3 replicates.

DPPH radical scavenging assay: DPPH (2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl) radical capture method was carried out by adapting the method used by Soler-Rivas et al. (2000) to 96-well microplate. 10 µL infused samples and gallic acid standards prepared at 6 different concentrations were pipetted on to a 96-well plate. DPPH solution (90 µmol/L) and than methanol were added. Final volume was 300 µL. Reaction was kept in the dark for 1 hour under room conditions. At the end of waiting period, reading were taken on a microplate reader at 515 nm wavelength. Results were

given as µg/mL gallic acid equivalent (µg/mL GAE) (Table 4).

Ferric reducing antioxidant power (FRAP) assay: The method was applied by adapting the ferric reducing antioxidant potential (FRAP) method of Bezie and Strain, (1996) to 96-well microplate. Trolox was used for standard calibration in the experiment. 25 µL of infused samples and trolox standards prepared at 6 different concentrations were pipetted into a 96-well microplate. Than FRAP reagent [300 mM acetate buffer + 10 mM 2,4,6-Tri(pyridy)-S-triazine (TPTZ) solution + 20 mM iron III chloride ($FeCl_3$) solution (10:1:1)] was added. Total volume was 300 µL in each well. Microplate was incubated for 30 minutes at room temperature and measured at 593 nm wavelength on a microplate reader. Results were given as µg/mL TEAC (Trolox Equivalent Antioxidant Capacity) (Table 5).

ABTS scavenging activity assay: This method was modified from the method adapted by Acet and Ozcan, (2018), Silva et al., (2007) for 96-well microplates. Briefly, 80 µL of the infusion products and different concentrations of trolox standards were pipetted into the microplate wells. ABTS (2,2'-azino-bis(3-ethylbenzothiazolin-6-sulfonic acid) radical solution (7 mM ABTS + 2.45 mM potassium persulfate) with an optical density of 0.7 was added. Final volum was 300 µL. The plate was incubated in the dark at 30°C for 5-6 minutes. It was read on a microplate reader at 734 nm wavelength. Results were given as µg/mL TAEC (Trolox Equivalent Antioxidant Capacity) (Table 6).

Phenolic compounds analysis by HPLC: Phenolic compound analysis of rosehip samples was carried out in Gumushane University Central Laboratory Research and Application Centre by using diode array detector (DAD) in high performance liquid chromatography (HPLC) device (Agilent Infinity ABD 1200 series) acording to the method of Paje et al., (2022). Macherey-Nagel brand, EC 250x4.6 nucleosyl 100-5, 5 µm C18 HD column was used in the analysis. The column oven temperature was 27 ºC. The mobile phase components were set as ultrapure water (phase A), 100% acetonnitrile (phase B), 3% acetic acid/ultra pure water (phase C) and 3% acetic acid + 25% acetonnitrile + ultrapure water (phase D) at a flow rate of 1 mL/min. 210-360 nm wavelength scanning was performed with DAD. Gallic acid, protocatechuic acid, protocatechuic aldehyde, catechin, 4-hydroxybenzoic acid, vanillic acid, caffeic acid, syringic acid, epicatechin, vanillin, p-coumaric acid, benzoic acid, ferulic acid, rutin, rosmarinic acid, coumarin, t-cinnamic acid, quarcetin and kaempherol were used as standart respectively (Figure 2). Their analytical method validation parameters are given in Table 1.

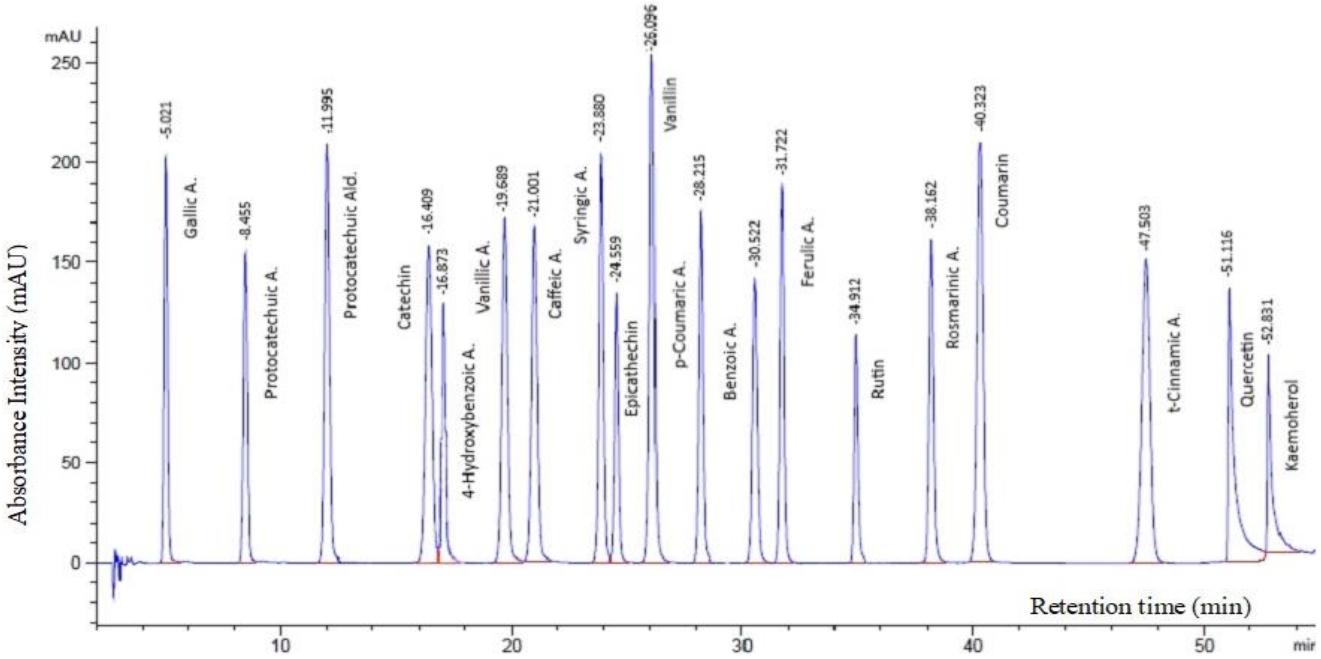


Figure 2. HPLC standard chromatogram and standards used.

Antimicrobial activity: Agar disk diffusion method was applied for antimicrobial activity analysis. *B. subtilis* ATCC 6633, *S. aureus* ATCC 25923, *S. pyogenes* ATCC 19615 as Gram (+) bacteria strains; *E. coli* ATCC 25922, *P. aeruginosa* ATCC43288, *Proteus vulgaris* ATCC 13315, *Yersinia pseudotuberculosis* ATCC 911 as Gram (-) bacteria starins were used. The petri dishes were covered with agar medium and 6 mm diameter wells were made on the medium with a sterile puncher. 50 µL volumes of infused samples (50 mg/mL), FFDR ethanolic extract (51.1 mg/mL), DR ethanolic extract (DR-EtE, 87.3 mg/mL) and DR aqueous extract (DR-WE, 385 mg/mL) were pipetted into wells. Ampicillin (50 mg/mL) was used as a control. Dishes were kept at room temperature for 2

hours and then incubated in incubator at 37 ^{0}C overnight. The zones were measured and evaluated with the help of a caliper (Akay & Sefaoğlu, 2021). Zones over 6 mm in diameter were considered significant.

Statistics: Except for HPLC analyses, the results of the experiment performed in 3 replicates. Results were calculated by One-Way Anova test using statistic programme (IBM SPSS ver. 26). Tukey's test was used for comparisons between groups. Results are given as mean values. Statistically p <0.05 was accepted statistically significant.

RESULTS

TPC and TFC: TPC and TFC results are shown in Table 2 and Table 3 respectively.

Table 1. Analytical method validation parameters of phenolic compounds analyzed in HPLC

No	Analytes	RT	Correlation	r^2	RSD_R%	RSD_r%	Linearity Range (mg/L)	*LOD/LOQ* (mg/L)	Recovery(%)
					Interday	Intraday			
1	Gallic A.	5.021	*y*=171.892x -16.386	0.995	2.18	1.52	5-100	1.27/4.22	100.0
2	Protocatechuic A.	8.455	*y*=- 34.326x -3.408	0.999	1.30	0.63	5-100	0.80/2.65	99.8
3	Protocatechuic Ald.	11.995	*y*=- 164.513x +20.025	0.999	2.42	1.48	5-100	1.02/3.39	99.8
4	Catechin	16.409	*y*=5.359x -63.413	0.999	1.24	0.81	5-100	1.68/5.48	100.1
5	4-Hydroxybenzoic A.	16.873	*y*=- 36.111x -8.048	0.999	1.30	1.02	5-100	2.03/6.78	99.6
6	Vanillic A.	19.689	*y*=- 39.531x +9.3444	0.998	2.11	1.09	5-100	1.31/4.36	99.7
7	Caffeic A.	21.001	*y*=-78.796x -11.629	0.971	2.42	0.93	5-100	1.25/4.18	99.6
8	Syringic A.	23.880	*y*=- 71.521x+6.906	0.998	1.18	0.63	5-100	0.75/2.50	99.7
9	Epicatechin	24.559	*y*=-17.582x +5.666	0.999	2.11	1.08	5-100	0.50/1.65	100.2
10	Vanillin	26.096	*y*=- 95.730x +4.534	0.998	2.18	1.09	5-100	0.41/1.37	99.7
11	P Coumaric A.	28.215	*y*= 119.591x -12.267	0.999	2.40	1.16	5-100	0.91/3.04	99.7
12	Benzoic A.	30.522	*y*=-9.716x-2.535	0.999	2.40	0.51	5-100	1.41/4.71	100.1
13	Ferulic A.	31.722	*y*=-68.387x -32.358	0.997	2.18	1.22	5-100	0.77/2.56	99.6
14	Rutin	34.912	*y*=- 16.562x -2.353	0.998	1.92	0.76	5-100	1.26/4.19	100.2
15	Rosmarinic A.	38.162	*y*=- 40.241x -1.551	0.996	1.47	0.62	5-100	0.32/1.07	100.1
16	Coumarin	40.323	*y*=-101.687x +17.691	0.998	1.47	0.73	5-100	0.47/1.55	99.6
17	t-cinnamic A.	47.503	*y*=- 194.844x -25.077	0.998	2.12	1.48	5-100	1.24/4.15	99.7
18	Quercetin	21.116	*y*=- 27.251x -1.527	0.999	1.94	0.97	5-100	0.71/2.33	100.3
19	Kaempherol	52.831	*y*= 15.443x-0.862	0.998	2.40	0.57	5-100	0.59/1.97	100.0

A: Acid, **Ald:**Aldehyde, **RT**: Retention Time, **LOD:** Limit of detection, **LOQ**: Limit of Quantitation

Table 2. Total phenolic content (TPC) of rosehip groups according to infusion times

Time	Phenolic substance quantities (µg/mL GAE)						
	FR	DR	FF	DR+4 ^{0}C	FFDR	DRIF	FRIF
30 min	165.8$^{a.c.d.e.f}$	336.8$^{(*)}$	116.9$^{a.b.e.f.g}$	101.6$^{a.b.e.f.g}$	181.6$^{a.c.d.e.f}$	64.0$^{(*)}$	42.8$^{(*)}$
60 min	243.1$^{a.c.d.e.f}$	464.7$^{(*)}$	157.1$^{a.b.e.f.g}$	144.3$^{a.b.e.f.g}$	292.9^{a,c,d,e,f}	80.7$^{(*)}$	45.8$^{(*)}$
90 min	274.8$^{(*)}$	568.5$^{(*)}$	220.7$^{(*)}$	182.5$^{(*)}$	325.4$^{(*)}$	85.3$^{(*)}$	67.1$^{(*)}$
120 min	321.6$^{a.c.d.e.f}$	629.3$^{(*)}$	236.2$^{a.b.e.f.g}$	238.3$^{a.b.e.f.g}$	353.7$^{a.c.d.e.f}$	127.6$^{(*)}$	74.7$^{(*)}$
300 min	447.4$^{a.d.e.f}$	891.9$^{(*)}$	300.3$^{(*)}$	479.5$^{a.d.e.f}$	434.6$^{a,d.e.f}$	185.1$^{(*)}$	75.7$^{(*)}$
360 min	447.6$^{a.c.d.e.f}$	914.5$^{(*)}$	352.2$^{(*)}$	599.2 $^{(*)}$	470$^{a.c.d.e.f}$	216.1$^{(*)}$	84.7$^{(*)}$

(*) : Significant difference according to all groups; **a**: According to **DR**; **b:** According to **FR; c:** According to **DR+4 ^{0}C; d**:According to **FF; e:** According to **DRIF; f:** According to **FRIF**; **g:** According to **FFDR**. p<0.05 was considered statistically significant.

Table 3. Total flavonoid content (TFC) of rosehip groups according to infusion times

Time	Flavonoid substance quantities (µg/mL QE)						
	FR	DR	FF	DR+4 ^{0}C	FFDR	DRIF	FRIF
30 min	740$^{(*)}$	2010$^{(*)}$	437.7$^{(*)}$	1512.5$^{a.b.d.e.f}$	1379.1$^{a.b.d.e.f}$	140.3$^{a.b.c.d.g}$	116.8$^{a.b.c.d.g}$
60 min	935$^{(*)}$	3045$^{(*)}$	490$^{(*)}$	1590.8$^{a.b.d.f.e}$	1515$^{a.b.d.e.f}$	145.7$^{a.b.c.d.g}$	122.6 $^{a.b.c.d.g}$
90 min	1420$^{(*)}$	4940$^{(*)}$	509.9$^{(*)}$	1722.7$^{a.b.d.e.f}$	1620 $^{a.b.d.e.f}$	195.5$^{a.b.c.d}$	131.9 $^{a.b.c.d}$
120 min	1435$^{a.c.d.e.f}$	5210$^{(*)}$	637.2$^{(*)}$	1751.6$^{a.b.d.e.f}$	1810.5$^{a.b.d.e.f}$	242.9$^{a.b.c.d.g}$	157.7$^{a.b.c.d.g}$
300 min	1957.5$^{a.d.e.f}$	5470$^{(*)}$	663.3$^{(*)}$	1988.3$^{a.d.e.f}$	1862.7$^{a.d.e.f}$	255.3$^{a.b.c.d.g}$	194.2$^{a.b.c.d.g}$
360 min	2735$^{(*)}$	6730$^{(*)}$	709.4$^{(*)}$	2070$^{a.b.d.e.f}$	1943.3$^{a.b.d.e.f}$	265.1$^{a.b.c.d.g}$	214.1$^{a.b.c.d.g}$

(*) : Significant difference according to all groups; **a**: According to **DR**; **b:** According to **FR; c:** According to **DR+4 ^{0}C; d**:According to **FF; e:** According to **DRIF; f:** According to **FRIF**; **g:** According to **FFDR**. p<0.05 was considered statistically significant.

It was determined that all of the infusion samples of the rosehip groups showed an increase in both TPC (Table 2) and TFC (Table 3) from the 30th minutes to the end of the 360th minute. Among the groups, the dried rosehip group (DR) had higher values than all other groups at all time points in both TPC and TFC groups (p<0.001). A comparison of FF and FFDR revealed that the latter exhibited significantly higher TPC and TFC values at all infusion times. On the other hand, there was no significant difference between DR+4^{0}C and FFDR in terms of TFC during the infusion periods. The dried rosehip infusion samples (DR, DR+4 ^{0}C and FFDR) had higher flavonoid content than the frozen rosehip samples (FF) during the whole infusion period. FRIF and DRIF groups had significantly lower values in terms of both TPC and TFC compared to the other groups.

Results of antioxidant activity: It was observed that DPPH values continued to increase in all groups

depending on the infusion time (Table 4). At 60th minutes, there was a strong increase in FF, DR, FF, and DR+4 ^{0}C samples. After the 300th minute, there was a slowdown in activity increases in these groups. The samples of FF demonstrated consistently higher activity than those of FFDR samples. It was observed that the DR infusion samples exhibited the highest DPPH values in comparison to the other samples from the 60th minute onwards. FR samples had the second highest values after DR from 60th minutes starting.

Table 4. DPPH values of rosehip groups according to infusion times

Time	DPPH values (µg/mL GAE)						
	FR	**DR**	**FF**	**DR+4 ^{0}C**	**FFDR**	**DRIF**	**FRIF**
30 min	196.5$^{c.d.e.f.g}$	204.5$^{c.d.e.f.g}$	383.1$^{(*)}$	163.4$^{(*)}$	236.2$^{(*)}$	77.4$^{(*)}$	102.6$^{(*)}$
60 min	595.7$^{(*)}$	733.2$^{(*)}$	507.5$^{(*)}$	466.0$^{(*)}$	291.3$^{(*)}$	110.3$^{(*)}$	139.0$^{(*)}$
90 min	730.2$^{c.d.e.f.g}$	739$^{c.d.e.f.g}$	558.2$^{a.b.e.f.g}$	583.8$^{a.b.e.f.g}$	323.1$^{(*)}$	133.6$^{a.b.c.d.g}$	145.2$^{a.b.c.d.g}$
120 min	741.7$^{c.d.e.f.g}$	775$^{c.d.e.f.g}$	682.2$^{a.b.e.f.g}$	665.3$^{a.b.e.f.g}$	362.5$^{(*)}$	201.3$^{(*)}$	153.0$^{(*)}$
300 min	769.7$^{(*)}$	874.7$^{(*)}$	839.5$^{(*)}$	800.4$^{(*)}$	396.0$^{(*)}$	209.8 $^{a.b.c.d.g}$	224.6$^{a.b.c.d.g}$
360 min	788.2$^{(*)}$	906$^{(*)}$	870.8$^{a.b.e.f.g}$	862.0$^{a.b.e.f.g}$	419.9$^{(*)}$	309.4$^{(*)}$	248.4$^{(*)}$

(*) : Significant difference according to all groups; **a**: According to **DR**; **b:** According to **FR; c:** According to **DR+4 ^{0}C; d**:According to **FF; e:** According to **DRIF; f:** According to **FRIF**; **g:** According to **FFDR**. p<0.05 was considered statistically significant.

Table 5. FRAP values of rosehip groups according to infusion times

Time	FRAP values (µg/mL TEAC)						
	FR	**DR**	**FF**	**DR+4 ^{0}C**	**FFDR**	**DRIF**	**FRIF**
30 min	149.1$^{(*)}$	314.7 $^{(*)}$	96.2 $^{a.b.e.f.}$	78.4$^{a.b.e.f.g}$	119.1$^{a.b.e.f}$	45.7$^{a.b.c.d.g}$	24.1$^{a.b.c.d.g}$
60 min	239.2$^{(*)}$	504.2$^{(*)}$	114.5 $^{a.b.f.g}$	84.4$^{a.b.f.g}$	195.9$^{(*)}$	81.3$^{a.b.d.g}$	42.8$^{a.b.c.d.f}$
90 min	534,1$^{(*)}$	592.8$^{(*)}$	173.9$^{a.b.e.f.g}$	149.2$^{a.b.e.f.g}$	229.7$^{(*)}$	98.9$^{(*)}$	47.2$^{(*)}$
120 min	540.9$^{(*)}$	803.5$^{(*)}$	207.5$^{a.b.e.f.g}$	172.2$^{a.b.e.f.g}$	257.3$^{(*)}$	102.7$^{(*)}$	52.9$^{(*)}$
300 min	550.7$^{(*)}$	1197.2$^{(*)}$	275.7$^{a.b.c.e.f}$	359.0$^{a.b.e.f}$	305.8$^{a.b.e.f}$	173.4$^{(*)}$	84.9$^{(*)}$
360 min	606.9$^{(*)}$	1209.8$^{(*)}$	295.3$^{a.b.c.e.f}$	414.6$^{(*)}$	343$^{a.b.c.e.f}$	195$^{(*)}$	92.5$^{(*)}$

(*) : Significant difference according to all groups; **a**: According to **DR**; **b:** According to **FR; c:** According to **DR+4 ^{0}C; d**:According to **FF; e:** According to **DRIF; f:** According to **FRIF**; **g:** According to **FFDR**. p<0.05 was considered statistically significant.

In the FRAP test, it was observed that the DR infusion sample had the highest values at all times (p<0.001). As with the DPPH analysis, there was a notable increase in the samples of FR, DR, FF and DR+4^{0}C infusion between the 60th and 90th minutes. However, the increases were limited after 90 minutes. Once more, a notable increase was evident in the DR and DR+4 ^{0}C infusion samples between the 120th and 300th minutes (Table 4). FRIP and DRIP infusion groups showed low performance in both DPPH and FRAP analyses.

In antioxidant activity analyses of ABTS, it was determined that ABTS values of FR infusion samples were significantly higher than other infusion samples for all time periods (P<0.001). However, ABTS antioxidant capacities increased in all infusion groups from 30th minute to 360th min. (Table 6). After the 300th minutes, the rate of increase remained at a low level in all infusion products except for the FR group.

Phenolic content analysis: The analysis of phenolic content was conducted using high-performance liquid chromatography (HPLC). The samples employed were ethanolic and aqueous extracts of DR fruits, as well as an ethanolic extract of DR+4 ^{0}C fruits. 8 different phenolic compounds were detected (Table 7). Catechin was the compound with the highest concentration in ethanolic extracts of DR and DR+4 ^{0}C (661.42 and 428.53 µg/g extract, respectively).

Table 6. ABTS values of rosehip groups according to infusion times.

Time	ABTS (µg/mL TEAC)						
	FR	**DR**	**FF**	**DR+4^{0}C**	**FFDR**	**DRIF**	**FRIF**
30 min	529.5$^{a.c.d.f.g}$	1564.5 $^{(*)}$	577.7$^{(*)}$	418.8$^{(*)}$	333.2$^{(*)}$	528$^{a.c.d.f.g}$	286.9$^{(*)}$
60 min	812.9 a.c.e	1741.5 $^{(*)}$	754.9$^{a.c.e}$	567.8$^{a.b.d.f}$	784.0a.c,e	795.1$^{a.c.e}$	516.6$^{(*)}$
90 min	1005$^{(*)}$	2085$^{(*)}$	833.2$^{(*)}$	697.1$^{(*)}$	880,6$^{a.b.c,d}$	867.7$^{a.b.c.d}$	527.8$^{(*)}$
120 min	965.1$^{a.c.d.e.f}$	2163$^{(*)}$	914.1$^{a.c.e}$	785.6$^{(*)}$	947.9$^{a.c.e,f}$	891$^{(*)}$	606.4$^{a.b.c.d.f}$
300 min	1362$^{(*)}$	2254.5$^{(*)}$	976.5$^{a.b.c.f}$	994.5$^{a.b.c.f}$	972$^{a.b.c.f}$	993.2$^{a.b.c.f}$	802.5$^{(*)}$
360 min	1381$^{(*)}$	2452.5$^{(*)}$	985.7$^{a.b.f}$	999.9$^{a.b.f}$	979.2$^{a.b.f}$	997.9$^{a.b.f}$	873.0$^{(*)}$

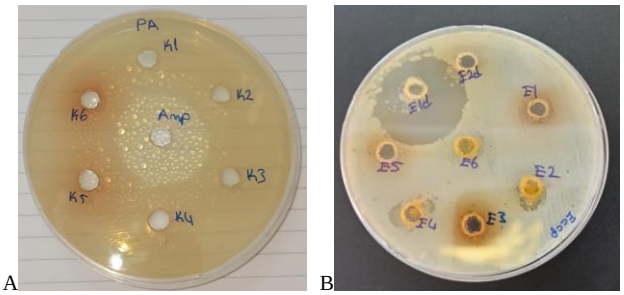
(*) : Significant difference according to all groups; **a**: According to **DR**; **b:** According to **FR; c:** According to **DR+4 ^{0}C; d**:According to **FF; e:** According to **DRIF; f:** According to **FRIF**; **g:** According to **FFDR**. p<0.05 was considered statistically significant.

Table 7. Results of phenolic content analysis of DR+4 ^{0}C and DR extracts by HPLC

Phenolic Compounds	DR+4 ^{0}C EtE	DR-EtE	DR-WE
		(µg/g Ekstract)	
Gallic Acid	19.91	12.19	21.60
H.Benzoic Acid	177.48	112,74	ND
Protocatechuic Acid	53.136	13,22	ND
Catechin	428.53	661.42	125.26
Epicatechin	ND	ND	93.40
Rutin	111.31	121,18	7.62
Quercetin	113.65	132.01	75.33
P Coumaric acid	ND	ND	14.01

ND: Not determined.

Results of Antimicrobial Activity: Antimicrobial activity was detected in all aqueous and ethanolic extracts obtained from FF, DR+4^{0}C, DR and FFDR fruits of rosehip samples. The extracts showed antimicrobial activity against, *Streptococcus pyogenes* ATCC 19615, *Staphylus aureus* ATCC 25923, *Bacillus subtilis* ATCC 6633, *E. coli* ATCC 25922, *Pseudomonas aeruginosa* ATCC 43288 strains, while no activity was detected against *Y. pseudotuberculosis ATCC* 911 and of water extracts against *Proteus vulgaris* ATCC 13315 *bacterial* species (Table 8). No antimicrobial activity was observed in all rosehip infusion products.



A B

Figure 3. A: Antimicrobial activity in infusion products (*P. aeroginosa*, B: Antimicrobial activity of extracts (*E. coli*).

Table 8. Antimicrobial activity results of different rosehip extracts

Microorganisms	DK Extract		DR +4^{0}C Extract		DR Room Temp.Extract		FFDR Extract	
	EtE	WE	EtE	WE	EtE	WE	EtE	WE
	Zone Diameter (mm)							
Bacillus subtilis	10	-	-	-	12	7	-	-
Staphylus aureus	15	-	6	6	6	10	6	-
Streptococcus pyogenes	6	6	15	-	7	-	11	9
E. coli	30	-	7	7	-	8	17	-
P. aeruginosa	10	-	16	10	6	8	18	12
Proteus vulgaris	-	-	8	-	6	-	17	-
Y. pseudotuberculosis	-	-	-	-	6	-	6	-

DK Extract: Dried rosehip extract frozen and stored at -20 ^{0}C for 3 months
DR Room Temparature Extract: Dried Rosehip storaged at room temparature for 3 monts.
>6 mm zone accepted positive.

DISCUSSION

Herbal teas have an increasing popularity in health-conscious societies due to different properties and factors such as antioxidant, anti-inflammatory, weight loss, sedative effect, sleep problems and cosmetics. (Chandrasekara & Shahidi, 2018; Mieczan & Wójcik, 2024). Tea consumption is widespread throughout the world and is one of the main ways of taking plant bioactive compounds into the body. Traditional infusion methods generally involve the infusion of plant parts (mainly leaves, flowers and fruit parts) at high temperatures. Other studies have shown that the infusion temperature and duration, storage and drying methods of the herbal parts to be infuse significantly affect the antioxidant activity, polyphenolic content and vitamin levels (Akar et al., 2021; Giannakourou & Taoukis, 2021; İlyasoğlu & Arpa, 2017; Saklar et al., 2015).

Rosehip fruits are harvested and used directly from nature by the local people, as well as commercially consumed in the form of whole or fruit pieces or in the form of tea bags. In our study, rosehip fruits were harvested directly from nature and all infusion processes were carried out at a constant temperature of 90 ^{0}C. Antioxidant activity was measured by FRAP, DPPH and ABTS methods which are the most widely used methods. In our study, antioxidant activity, TPC and TFC values increased in all infusion groups from 30th minute to the end of 360th min. There was a marked slowdown of activity in the groups after 300 minutes. The main criteria determining antioxidant activity and phenolic content during infusion are temperature and infusion time (Mieczan & Wójcik, 2024). Akar et al., (2021) examined the antioxidant activities (by FRAP, ABTS and CUPRAC methods) and total phenolic content (TPC) of rosehip tea bags at 7 different temperatures (between 0-90 ^{0}C) and showed that the highest activity (FRAP and ABTS) and TPC values were at 90 ^{0}C. İlyasoğlu & Arpa, (2017) reported that the most suitable infusion temperature in terms of TPC and FRAP values of rosehip tea was around 84-86 ^{0}C with an infusion time of

8-10 minutes. Yildirim et al., (2017) measured TPC, TFC and anthocyanin contents and DPPH antioxidant activity of rosehip tea bags by infusing them at 60, 75 and 90 ^{0}C for 6 time intervals (between 2-12) in their study modelling the effects of infusion temperature and time on bioactive compound content of various tea bags. They found that TPC, TFC, anthocyanin content and DPPH activity of rosehip tea bags increased with increasing temperature and infusion time. These results are consistent with our findings. However,

antioxidant capacity and TPC and TFC may vary depending on the infusion temperature and time according to the plant variety (Banerjee & Chatterjee, 2015; Mieczan & Wójcik, 2024).

Although dried herbal teas are more frequently used, rosehip tea is consumed in a way that includes both dried and fresh fruits (Wenzig et al., 2008). Rosehip fruits are mostly stored dried like other herbal teas and drying processes, storage conditions and durations can affect the phytochemical and antioxidant properties of the fruits (Gruszecki et al., 2024).

In this study, 8 phenolic compounds were detected in phenolic content analyses of ethanolic and aqueous rosehip extracts by HPLC (Table 6). Catechin was found to be a phenolic compound with a very high value in ethanolic extracts compared to other compounds and catechin value in DR EtE was higher than the ethanolic rosehip extract dried and kept at 4^{0}C (DR+ 4^{0}C). These findings are consistent with the view that catechin is one of the dominant phenolic compounds in rosehip fruits and with studies with similar findings (Butkevičiūtė et al., 2022; Turkben et al. 2010). Catechin is a phenolic compound included in the flavonoid group and takes a long time to dissolve in water and its dissolution increases with temperature (Saklar et al., 2015). These properties may explain to a certain extent the higher content of TFC than TPC due to the high catechin values we detected in our study and the increase in antioxidant activity during infusion. It is stated that the number of -OH (hydroxyl) groups and structural configurations of phenolic compounds are positively correlated with their antioxidant activity (Cabrera et al., 2006). Among phenolic compounds, catechins have the ability to scavenge free radicals and form chelates with metal ions, which directly determine their antioxidant activity due to their -OH groups and these -OH groups are capable of capturing free oxygen and nitrogen species in the environment (Bernatoniene & Kopustinskiene, 2018).

In our study, antimicrobial activities of aqueous and ethanolic extracts of rosehip fruits were determined. Gram (+) and Gram (-) strains of microorganisms were used in the study by disc diffusion method which is widely used in other studies. The extracts showed activity against microorganisms other than *Y. pseudotuberculosis* ATCC 911, whereas no activity was observed against *Proteus vulgaris* ATCC13315 in aqueous extracts. The choice of extraction method and solvent, the collection of fruits from different regions and at different times, the fruit content, and the state of the fruit (whole or shredded) can all affect the results. (Hacioğlu et al., 2017; Miljković et al., 2024; Tastekin & Çiftci, 2023). In one study, no antimicrobial activity was observed in methanolic extracts of rosehip fruits collected from Erzurum region against *E. coli*, *B. Substilis* and *S. aureus* strains (Yılmaz & Ercişli, 2011), whereas activity against these strains was detected in most of the ethanolic extracts in our study (Table 7). Taştekin and Çiftci (2023), demonstrated antimicrobial activity against *E coli* and *Staphylococcus aureus* strains in dried rosehip extracts collected from 10 different points in the Samsun Region and homogenised with phosphate buffer. It is stated that polyphenolic compounds may show these effects by forming complexes with water-soluble proteins in the bacterial cell wall or by inactivating some microbial enzymes (Moşanu et al., 2018).

In this study in which disc diffusion method was used, no antimicrobial activity was observed in rosehip infusion products in contrast to the extracts. In a study involving 31 plants, including crushed rosehip fruit tea bags, antimicrobial activity against various microorganisms was detected in the infusion products of rosehip tea bags (Hacioğlu et al., 2017). There are also studies on the antimicrobial effects of brewing products of some other fruit teas. In a study on the antimicrobial activity of infusion products of black and green tea, activities of teas infused at different concentrations for 5 minutes were found on *S.aureus* and *P aeroginosa* strains, while no activity was observed in *E.coli* strain (Kadiroğlu & Dıblan, 2017).

CONCLUSION

In this study, antioxidant and antimicrobial activity and phenolic content analyses were carried out in 7 long-term and gradual infusion samples of fresh, dried, frozen, stored at +4 ^{0}C and -20 ^{0}C rosehip fruits. Conclusions, DR and FR infusions products had higher antioxidant activity, TPC and TFC content than the other infusions products, and these activities and contents continued to increase during 360 minutes of infusion at 90 ^{0}C at a temperature below boiling point. However, increased antioxidant activity TPC and TFC content can be obtained from rosehip fruits both frozen, dried and cured at +4 ^{0}C during long infusion process. If freeze storage is planned, thawing, drying and prolonged infusion (more than 120 minutes) of frozen fruits will provide more effective TPC and TFC content. For the yield of

antioxidant activity, frozen rosehip berries (FF, FFDR) had higher values within 120 min than dried and stored at +4 ^{0}C. The fact that the fruits are not fragmented supports the increase of antioxidant activity, TPC and TFC during the long infusion period. Undivided fruit can be used for long-term infusion and will provide higher antioxidant activity after the 120th minute.

REFERENCES

Acet, T. & Ozcan, K. (2018). Aslanpençesi (*Alchemilla ellenbergiana*) ekstrelerinin antioksidan ve antimikrobiyal özelliklerinin belirlenmesi. *Gümüşhane Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi, **8***(1), 113-121 DOI: 10.17714/gumusfenbil.308430

Akar, Z., Orhan, E. & Durmuş, S. (2021). Effects of cold and hot infusions on antioxidant activities of rosehip tea bag. *Turkish Journal of Agriculture - Food Science and Technology*, ***9***(8), 1455-1459. DOI: 10.24925/turjaf.v9i8.1455-1459.4276

Akay, Ş. & Sefaoğlu, M. (2021). Production and characterization of zinc oxide nanoparticles in microsystems via green synthesis. *Gümüşhane Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi, **11***(2), 315-324. DOI: 10.17714/gumusfenbil.819717

Banerjee, S. & Chatterjee, J. (2015). Efficient extraction strategies of tea (Camellia sinensis) biomolecules. *Journal of Food Science and Technology*, ***52***(6), 3158-3168. DOI: 10.1007/s13197-014-1487-3

Bernatoniene, J. & Kopustinskiene, D. M. (2018). The role of catechins in cellular responses to oxidative stress. *Molecule*, ***23***(4), 965. DOI: 10.3390/molecules23040965

Beara, I.N., Lesjak, M. M., Jovin, E.D., Balog, K.J., Anackov, G. T., Orcić, D.Z. & Mimica-Dukić, N.M. (2009). Plantain (Plantago L.) species as novel sources of flavonoid antioxidants. *Journal of agricultural and food chemistry*, ***57***(19), 9268-9273. DOI: 10.1021/jf902205m

Benzie, I.F. & Strain, J.J. (1996). The ferric reducing ability of plasma (FRAP) as a measure of "antioxidant power": the FRAP assay. *Analytical Biochemistry*, ***239***(1), 70-76. DOI: 10.1006/abio.1996.0292

Butkevičiūtė, A., Urbštaitė, R., Liaudanskas, M., Obelevičius, K. & Janulis, V. (2022). Phenolic content and antioxidant activity in fruit of the genus *Rosa L*. *Antioxidants* (Basel, Switzerland), ***11***(5), 912 DOI: 10.3390/antiox11050912

Cabrera, C., Artacho, R. & Giménez, R. (2006). Beneficial effects of green tea--a review. *Journal of the American College of Nutrition*, ***25***(2), 79-99. DOI: 10.1080/07315724.2006.10719518

Chandrasekara, A., & Shahidi, F. (2018). Herbal beverages: Bioactive compounds and their role in disease risk reduction - A review. *Journal of Traditional and Complementary Medicine*, ***8***(4), 451-458. DOI: 10.1016/j.jtcme.2017.08.006

Choi SH. 2009. Essential oil components in herb teas (rose and rosehip). *Journal of Life Science*, ***19***(9), 1333-1336. DOI: 10.5352/JLS.2009.19.9.1333

Darak, M. (2022). *Geleneksel tıpta kullanılan kuşburnu (Rosa canina L.) meyvelerinin farklı saklama koşulları ve demleme sürelerinde antioksidan antimikrobiyal aktivitelerinin ve fenolik içeriğinin incelenmesi.* Gümüşhane Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü. Gümüşhane, Türkiye, 55s.

Faydaoğlu, E. & Sürücüoğlu, M.S. (2011). Geçmisten günümüze tıbbi ve aromatik bitkilerin kullanılması ve ekonomik önemi, *Kastamonu Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, ***11***(1), 52-67.

Giannakourou, M.C. & Taoukis, P.S. (2021). Effect of alternative preservation steps and storage on vitamin C stability in fruit and vegetable products: Critical review and kinetic modelling approaches. *Foods (Basel, Switzerland)*, ***10***(11), 2630. DOI: 10.3390/foods10112630

Göktaş, Ö. & Gıdık, B. (2019). Tıbbi ve Aromatik Bitkilerin Kullanım Alanları. *Bayburt Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, ***2***(1), 145-151.

Gruszecki, R., Mysiak, B. & Walasek-Janusz, M. (2024). Effect drying temparature on the bioactive compounds contents of Rose hips (*Rosa canina L.) Acta Sci. Pol. Hortorum Cultus*, ***23***(3), 57-66. DOI: 10.24326/asphc.2024.5348

Hacioglu, M., Dosler, S., Birteksoz Tan, A.S. & Otuk, G. (2017). Antimicrobial activities of widely consumed herbal teas, alone or in combination with antibiotics: an in vitro study. *PeerJ*, 5,e3467. DOI: 10.7717/peerj.3467

İlyasoğlu, H. & Arpa, T.E. (2017). Effect of brewing conditions on antioxidant properties of rosehip tea beverage: study by response surface methodology. *Journal of food science and technology*, ***54***(11), 3737-3743. DOI: 10.1007/s13197-017-2794-2

Kadiroğlu, P. & Dıblan, S. (2017). Comparison of bioactive and antimicrobial properties of Black and Green Teas. *Çukurova Tarım Ve Gıda Bilimleri Dergisi, **32***(1), 13-18.

Kilinc, K., Demir, S., Turan, I., Mentese, A., Orem, A., Sonmez, M. & Aliyazicioglu, Y. (2020). *Rosa canina* extract has antiproliferative and proapoptotic effects on human lung and prostate cancer cells. *Nutr Cancer*. ***72***(2), 273-282. DOI: 10.1080/01635581.2019.1625936

Kocaman, E.M. & Sormaz, Ü. (2023). Fonksiyonel bir besin olan kuşburnu meyvesinin Türkiye'de tüketimi. *Safran Kültür ve Turizm Araştırmaları Dergisi, **6***(3), 435-453.

Mieczan, A.W. & Wójcik, E.B. (2024). The Effect of brewing time on the antioxidant activity of tea Infusions. *Applied Sciences, **14***(5), 1-11. DOI: 10.3390/app14052014

Miljković, V.M., Nikolić, L., Mrmošanin, J., Gajić, I., Mihajilov-Krstev, T., Zvezdanović, J. & Miljković, M. (2024). Chemical profile and antioxidant and antimicrobial activity of Rosa canina L. dried fruit commercially available in Serbia. *International journal of molecular sciences*, ***25***(5), 2518. DOI: 10.3390/ijms25052518

Moşanu, A.G., Cojocari, D., Balan, G., & Sturza, R. (2018). Antimicrobial activity of rose hip and hawthorn powders on pathogenic bacteria. Journal of Engineering Science, ***15***(4),100-107. DOI: 10.5281/zenodo.2576764

Ghendov-Moşanu, A., Cojocari, D., Balan, G. & Sturza, R. (2018). Antimicrobial activity of rose hip and hawthorn powders on pathogenic bacteria. Journal of

Engineering Science, ***15***(4), 100-107. DOI: 10.5281/zenodo.2576764

Nadpal, J.D., Lesjak, M.M., Šibul, F.S., Anačkov, G.T., Četojević-Simin, D.D., Mimica-Dukić, N.M. & Beara, I.N. (2016). Comparative study of biological activities and phytochemical composition of two rose hips and their preserves: Rosa canina L. and Rosa arvensis huds. *Food Chem.*, ***1***(192), 907-914.

Negrean, O.R., Farcas, A.C., Nemes, S.A., Cic, D.E. & Socaci, S.A. (2024). Recent advances and insights into the bioactive properties and applications of *Rosa canina* L. and its by-products. Heliyon, ***10***(9), e30816. DOI: 10.1016/j.heliyon.2024.e3081

Oz, M., Baltacı, C. & Deniz, İ. (2018). Gümüşhane yöresi kuşburnu (*Rosa canina L.)* ve siyah kuşburnu (*Rosa pimpinellifolia L.*) meyvelerinin c vitamini ve şeker analizleri. *Gümüşhane Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, ***2***, 284-292. DOI: 10.17714/gumusfenbil.327635

Paje, L.A., Choi, J., Lee, H.D., Kim, J., Yu, A.R., Bae, M.J., Geraldino, P.J.L. & Lee, S. (2022). Phenolic acids and flavonoids from Salvia plebeia and HPLC-UV profiling of four Salvia species. *Heliyon*, ***8***(3), e, 09046. DOI: 10.1016/j.heliyon.2022.e09046

Riaz, M., Khalid, R., Afzal, M., Anjum, F., Fatima, H., Zia, S., Rasool, G., Egbuna, C., Mtewa, A.G., Uche, C.Z. & Aslam, M.A. (2023). Phytobioactive compounds as therapeutic agents for human diseases: A review. *Food science & nutrition*, *11*(6), 2500-2529. DOI: 10.1002/fsn3.330

Roman, I., Stănilă, A. & Stănilă, S. (2013). Bioactive compounds and antioxidant activity of Rosa canina L. biotypes from spontaneous flora of Transylvania. *Chemistry Central journal*, ***7***(1), 73. DOI: 10.1186/1752-153X-7-73

Safarov, J. (2020). Drying medicinal plants with the storage of antioxidant properties. *International Journal of Advanced Science and Technology*, ***29***(9), 20115-2119.

Saklar, S., Ertas, E., Ozdemir, I.S. & Karadeniz, B. (2015). Effects of different brewing conditions on catechin content and sensory acceptance in Turkish green tea infusions. *Journal of Food Science and Technology*, ***52***(10), 6639-6646. DOI: 10.1007/s13197-015-1746-y

Selahvarzian, A., Alizade, A., Baharvand, P.A., Eldahşan, O.A. & Rasulian, B. (2018). Medicinal properties of *Rosa canina* L. *Herbal Medicines Journal*, ***3***(2), 77-84. DOI: 10.22087/hmj.v3i2.703

Silva, E.M., Souza, J.N.S., Rogez, H., Rees, J.F. & Y, Larondelle. (2007). Antioxidant activities and polyphenolic contents of fifteen selected plant species from the Amazonian region, *Food Chemistry*, ***101***(3), 1012-1018. DOI: 10.1016/j.foodchem.2006.02.055

Singleton, V. L., Orthofer, R. & Lamuela-Raventos, R. M. (1999). Analysis of total phenols and other oxidation substrates and antioxidants by means of Folin-Ciocalteu reagent, *Methods in Enzymol.* 299, 152-178. DOI: 10.1016/S0076-6879(99)99017-1

Soler-Rivas, C., Espín, J.C. & Wichers, H.J., (2000). An easy and fast test to compare total free radical scavenger capacity of foodstuffs.*Phytochemical Analysis*, ***11***(5),330-338.

Tastekin, B. & Çiftci, G. (2023). Antioxidant Capacity and Antibacterial Potential of Rosehip (Rosa Canina) Fruits Grown. *Journal of Anatolian Environmental and Animal Sciences*, ***8***(1), 103-109. DOI: 10.35229/jaes.1240877

Tiring, G., Satar, S. & Özkaya, O. (2021). Sekonder metabolitler. *Bursa Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi,* ***35***(1), 203-2015

Toydemir, G., Subasi, B.G., Hall, R. D., Beekwilder, J., Boyacioglu, D. & Capanoglu, E. (2022). Effect of food processing on antioxidants, their bioavailability and potential relevance to human health. *Food Chemistry: X*, 14, 100334. DOI: 10.1016/j.fochx.2022.100334

Turan, I., Demir, S., Kilinc, K., Yaman, S.O., Misir, S., Kara, H., Genc, B., Mentese, A., Aliyazicioglu, Y. & Deger, O. (2018). Cytotoxic effect of Rosa canina extract on human colon cancer cells through repression of telomeraseexpression. *Journal of pharmaceutical analysis*, ***8***(6), 394-399. DOI: 10.1016/j.jpha.2017.12.005

Turkben. C., Uylaser, V., İncedayı, B. & Çelikkol, I. (2010). Effects of different maturity periods and processes on nutritional components of rose hip (*Rosa canina L.)*, *Journal of Food Agriculture and Environment*, ***8***(1), 26-30.

Yildirim, R.M., Ozulku, G., Toker, O.S., Baslar, M., Durak, M.Z. & Sagdic, O. (2017), Modeling of bioactive compound content of different tea bags: effect of steeping temperature and time. *Journal of Food Processing and Preservation*, ***41***, e12773. DOI: 10.1111/jfpp.12773

Yilmaz, S.O. & Ercişli, S. (2011). Antibacterial and antioxidant activity of fruits of some rose species from Turkey. *Romanian Biotechnological Letters*, ***16***(4), 6407-6411.

Wenzig, E.M., Widowitz, U., Kunert, O., Chrubasik, S., Bucar, F., Knauder, E. & Bauer, R. (2008). Phytochemical composition and in vitro pharmacological activity of two rose hip (*Rosa canina* L.) preparations. *Phytomedicine : international journal of phytotherapy and phytopharmacology*, ***15***(10), 826-835. DOI: 10.1016/j.phymed.2008.06.012

Zohora, K.F.T. & Arefin, M.R. (2022). Tea and Tea Product Diversification: A Review. *Turkish Journal of Agriculture-Food Science and Technology*, ***10***(12), 2334-2353. DOI: 10.24925/turjaf.v10i12.2334-2353.5280

Journal of Anatolian Environmental and Animal Sciences
(*Anadolu Çevre ve Hayvancılık Bilimleri Dergisi*)
DOI: https://doi.org/10.35229/jaes.1573968

JAES
Year: 9, No: 4, 2024 (721-727)
AÇEH
Yıl: 9, Sayı: 4, 2024 (721-727)

ARAŞTIRMA MAKALESİ RESEARCH PAPER

Melyat Deresi Havzası Bazı Arazi Karakteristikleri ve Yerleşim Düzeninin Konumsal Değişimi

Turan YÜKSEK[1] **Ali Erdem ÖZÇELİK**[1]*

[1]*Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi, Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi, Peyzaj Mimarlığı Bölümü, Rize, Türkiye*

Received: *28.10.2024* ***Accepted:*** *12.12.2024* ***Published:*** *31.12.2024*

Atıf yapmak için: **Yüksek, T. & Özçelik, A.E. (2024).** Melyat Deresi Havzası Bazı Arazi Karakteristikleri ve Yerleşim Düzeninin Konumsal Değişimi. *J. Anatolian Env. and Anim. Sciences*, ***9***(4), 721-727. https://doi.org/10.35229/jaes.1573968

How to cite: **Yüksek, T. & Özçelik, A.E. (2024).** Spatial Analysis of Land Characteristics and Settlement Patterns in Melyat Stream Basin. *Anadolu Çev. ve Hay. Dergisi*, ***9***(4), 721-727. https://doi.org/10.35229/jaes.1573968

*: https://orcid.org/0000-0001-5877-1738
: https://orcid.org/0000-0003-2964-1760

***Corresponding author's:**
Ali Erdem ÖZÇELİK
Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi, Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi, Peyzaj Mimarlığı Bölümü, Rize, Türkiye
✉: alierdem.ozcelik@erdogan.edu.tr

Öz: Kırsal alan yerleşim düzeninin havza tabanlı ve arazi karakteristikleri dikkate alınarak oluşturulması yaşam kalitesi ve ekosistem hizmetlerinin sürdürülebilirliği için oldukça önemlidir. Ancak Melyat Deresi Havzası için havza ölçeğinde yapılmış arazi kullanım ve yerleşim düzenine ait bir planlanma mevcut değildir. Bu çalışmanın amacı Melyat havzasındaki arazi ve yerleşim düzeninin (binaların) yükselti kademeleri, eğim, bakı ve jeolojik yapıya göre dağılımlarının Coğrafi Bilgi Sistemi yardımıyla ortaya konulmasıdır. Yükselti guruplarına göre en geniş arazi varlığı 1280.36 ha (%28,51) ve en fazla bina sayısı 691 adet (%64,34) ile 201-400 m yükseltileri arasında yer almaktadır. Bakılara göre havzadaki arazilerin %54,82'si ve yerleşim düzeninin %50,84'ü güneşli bakılar üzerindedir. Kayaç gruplarına göre en geniş arazi varlığı 1.668.88 ha ve en fazla bina sayısı 786 adet ile Andezit-Bazalt lav ve piroklastları üzerindedir. Eğim gruplarına göre en geniş arazi varlığı (1.710,34 ha) ve en fazla bina sayısı (452 Adet) %41-60 eğim grubu üzerindedir. Melyat deresi arazi kullanım, yerleşim düzeni ve alt yapı planlarının oluşturulmasında yukarıda ortaya konulan havza özelliklerinin dikkate alınması sorunların çözümü ve sürdürülebilir havza yönetimi için yararlı olabilir.

Keywords: Konumsal analiz, coğrafi bilgi sistemleri, yerleşim düzeni.

Spatial Analysis of Land Characteristics and Settlement Patterns in Melyat Stream Basin

***Sorumlu yazar:**
Ali Erdem ÖZÇELİK
Recep Tayyip Erdoğan University, Faculty of Engineering and Architecture, Department of Landscape Architecture, Rize, Türkiye
✉: alierdem.ozcelik@erdogan.edu.tr

Abstract: Establishing rural area settlement patterns based on basins and taking into account land characteristics is very important for the quality of life and sustainability of ecosystem services. However, there is no basin-scale land use and settlement planning for the Melyat Stream Basin. The aim of this study is to determine the distribution of land and settlement patterns (buildings) in the Melyat basin according to elevation level, slope, aspect and geological structure using of Geographic Information System. According to elevation groups, the largest land area is 1.280,36 ha (28.51%) and the largest number of buildings is 691 (64.34%), located between 201-400 m elevations. According to aspects, 54.82% of the land in the basin and 50.84% of the buildings are on sunny aspects. According to rock groups, the largest land area is 1,668.88 ha and the largest number of buildings is 786 on Andesite-Basalt lava and pyroclastics. According to slope groups, the largest land area (1,710.34 ha) and the highest number of buildings (452 units) are on the 41-60% slope group. Taking into account the basin characteristics set out above in the creation of Melyat stream land use, settlement order and infrastructure plans may be useful for solving problems and sustainable basin management.

Anahtar kelimeler: Spatial analysis, geographical ınformation systems, settlement patterns.

GİRİŞ

Dünya genelindeki arazi varlığı ve nüfus değişimine bakıldığında, arazi varlığının sabit olmasına rağmen arazi kullanımı üzerinde baskı oluşturan nüfusun hızlı bir şekilde artmaya devam ettiği görülmektedir. Özellikle geri kalmış ve gelişmekte olan aynı zamanda nüfus artışının hızlı olduğu ülkelerde arazi kullanım sorunları daha fazla ve karmaşık bir yapıdadır. Ülkemiz geneline bakıldığında batıdan doğuya doğru gidildikçe arazi kullanımı ile alakalı sorunların daha fazla olduğu söylenebilir. Özellikle dağınık yerleşim düzeni ve parçalı arazi mülkiyet yapısının hakim olduğu alanlarda arazi kullanım sorunları daha karmaşık bir durumdadır. Bu

alanlarda bulunan arazilerin pek çoğunda kullanım kısıtları (örneğin: aşırı eğim, kırıklı arazi reliyefi, tarıma uygun arazi yetersizliği, vb) bulunmaktadır. Arazilerin kullanım kısıtları dikkate alınmadan yapılan kullanımlar beraberinde pek çok sorun ve riskleri ortaya çıkarmaktadır. Arazi kullanım kısıtları dikkate alınmadan oluşturulan kırsal-kentsel alan yerleşim düzeni nedeniyle altyapı çalışmalarının yürütülmesi hem zor olmakta hem de pahalıya mal olmaktadır. Buna ilaveten küresel iklim değişiminin olumsuz etkilerinin her geçen gün artması araziler üzerinde oluşan sorunların ve zararların daha da artmasına neden olmaktadır. Afetlerin dünya genelinde neden olduğu ekonomik kayıp 2000-2019 yılları arasında 2.97 trilyon dolara ulaştığı ve bu afetlerden 4.03milyar insanın etkilendiği ve 1.23 milyon insanın hayatını kaybettiği (CRED&UNDRR, 2019) ve afet zararlarının artarak devam ettiği belirtilmektedir (Ritchie and Rosado, 2022). Dünya genelinde olduğu gibi Türkiye'de de meydana gelen afetlerin sayısı yıllara göre artmaya devam etmektedir (MGM, 2023). Afet sayısı artışına binaen afetlerin neden olduğu zararlar ve ekonomik kayıplarda artmaya devam etmektedir. Rize il geneli dikkate alındığında sadece 2023 yılında meydana gelen heyelan ve sel gibi doğal afetlerde yaklaşık 1 milyar liralık maddi hasar olduğu ifade edilmektedir (DHA, 2023). İnsan faktörünün direkt ya da indirekt etkili olduğu bu afetlerin ve neden olduğu zararların azaltılabilmesi için afet dirençli planların yapılarak uygulamaya konulması büyük önem arz etmektedir. Afet dirençli planların başarılı olması için havza ölçeğinde ve bütünleşik havza planlama ilkelerine göre yapılması büyük önem arz etmektedir. Ancak ülkemiz geneli dikkate alındığında ülkemizin bazı havzaları (Akkaya vd., 2004; Göl ve Dengiz, 2007; Elibüyük ve Yılmaz, 2010; Karagel ve Karagel, 2010, Dindaroğlu vd., 2012; Atasoy ve Özşahin, 2013; Taş, 2016; Esen ve Avcı, 2017; Yüksek vd., 2019; Yüksek vd., 2020; Özçelik vd., 2021) dışında geride kalan havzalarının pek çoğu için havza tabanlı arazi karakteristikleri, yerleşim düzeni ve arazi kullanımı ile alakalı yapılan çalışmaların olmadığı görülmektedir.

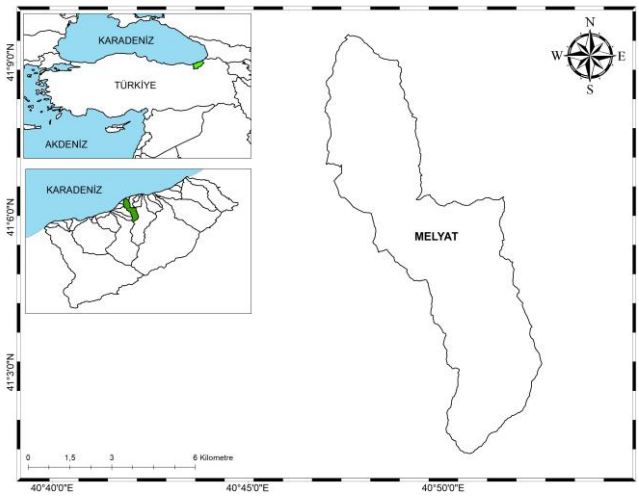
Bu çalışmanın amacı Rize ilinde bulunan Melyat deresi havzasında bazı arazi karakteristikleri ve yerleşim düzeninin konumsal değişiminin tespit edilmesi ve hatalı arazi kullanım sonucu ortaya çıkan sorunların çözümüne katkı sağlayabilecek önerilerin geliştirilmesidir.

MATERYAL VE METOT

MATERYAL

Melyat deresi yağış havzasına ait haritalar (topoğrafik harita, meşcere haritası, jeoloji haritası), Google Earth Pro, ArcGIS.10 yazılımları, Melyat deresini esas alan konu ile alakalı akademik çalışmalar araştırmanın ana materyallerini oluşturmaktadır.

Araştırma Sahası Coğrafi Konumu ve Bazı İklim Özellikleri: Melyat deresi havzası 41°01′16′′ - 41°06′13′′ K enlemleri- 40°47′18′′- 40°51′37′′ D boylamları arasındadır. Melyat deresi havzası Rize ili ile Pazar İlçesi arasında yer almakta olup il merkezine olan uzaklığı 33 kilometre, Rize-Artvin havalimanına uzaklığı 4.2 kilometredir (Şekil 1).



Şekil 1. Araştırma alanı konumu.
Figure 1. Location of the study area.

Melyat deresi havzası için bazı iklim elemanlarının değerlendirilmesinde havzanın 6 km doğusunda bulunan Pazar meteoroloji İstasyonuna ait 1991-2022 yılları arasındaki iklim verileri kullanılmıştır. Bilgili rasat değerlerine göre araştırma alanındaki aylık ortalama maksimum sıcaklık 18 °C, aylık ortalama minimum sıcaklık 10,71°C, aylık ortalama sıcaklık 13.99 °C'dir (Tablo1).

Tablo 1. Araştırma alanı bazı iklim verileri (Rasat Dönemi: 1991-2022).
Table 1. Some climate data of the study area (Observation Period: 1991-2022).

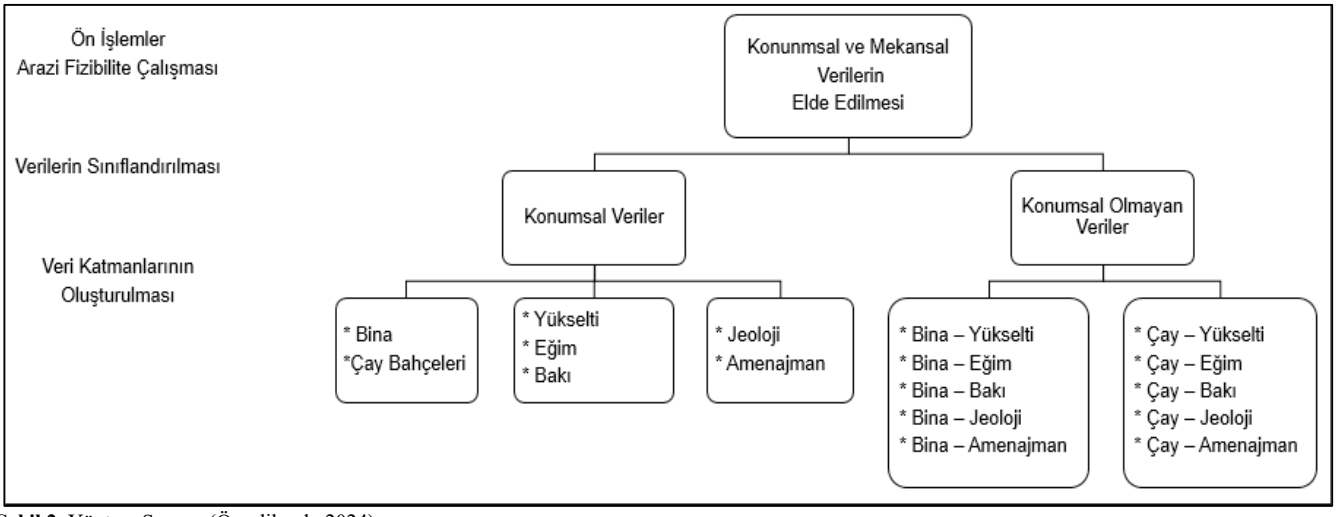
İklim Elemanları	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık
Aylık Ort. Mak. Sıc.(°C)	10,33	10,42	12,07	15,50	19,37	23,52	25,84	26,72	24,00	20,19	15,70	12,40
Aylık Ort. Min. Sıc.(°C)	3,46	3,32	4,74	7,84	11,99	16,21	19,03	19,84	16,39	12,69	8,02	5,04
Aylık Ort. Sıc. (°C)	6,38	6,42	8,03	11,34	15,53	19,83	22,29	23,01	19,80	15,96	11,25	8,10
Aylık Toplam Yağış (mm)	177,64	145,82	135,68	75,71	80,39	127,58	145,87	179,66	259,85	284,39	239,06	21,87
Aylık Ort. Nispi Nem (%)	71,02	70,93	71,78	73,38	76,15	77,03	78,12	78,89	77,77	78,28	73,26	70,59

Aylık ortalama sıcaklıklara göre en soğuk ay 6.38 °C ile ocak ayı, en sıcak ay 23.01 °C ile ağustos ayıdır. Araştırma alanı ve yakın çevresindeki yıllık ortalama nispi nem oranı % 74.77 olup, en yüksek nispi nem değeri %78.89 ile ağustos ayında rastlanılmaktadır. Araştırma alanındaki yıllık toplam yağış miktarı 1.873,52 mm olup aylara göre en fazla yağış 284,39 mm ile Ekim ayında, en düşük yağış 75.71 mm ile nisan ayında meydana

gelmektedir. Araştırma alanı ve yakın çevresinin okyanusallık oranı %30 olup okyanusallık oranı bakımından Türkiyedeki diğer kıyı kesimlerine göre daha yüksek seviyededir (Tandoğan, 1972). Thornthwaite yöntemine göre Melyat havzasının iklim tipi (A B'1 r a') rumuzu ile ifade edilen çok nemli, orta sıcaklıkta (mezotermal), su noksanı olmayan veya pek az olan denizel iklim özelliklerine sahip olduğu ifade edilmektedir (Yüksek, 2017; Özçelik vd., 2021).

METOT

Araştırma alanı havza sınırları Google Earth Pro programı yardımı ile çizilmiştir. Daha sonra aynı program yardımı ile havza sınırları içindeki binaların yerleri belirlenmiştir. Araştırma alanı hazırlık çalışmaları, veri toplama (Tablo 2), temel analizler ve haritalama çalışmalarına ait yöntem şeması Şekil 2'de sunulmuştur.



Şekil 2. Yöntem Şeması (Özçelik vd., 2024).
Figure 2. Method Scheme (Özçelik et al., 2024).

Tablo 2. Araştırma kullanılan veri türü ve kaynağı.
Table 2. Type and source of data used in the research.

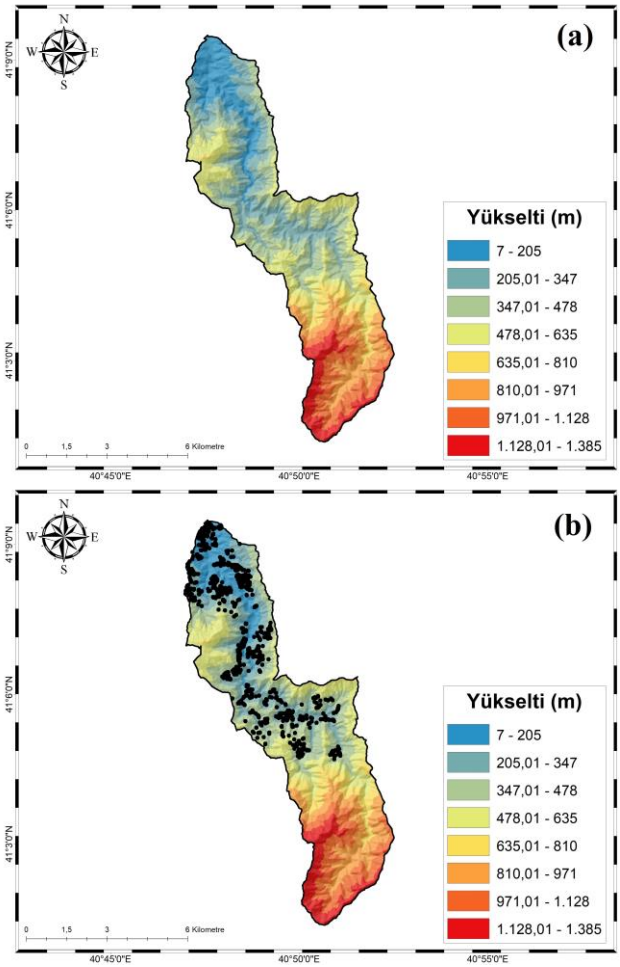
Veri Katmanı	Veri Türü	Veri Kaynağı
Jeoloji	Vektör (Alansal)	Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü (MTA) tarafından paylaşılan web tabanlı açık veri altyapısı kullanılarakgeliştirilmiştir. https://www.mta.gov.tr/ http://yerbilimleri.mta.gov.tr/anasayfa.aspx
Yükselti	Raster	Google Earth ve Open Street Map tarafından paylaşılan web tabanlı açık veri altyapısı kullanılarak geliştirilmiştir.
Amenajman	Vektör (Alansal)	T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı Orman Genel Müdürlüğü tarafından paylaşılan web tabanlı açık veri altyapısı kullanılarak geliştirilmiştir. https://cbs.ogm.gov.tr
İdari Sınırlar	Vektör (Alansal)	T.C. Savunma Bakanlığı Harita Genel Müdürlüğü (HGM), Google Earth ve Open Street Map tarafından paylaşılan web tabanlı açık veri altyapısı kullanılarak geliştirilmiştir.
Binalar	Vektör (Alansal)	Google Earth ve Open Street Map tarafından paylaşılan web tabanlı açık veri altyapısı kullanılarak geliştirilmiştir.
Akarsu	Vektör (Çizgisel)	Google Earth tarafından paylaşılan web tabanlı açık veri altyapısı kullanılarak geliştirilmiştir.

BULGULAR

Yükselti guruplarına göre en geniş arazi varlığı 1280.36 ha (%28,51) ile 201-400 m yükseltileri arasında yer almaktadır. Havzadaki toplam arazi varlığının 3.849,68 hektarı (%85,71) 0-1000 m yükseltileri arasındadır. Havza genelindeki yerleşim düzeni 0-600m yükseltileri arasındadır. Bu yükseltiler arasında en yoğun yerleşim 691 adet ev (%64,34) ile 201-400 m yükseltileri arasındadır (Tablo 3, Şekil 3a-3b).

Tablo 3. Yükselti Gruplarına Göre Arazi ve Binaların Sayısal Dağılımı.
Table 3. Numerical Distribution of Land and Buildings by Elevation Groups.

Yükselti Grubu (m)	Alan (Ha)	Alan (%)	Bina Sayısı (Adet)	Bina Sayısı (%)
0-200	454,84	10,13	286	26,63
201-400	1.280,36	28,51	691	64,34
401-600	1.205,09	26,83	97	9,03
601-800	376,77	8,39	0	0,00
801-1000	532,62	11,86	0	0,00
1001-1200	497,26	11,07	0	0,00
1201-1400	144,76	3,22	0	0,00
Toplam	4.491,70	100,00	1074	100,00



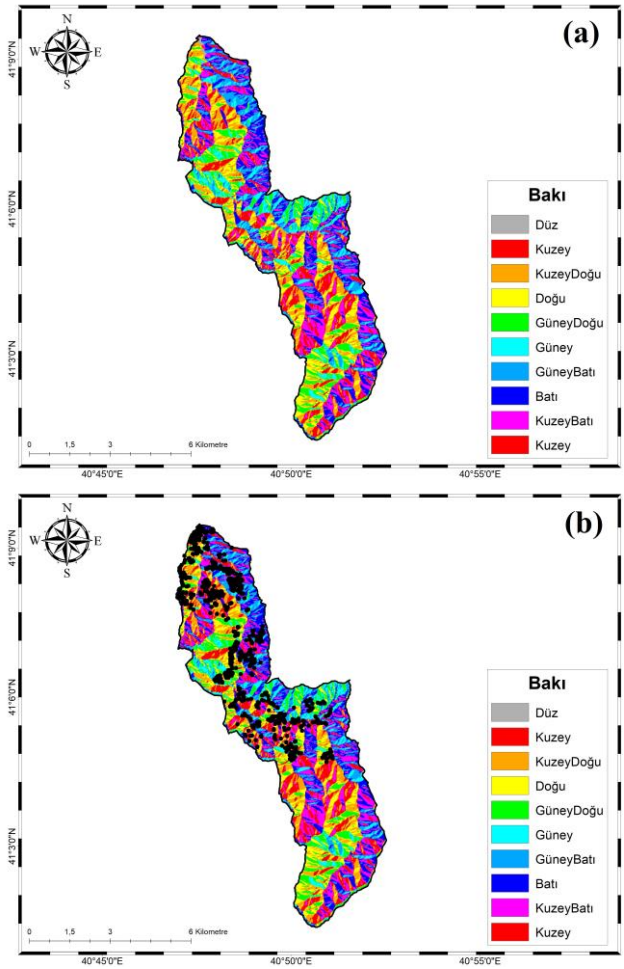
Şekil 3. Araştırma Alanı Yükselti Grupları (a) ve Binaların Yükselti Gruplarına Göre Konumsal Dağılımı (b).
Figure 3. Elevation groups of the research area (a) and spatial distribution of buildings according to elevation groups (b).

Bakılardaki toplam arazi %54,82, Güneşli bakı (%44,69), düz alan (%0,49). Yerleşim düzeninin %48.04'ü gölgeli bakılarda, %50,84'ü ise güneşli bakılar üzerindedir (Tablo 4; Şekil 4a-4b).

Tablo 4. Bakıya Gruplarına Göre Arazi ve Binaların Sayısal Dağılımı.
Table 4. Numerical Distribution of Land and Buildings by Aspect Groups.

Eğim Grubu (%)	Alan (Ha)	Alan (%)	Bina Sayısı (Adet	Bina Sayısı (%)
Doğu	561,69	12,51	182	16,95
Kuzey	621,28	13,83	72	6,70
Kuzeybatı	655,70	14,60	95	8,85
Kuzeydoğu	623,57	13,88	167	15,55
Batı	642,26	14,30	118	10,99
Güney	390,22	8,69	147	13,69
Güneybatı	506,39	11,27	181	16,85
Güneydoğu	468,43	10,43	100	9,31
Düz	22,16	0,49	12	1,12
Toplam	4.491,70	100,00	1074	100,00

Kayaç gruplarına göre en geniş arazi varlığı 1.668,88 hektar (%37,15) ile Andezit-Bazalt lav ve piroklastları üzerinde, en az arazi varlığı 18,10 hektar (%0,40) ile konglomera üzerindedir (Tablo 5a-5b). Kayaç guruplarına göre en fazla sayıda bina 786 adet (%73,18) ile Andezit-Bazalt lav ve piroklastları üzerinde, en az sayıda bina 18 adet (%1,68) ile Bazik aglomera, spilit üzerindedir. Granit ve Konglomera kayaçları üzerinde binaya rastlanılmamıştır (Tablo 5; Şekil 5a-5b).

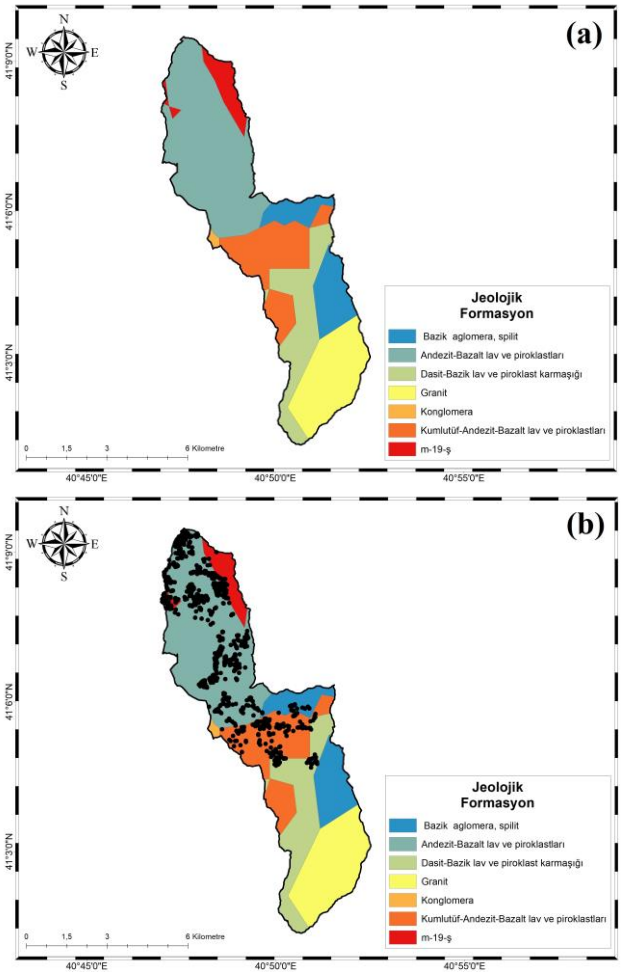


Şekil 4. Araştırma Alanı Bakı Grupları (a) ve Binaların Bakı Gruplarına Göre Konumsal Dağılımı (b).
Figure 4. Aspect groups of the research area (a) and spatial distribution of buildings according to aspect groups (b).

Tablo 5. Arazi ve Binaların Kayaç Türlerine Göre Dağılımları.
Table 5. Distribution of Land and Buildings by Rock Types.

Kayaç Türleri	Alan (Ha)	Alan (%)	Bina Sayısı (Adet)	Bina Sayısı (%)
Bazik aglomera, spilit	507,36	11,30	18	1,68
Andezit-Bazalt lav ve piroklastları	1.668,88	37,15	786	73,18
Dasit-Bazik lav ve piroklastları	672,76	14,98	44	4,10
Granit	729,55	16,24	0	0
Konglomera	18,10	0,40	0	0
Kumlutüf-Andezit-Bazalt lav ve piroklastları	695,56	15,49	156	14,53
m-19-ş	199,49	4,44	70	6,52
Toplam	4.491,70	100,00	1074	100,00

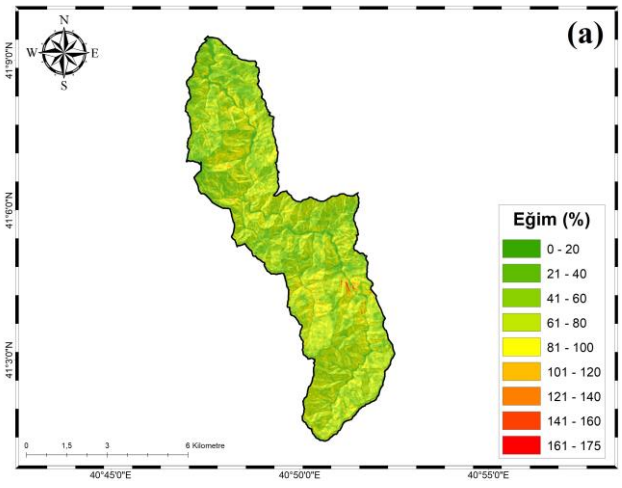
Havza genelinde eğim gruplarına göre en fazla arazi 1.710,34 hektar (%18,37) ile %41-60 eğim gurubunda yer alırken; en az arazi varlığı 28,46 hektar (%0,63) ile %100'den daha yüksek eğim grubunda yer almaktadır (Tablo 6; Şekil 6a-6b). Eğim gruplarına göre en fazla bina 452 adet (%42,09) ile %41-60 eğim grubunda yer almaktadır.

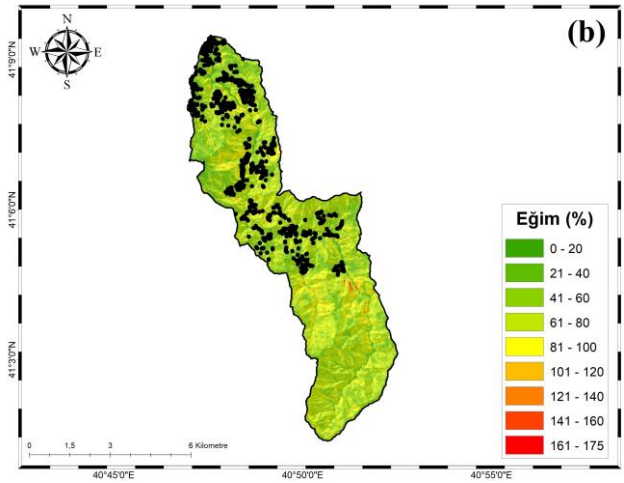


Şekil 5. Araştırma Alanı Kayaç Grupları (a) ve Binaların Kayaç Gruplarına Göre Konumsal Dağılımı (b).
Figure 5. Research Area Rock Groups (a) and Spatial Distribution of Buildings According to Rock Groups (b).

Tablo 6. Arazi ve Binaların Eğim Gruplarına Göre Dağılımları.
Table 6. Distribution of land and buildings by slope groups.

Eğim Grubu (%)	Alan(Ha)	Alan(%)	Bina Sayısı (Adet)	Bina Sayısı (%)
0-20	200,60	4,47	76	7,08
21-40	843,19	18,77	356	33,15
41-60	1.710,34	38,08	452	42,09
61-80	1.422,32	31,67	158	14,71
81-100	286,79	6,38	32	2,98
>100	28,46	0,63	0	0,00
Toplam	4.491,70	100,00	1074	100,00



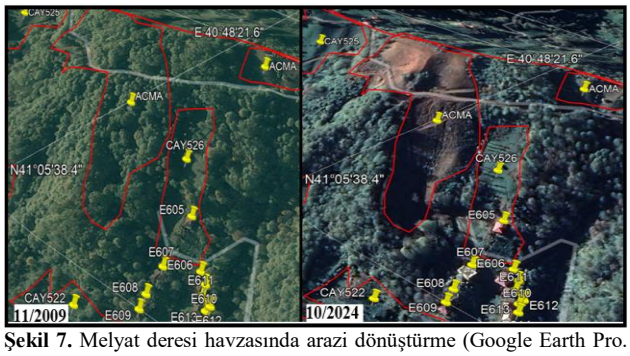


Şekil 6. Araştırma Alanı Eğim Grupları (a) ve Binaların Eğim Gruplarına Göre Konumsal Dağılımı (b).
Figure 6. Slope Groups of the research area (a) and spatial distribution of buildings according to slope groups (b).

TARTIŞMA VE SONUÇ

Melyat deresi yağış havzasında arazi kullanım ve yerleşim düzeni ile alakalı uygulanmakta olan bir plan yoktur. Havza içindeki yerleşim düzeni sahip olunan imkanlar çerçevesinde ve arazi mülkiyet yapısına göre şekillenmiştir. Dağınık bir yerleşim düzeninin olduğu Melyat deresi havzasında yerleşim yoğunluğu kuzeyden güneye doğru hızlı bir şekilde azalmaktadır. Dağınık yerleşim düzeni nedeniyle bir yandan havza içindeki alt yapı hizmetlerinin (yol, yol kaplama, yol bakım ve onarımı, su, elektrik, internet, katı atık toplama vb) yürütülmesi zorlaşırken; diğer yandan maliyeti de artmaktadır. Dağınık yerleşim düzenine göre yapılan yol açma ve ev kurma amaçlı kazı çalışmalarında jeolojik formasyon başta olmak üzere arazilerin taşıdığı kısıtlayıcı özellikler dikkate alınmadığı için bu alanlarda toprak kayması ve heyelan oluşturma riskleri artarak devam etmektedir. Nitekim yapılan pek çok farklı araştırmada eğimli yamaç araziler üzerinde yol çalışmaları başta olmak üzere yürütülen her türlü kazı çalışmalarının yamaç stabilitesini bozduğu belirtilmektedir (Borga vd., 2004; Shrestha, 2021; Komadja vd., 2021). Melyat Deresi havzasında olduğu gibi, sürdürülebilir havza yönetimi ve arazi kullanım planlaması, özellikle eğim ve erozyon riski yüksek alanlarda toprak stabilitesinin sağlanması için kritik öneme sahiptir. Benzer şekilde, Çapakçur mikro havzasında yapılan rehabilitasyon çalışmaları, bu tür alanlarda iyileştirici müdahalelerin ekosistem dayanıklılığını artırabileceğini göstermiştir (Meral vd., 2019). Arazi üzerinde yapılan her türlü kazı çalışmaları ile yamaç stabilitesi ve suyun hidrolik bozulmakta ve bunun sonucunda sel-taşkın veya heyelan meydana oluşma riski daha da artmaktadır. Rize ilindeki farklı akarsu havzaları dikkate alındığında bitki örtüsünün en az tahrip edildiği havzalardan biri Melyat deresi havzasıdır. Bu nedenle Rize

il genelinde en az sel-taşkın olayının meydana geldiği havzalardan biridir. Ancak 30-31 Ağustos 1995 yılında kısa süreli sağanak yağış sonucu Melyat deresi havzasının içinde olduğu Ardeşen-Pazar-Güneysu arasındaki arazilerin tümü etkilenmiş ve Melyat deresi havzasında meydana gelen sel ve taşkın olayı sonucu tarım arazileri zarar görmüş, köprüler yıkılmış ve yolların bazı kesimleri kullanılamaz hale gelmiştir (Yüksek, 2011). Arazi kullanımı ile alakalı bir diğer önemli sorun toprak koruma yeteneği daha fazla olan orman arazilerinin tahrip edilerek çay tarım alanlarına dönüştürülmesi (Şekil 7) suretiyle yamaç stabilitasyonu bozulmakta, yamaç boyunca akışa geçen suyun miktarı ve bunun sonucunda sel-taşkın ve heyelan riski daha da artmaktadır.



Şekil 7. Melyat deresi havzasında arazi dönüştürme (Google Earth Pro. Programından alınmıştır.
Figure 7. Land conversion in Melyat stream basin (taken from Google Earth Pro. Program.

Nitekim pek çok farklı araştırmada bitki örtüsünün tahrip edilmesi sonucunda suyun hidrolik döngüsünün değiştiği ve yüzeysel akışa geçen su miktarının artığı ifade edilmektedir (Xing vd., 2010; Yüksek ve Yüksek, 2015; Ding vd., 2022; Potić vd., 2022; Ma vd., 2024). Afetlere dirençli sürdürülebilir kırsal alan yerleşimi için plansız arazi kullanımlarına ivedilikle son verilmeli ve yapılacak olan planlamalarda yukarıda belirtilen hususların dikkate alınması oldukça yararlı olabilir.

KAYNAKLAR

Akkaya Aslan, Ş.T., Gündoğdu, K.S. & Demir, A.O. (2004). Sayısal Yükseklik Modelinden Yararlanılarak Bazı Havza Karakteristiklerinin Belirlenmesi: Bursa Karacabey İnkaya Göleti Havzası Örneği. *Ulud. Üniv. Zir. Fak. Derg.*, ***18***(1), 167-180.

Atasoy, A. & Özşahin, E. (2013). Yükseltiye Bağlı Olarak Nüfus Değişir mi? Hatay Örneği. *Uluslararası Sosyal Araştırmalar Dergisi*, ***6***(26), 92-108.

Borga, M., Tonelli, F. & Selleroni, J. (2004). A Physically Based Model of The Effects of Forest Roads on Slope Stability. *Water Resour. Res.*, ***40***, W12202. DOI: 10.1029/2004WR003238

CRED & UNDRR. (2019). Human cost of disasters; an overview of the last 20 years (2000-2019). https://www.preventionweb.net/files/74124_humancostofdisasters20002019reportu.pdf (Erişim:16.10.2024).

Dindaroğlu, T., Özgül, M. & Canpolat, M.Y. (2012). Sayısal Yükseklik Modeli Kullanılarak Bazı Havza Karakteristiklerinin Saptanması ve Arazi Kullanımı. *KSÜ Mühendislik Bilimleri Dergisi Özel Sayı*, 197-205.

Ding, B., Zhang, Y., Yu, X., Jia, G., Wang, Y., Wang, Y., Zheng, P. & Li, Z. (2022). Effects of Forest Cover Type and Ratio Changes on Runoff and Its Components. *International Soil and Water Conservation Research*, ***10***(3), 445-456. DOI: 10.1016/j.iswcr.2022.01.006.

Elibüyük, M. & Yılmaz, E. (2010). Türkiye'nin Coğrafi Bölge ve Bölümlerine Göre Yükselti Basamakları ve Eğim Grupları. *Coğrafi Bilimler Dergisi,* ***8***(1), 27-55.

Esen, F. & Avcı, V. (2017). Tunceli İli'nde Topoğrafik Faktörlere Göre (Yükselti, Eğim, Bakı) yerleşmelerin ve nüfusun dağılışı. *Uluslararası Sosyal Araştırmalar Dergisi,* ***10***(51), 376-389. DOI: 10.17719/jisr.2017.1774

Göl, C. & Dengiz, O. (2007). Çankırı-Eldivan Karataşbağı Deresi Havza Arazi Kullanım-Arazi Örtüsündeki Değişim ve Toprak Özellikleri. *OMÜ Ziraat Fakültesi Dergisi*, ***22***(1), 86-97.

Karagel, H. & Karagel, D.Ü. (2010). Devrek ilçesinde yerleşmelerin kuruluş yeri seçiminde etkili olan coğrafi faktörler. *E-Journal of New World Sciences Academy*, ***5***(2), 4A0022, 76-97.

DHA. (2023). Rize'de 1 yıllık sel ve heyelanın hasarı 1 milyar lira, Haber Tarihi: 23.12.2023, Haber Geçen: Mehmet Can Peçe, https://www.dha.com.tr/foto-galeri/rizede-1-yillik-sel-ve-heyelanin-hasari-1-milyar-lira-2363936/1 (Erişim:15 Ekim 2024).

Komadja, G.C., Pradhan, S.P., Oluwasegun, A.D., Roul, A.R., Stanislas, T.T., Laïbi, R.A., Adebayo, B. & Onwualu, A.P. (2021). Geotechnical and Geological Investigation of Slope Stability of a Section of Road Cut Debris-Slopes Along NH-7, Uttarakhand, India. *Results in Engineering*, ***10*** 100227. DOI: 10.1016/j.rineng.2021.100227

Ma, S., Zhou, S., Yu, B.& Song, J. (2024). Deforestation-Induced Runoff Changes Dominated Byforest-Climate Feedbacks. *Science Advances*, ***10***, eadp3964, 12pages.

Meral, A., Yüksel, A., Demir, Y., Başaran, N., Doğan, T.G., Kaya, S. & Eroğlu, E. (2019). Soil Stabilization and Landscape Rehabilitation Studies in Erosion Areas: Capakcur Microcatchment Example, *Fresenius Environmental Bulletin*, ***28***(7), 5518-5529.

MGM. (2023). 2022 Yılı Meteorolojik Afetler Değerlendirmesi, T.C. Çevre, Şehircilik Ve İklim Değişikliği Bakanlığı Meteoroloji Genel Müdürlüğü, Araştırma Dairesi Başkanlığı,

Meteorolojik Afetler Şube Müdürlüğü, ANKARA, **117s.** https://www.mgm.gov.tr/FILES/genel/raporlar/2022afet.pdf (Erişim Tarihi: 10.09.2024)

Özçelik, A.E., Yüksek, T., Yüksek, F. & Verep, B. (2021). Havza ve Arazi Karakteristiklerinin Coğrafi Bilgi Sitemleri (CBS) Yardımıyla Değerlendirilmesi: Pazar Hemşin Deresi Havzası Örneği. *Anadolu Çev. ve Hay. Dergisi, **6***(2), 252-260. DOI: 10.35229/jaes.913362

Potić, I., Mihajlović, L.M., Šimunić, V., Ćurčić, N.B. & Milinčić, M. (2022). Deforestation as a Cause of Increased Surface Runoff in the Catchment: Remote Sensing and SWAT Approach-A Case Study of Southern Serbia. *Front. Environ. Sci*., ***10***, 896404. DOI: 10.3389/fenvs.2022.896404

Ritchie, H. & Rosado, P. (2022). Natural Disasters". Data adapted from EM-DAT, CRED / UCLouvain. Retrieved from https://ourworldindata.org/grapher/economic-damage-from-natural-disasters (Erişim Tarihi: 16.10.2024).

Shrestha, J.K. (2021). Impact of Road Cuts in Slope Stability in Hilly Regions of Nepal. *Journal of Advanced College of Engineering and Management*, ***6***, 43-55.

Tandoğan, A. (1972). Çayeli-Pazar Yöresinin Fiziki Coğrafyası. *Coğrafya Araştırmaları Dergisi*, ***3-4***, 205-294.

Taş, E. (2016). Coğrafi bilgi sistemleri yardımıyla havza karakteristiklerinin belirlenmesi: Afyonkarahisar Çay deresi havzası. *International Academic Research Congress,* Antalya. Türkiye, 603-610.

Yüksek, T. (2011). Rize Yöresinde Yanlış Arazi Kullanımı ve Neden Olduğu Çevresel Sorunlar. *Doğu Karadeniz Bölgesi Heyelan ve Taşkın Sempozyumu, 10-11 Şubat, 2011, Trabzon.* http://www.dsi.gov.tr/docs/sempozyumlar/1-4-rize-y%C3%B6resinde-yanl%C4%B1%C5%9F-arazi-kullan%C4%B1m%C4%B1-ve-neden-oldu%C4%9Fu-%C3%A7evresel-sorunlar---yrd-do%C3%A7-dr-turan-y%C3%BCksek.pdf?sfvrsn=2.

Yüksek, F.& Yüksek, T. (2015). Growth Performance of Sainfoin and Its Effects on The Runoff, Soil Loss and Sediment Concentration in a Semi-Arid Region of Turkey. *CATENA*, ***133***, 309-317. DOI: 10.1016/j.catena.2015.05.018

Yüksek, T., Özçelik, A.E. & Verep, B. (2019). Çağlayan havzasının (Fındıklı-Rize) bazı havza karakteristiklerinin coğrafi bilgi sistemleri ile değerlendirilmesi. *Anadolu Çevre ve Hayvancılık Bilimleri Dergisi*, ***4***(3), 532-538. DOI: 10.35229/jaes.648366

Yüksek, T., Özçelik, A.E. & Verep, B. (2020). Fırtına havzasının bazı havza karakteristikleri ile arazilerin fizyografik özelliklere göre dağılımlarının coğrafi bilgi sistemleri ile belirlenmesi. *Anadolu Çevre ve Hayvancılık Bilimleri Dergisi*, ***5***(3), 439-449. DOI: 10.35229/jaes.792606

Xing, M., Xu, J., Luo, Y., Aggarwal, S.P. & Li, J. (2010). Response of Hydrological Processes to Land-Cover and Climate Changes in Kejie Watershed, South-West China. *Hydrological Processes*, ***23***(8), 1179e1191. DOI: 10.1016/j.iswcr.2022.01.006

Journal of Anatolian Environmental and Animal Sciences
(*Anadolu Çevre ve Hayvancılık Bilimleri Dergisi*)
DOI: https://doi.org/10.35229/jaes.1576108

JAES
Year: 9, No: 4, 2024 (728-733)
AÇEH
Yıl: 9, Sayı: 4, 2024 (728-733)

ARAŞTIRMA MAKALESİ RESEARCH PAPER

Cyprinus carpio ile Elde Edilen Surimi Tozundan Üretilen Krakerlerin Buzdolabı Koşullarında Raf Ömrünün Belirlenmesi

Nermin KARATON KUZGUN*
Munzur Üniversitesi, Su Ürünleri Fakültesi, Avlama ve İşleme Teknolojisi Bölümü, Tunceli

Received: *30.10.2024* ***Accepted:*** *12.12.2024* ***Published:*** *31.12.2024*
Atıf yapmak için: **Karaton Kuzgun, N. (2024).** *Cyprinus carpio* ile Elde Edilen Surimi Tozundan Üretilen Krakerlerin Buzdolabı Koşullarında Raf Ömrünün Belirlenmesi. *J. Anatolian Env. and Anim. Sciences*, ***9***(4), 721-727. https://doi.org/10.35229/jaes.1576108
How to cite: **Karaton Kuzgun, N. (2024).** The Determination of Shelf Life of Crackers Produced from Surimi Powder Obtained with *Cyprinious carpio* in Refrigerator Conditions. *Anadolu Çev. ve Hay. Dergisi*, ***9***(4), 721-727. https://doi.org/10.35229/jaes.1576108

*: https://orcid.org/0000-0002-9430-1802

***Corresponding author's:**
Nermin KARATON KUZGUN
Munzur Üniversitesi, Su Ürünleri Fakültesi, Avlama ve İşleme Teknolojisi Bölümü, Tunceli, Türkiye
✉: nerminkaraton@munzur.edu.tr

Öz: Bu araştırma, *Cyprinus carpio* kıyması ile elde edilen surimi tozunun balık krakerlerinin üretimi sonucu buzdolabı koşullarındaki mikrobiyolojik ve kimyasal özelliklerinin belirlenmesini amaçlamıştır. Fileto haline getirilen balıklar kıyma haline getirilip, soğutulmuş su ile iki kez 10 dakika süre ile yıkandı. Üçüncü yıkanma, soğutulmuş %0.3'lük tuz solüsyonu ile 5 dakika karıştırılarak yapılıp ve fazla su süzgeç kullanılarak peynir torbası içinde süzüldü ve daha sonra 60 ±5°C'lik turbo fırında 12 saat kurutuldu ve parçalayıcıda toz haline getirildi. Surimi tozu balık kraker hamuruna eklenip yoğuruldu ve kraker şekli verilip pişirildi. Elde edilen krakerlerin mikrobiyolojik özellikleri incelendi. Elde edilen sonuçlara göre buzdolabı koşullarında 15. günde mikrobiyolojik olarak bozulduğu gözlemlendi. Ayrıca surimi tozunun işlevselliği ile balık türüne ve kullanılan kurutma metoduna bağlı olarak değişim gösterebilir. Konunun daha iyi anlaşılması için Ar-Ge çalışmaları yapılmalıdır.

Keywords: Balık kraker, *Cyrinious carpio*, surimi.

The Determination of Shelf Life of Crackers Produced from Surimi Powder Obtained with *Cyprinious carpio* in Refrigerator Conditions

***Sorumlu yazar:**
Nermin KARATON KUZGUN
Munzur University, Faculty of Fisheries, Department of Fishing and Processing Technology, Tunceli, Türkiye
✉: nerminkaraton@munzur.edu.tr

Abstract: This study aimed to determine the microbiological and chemical properties of surimi powder obtained from *Cyprinious carpio* minced meat in the production of fish crackers under refrigerator conditions. The filleted fish were minced and washed twice with cooled water for 10 minutes. The third wash was done by mixing with cooled 0.3% salt solution for 5 minutes and the excess water was drained in a cheese bag using a strainer and then dried in a turbo oven at 60 ± 5°C for 12 hours and turned into powder in a crusher. Surimi powder was added to the fish cracker dough and baked after shaping into crackers. The microbiological and chemical properties of the obtained crackers were examined. According to the results, microbiological deterioration occurred on the 15th day under refrigerator conditions. In addition, the functionality of surimi powder may vary depending on the drying method used and the type of fish. There should be R&D studies to better understand the topic.

Anahtar kelimeler: *Cyrinious carpio*, fish cracker, surimi.

GİRİŞ

Çalışan kadınların sayısında meydana gelen artış ve iş için ya da üniversite için bireylerin ailelerinden uzakta yaşamaları, yoğun hayat temposu sebebiyle teknolojideki gelişmeler nedeniyle günümüz standartlarında ambalajlı, hazır, taşınması kolay ve tüketim için hazır olan gıdaların tercihi beslenme bakımından önem arzetmektedir (Aksoylu Özbek, 2013; Tayar ve Hecer, 2016). Yeni biri ürün geliştirmek için, bu kapsamada yapılan araştırmalar farklı yaş gruplarına hitap etmekte olan, atıştırmalık gıdalar (snack foods) olarak ifade edilen bu gıdaların tüketimi dünya genelinde gün geçtikçe artış göstermektedir (Karaton Kuzgun, 2017; Karaton Kuzgun, 2018).

Surimi eldesi; kan, kir, yağ, kokulu maddeler ve mukoza gibi istenmeyen etmenlerin kıyma haline getirilmiş balık etinden uzaklaştırılması ve miyofibriller protein oranını artırmak maksadıyla balık etinin kıyma haline getirilmesi sonrası soğutulmuş su ile tekrar tekrar yıkanmaya tabi tutulması işlemidir. Bu işlemler neticesinde aminoasitler, ribonükleotidler ve organik asite dayalı karakteristik balık tadı ve kokusu neredeyse tamamıyla ortamdan uzaklaştırılır (Park, 2005; Çaklı, 2007).

Yalnız tahıl kökenli besinlerle beslenildiğinde vücut canlılığını kaybetmektedir (Tayar ve Hecer, 2016). Günümüzde büyük miktarlarda tüketilen bu ürünlerin balık eti ile zenginleştirilmesinin yararlı olacağı düşünülmektedir (Karaton Kuzgun, 2017; Karaton Kuzgun, 2018).

Bu çalışmada, Sazan (*Cyprinious carpio*, L., 1758) balıklarından hazırlanmış krakerlerin raf ömrü boyunca mikrobiyolojik ve kimyasal değişimlerini incelemeyi amaçlamıştır.

MATERYAL VE METOT

Bu çalışmada Keban Baraj Gölü'nde (Türkiye) avlanan sazan (*Cyprinus carpio* L., 1758) balığı kullanıldı. Balıkların boyu ortalama 60-70 cm uzunluğunda ve 2-3 kg ağırlığında taze olarak 4 adet temin edildi (2022-2023 yılında Aralık- Ocak aylarında) ve soğuk ortamda Munzur Üniversitesi Pertek Sakine Genç Meslek Yüksekokulu laboratuvarına getirilerek aynı gün içerisinde işleme alındı.

Surimi tozu üretimi: Balıklar; baş, iç organları, kılçıkları temizlendikten ve kalan kan, kir, iç artıklarını ortamdan uzaklaştırmak maksadıyla içilebilir nitelikteki su ile yıkanıp, derilerinden ayrıldıktan sonra filetoları çıkartıldı. Yıkanan balıklar parçalayıcı yardımıyla kıyma haline getirilip, elde edilmiş olan kıyma geniş bir kaba aktarılarak öncesinde buzdolabı koşullarında soğutulmuş su ile (8 ±2°C) ile iki kez 1/5 et-su oranında ortalama 10 dakika süre ile yıkandı. Üçüncü yıkama olan son aşamada, soğutulmuş %0.3'lük tuz solüsyonuyla 5 dakika kadar karıştırılmak suretiyle yapılıp ve fazla su süzgeç yardımıyla süzüldü. Fazla suyu alındıktan sonra kıyma, bir peynir torbası içerisinde 4°C'de preslenerek suyundan iyice arındırılıp (Köse vd., 2006; Duman vd., 2012) 60 ±5°C'lik turbo fırında 12 saat kurutuldu. Kurutulmuş surimi, mutfak robotundan geçirilerek surimi tozu oluşturuldu. Daha sonra kraker yapım aşamasına geçildi.

***Surimi tozu ilave edilmiş krakerlerin yapımı*:** Krakerlerin hamur karışım oranı Tablo 1'de de görüldüğü gibi, %16 Surimi tozu, %2 tuz, %2 şeker, %12 ayçiçek yağı, %1 kekik, %2 yumurta, %13 tereyağı, %40 un, %12 buğday nişastası oranında eklendi ve homojen bir karışım elde edilene kadar mikserde (Tefal) karıştırıldı. Daha sonra hamur bir fırın tepsisine dökülüp bir ekstraktör (30 mm çapında) ile sıkıştırılıp şekil verildi. İki ayrı grup oluşturuldu. Şekil verilen kraker fırında 180°C'de pişirildi ve strafor tabaklara bırakılarak streç film ile kaplandı ve 4±1°C'de muhafaza altına aldı. Araştırma 2 tekerrürlü yapıldı. Örnekler muhafazanın belirli günlerinde (0., 5., 10. ve 15. günler) mikrobiyolojik yönden incelendi.

Tablo 1. Balık krakerindeki karışım oranları.
Table 1. Mixing ratios in fish crackers.

	K(%)	S(%)
Surimi Tozu	-	16
Un	56	40
Buğday nişastası	12	12
Tuz	2	2
Şeker	2	2
Ayçiçek yağı	12	12
Kekik	1	1
Yumurta	2	2
Tereyağı	13	13

K:Kontrol, **S:**Surimi Tozu.

***Mikrobiyolojik Analizler*:** Mikrobiyolojik değerlerin belirlenmesi için, örneklerin bir parçalayıcıya ait (Stomacher) steril poşete 10g gelecek şekilde tartımı yapıldı ve üzerine steril %0,1'lik pepton water'dan 90 ml eklenerek parçalayıcıda homojen bir karışım oluşturuldu ve böylece örnekten 10^{-1} (1/10)'lik bir dilüsyon hazırlandı. Bu dilüsyondan aynı seyrelticinin kullanmasıyla 10^{-6}'ya kadar diğer seyreltileri yapılarak plak dökme yöntemi ile ekimleri yapıldı (Harrigan,1998; Varlık vd.,1993).

***Mezofilik Aerob Bakterilerin Sayımı (MAB)*:** Örneklerin mezofil aerob bakterilerinin sayısını belirlemek için Plate Count Agar (LAB149, 125801/093) kullanıldı. Ekim yapıldıktan sonra plaklar, 30±1 °C'de 3 gün bekletilmesinin ardından oluşan koloni sayısı ile sayımı yapıldı (Harrigan ve McCance, 1976; ICMSF, 1986A).

***Toplam Psikrofilik Aaerob Bakteri Sayımı (PB)*:** Psikrofilik bakteri sayısının belirlenmesi amacıyla Plate Count Agar besiyeri (PCA) (LAB149, 125801/093) kullanıldı. Ekimi gerçekleştirilen plaklar 5±1 °C'de 7-10 gün bekletilmesinin ardından oluşan koloniler değerlendirildi (Harrigan, 1998).

***Maya-Küf Sayımı*:** Örneklerin maya ve küf miktarının belirlenmesi için % 10'luk tartarik asit eklenerek pH'sı 3,5'e düşürülmüş Potato Dextrose Agar besiyeri (PDA) (LABM098, 123328/229) kullanıldı. Plaklar 25 ±1 °C'de 4-5 gün bekletildikten sonra oluşan kolonilerin sayımı yapıldı (ICMSF, 1986b).

Kimyasal analizler

TVB-N miktarı:Toplam uçucu bazik azot (TVB-N) içeriği (mg/100g), Conell ve Shewan (1979) tarafından geliştirilen buharı damıtılması yoluyla yapıldı. Homojen hale getirilmiş örneğe MgO katalizörlüğü ile su buharı distilasyonu sonucu uçucu bazlar, % 3'luk H_3BO_3 çözeltisinde tutulmuş ve ayrılan bazlar Tashiro İndikatörü ile

beraber 0,1 N HCl asit ile titre edilip örneklerin TVB-N miktarı mg/100g olarak hesaplanmıştır.

***TBA miktarı*:** Tarladgis vd. tarafından geliştirilen yöntem (1960), krakerlerde tiyobarbiturik asit (TBA) değerini (mg MA/kg) belirlemek için kullanıldı. Homojenize edilmiş örnek ile saf su, HCl, ve köpük önleyici eklenip, destilasyon düzeneğine bağlanır. Yaklaşık 50 ml destilat toplanana kadar destilasyona devam edilir. Elde edilen destilat TBA reaktifi ile kaynatılır ve oluşan malondialdehitten elde edilen kırmızı rengin 538 nm'deki absorbansı spektrofotometrede okundu. Örneklerin malondialdehit değeri, absorbans değerinin 7,8 faktörü ile çarpılmasıyla hesaplandı.

***İstatistiksel analizler*:** Bu araştırmada, gruplar arasındaki farklılıkların değerlendirilmesi için IBM SPSS22 (İstatistiksel analiz programı) bilgisayar istatistik paket programı kullanıldı raf ömrü boyunca analiz günleri arasındaki farklılıkların ($p<0,05$) istatistiksel açıdan önemi varyans analizi (ANOVA) ile belirlendi (Özdamar, 2001).

BULGULAR VE TARTIŞMA

Bu araştırmada; sazan (*Cyprinus carpio* L., 1758) kıymasından yapılan surimi tozu ilave edilmiş krakerlerin strafor tabaklara bırakılarak strech film ile ambalajlandıktan sora 4+1°C' de muhafazası esnasında sayısı mikrobiyolojik (Toplam mezofilik aerobik sayısı, Psikrofilik bakteri sayısı ve Maya-Küf Sayısı) ve kimyasal (TVB-N ve TBA) niteliklerinde meydana gelen değişimler incelenmiştir. Deneysel kraker örneklerinin üretim aşamasında ve raf ömrü boyunca analiz bulguları Tablo 2 ve Tablo 3'de sunulmuştur.

***Üretim aşamasındaki mikrobiyolojik ve kimyasal niteliklerde meydana gelen değişimler*:** Tablo 2'de sunulduğu gibi, çalışmada kullanılan kraker örneklerinin, toplam mezofilik aerobik bakteri sayısı (MAB) incelendiğinde, *Cyprinus carpio* etinde tespit edilen MAB grubu bakterilerinin sayısı 4,20±0,25 kob/g olarak tespit edilmiştir. Balık etinin surimi üretim aşamalarından ilki olan 1. soğuk su ile yıkama sonrası balık etindeki toplam mezofilik aerobik bakteri sayısı 3,38±0,82 kob/g olarak, 2. yıkama sonrası 2,83±0,35 kob/g ve son olarak 3. yıkama sonrası ise 2,73±0,26 kob/g olarak belirlenmiş olup bu her yıkama sonrasında düzenli azalışlar olduğu gözlemlenmiştir. Nath ve Singh (2019), yapmış olduğu çalışmada suriminin bakteriyel değerini 3.53±0.61 kob/g, surimi tozunun bakteriyel değerini ise 3.94±0.61 kob/g olarak belirlemişlerdir. Bu değerler bizim değerlerimizden yüksektir. Bunu bizim çalışmamızda kullandığımız balık türü ve bahsi geçen çalışmadaki balık türlerinin farklılığına ve dışardan ek katkı maddeleri eklenmesi işlemine bağlayabiliriz. Çünkü ek katkı maddeleri ile kontaminasyon söz konusu olmuş olabilir. Karaton Kuzgun (2020), yapmış olduğu çalışmasında sazan balığının genel canlı sayısını 3,27 ± 0,23 kob/g olarak belirlemişlerdir. Bu değer bizim değerlerimizle benzerdir.

Surimi tozu ile üretilmiş balık krakerlerinin üretim aşamasındaki mikrobiyolojik değerleri incelendiğinde (Tablo 2.), PB bakımından balık eti 3,50±0,20 kob/g olarak belirlenmiş olup bu değerler sırasıyla 1., 2. ve 3. yıkama aşamalarında sırasıyla 3,13±0,65 kob/g, 3,08±0,61 kob/g ve 2,73±0,26 kob/g değerlerine düşüş olduğu gözlemlenmiştir. Bu değer surimi tozu eldesi ile 2,95±0,04 kob/g olarak belirlenmiştir. Karaton Kuzgun ve Gürel İnanlı, (2018), yapmış oldukları çalışmalarında PB sayısını balık etinde 3,72±0,38 kob/g olarak belirlemişlerdir. Bu değer bizim değerlerimize benzerdir.

Tablo 2'de incelendiğinde, çalışmada kullanılan kraker örneklerinin, toplam maya-küf sayısı incelendiğinde, *Cyprinus carpio* etinde tespit edilen maya-küf sayısı 4,42±0,88 kob/g olarak tespit edilmiş olup, bu değerler 1. soğuk su ile yıkama sonrası balık etindeki maya-küf sayısı 2,76±1,28 kob/g olarak, 2. Soğuk su ile yıkama sonrası 2,24±0,76 kob/g ve son olarak 3. Tuzlu soğuk su ile yıkama sonrasında ise 2,24±0,76 kob/g olarak belirlenmiştir. Surimi tozu haline getirildikten sonra maya küf sayısı 3,55±0,65 kob/g olarak belirlenmiştir. Schormuller (1968)'e göre, taze balıkta TVB-N miktarının 25 mg/100g'a kadar "çok iyi", 30 mg/100g'a kadar "iyi", 35 mg/100g'a kadar "pazarlanabilir", fazla olduğunda ise "bozulmuş" olarak kabul edilmektedir. Tablo 2 incelendiğinde bu çalışmada kullanılan sazan kıymasında TVB-N miktarı 9,95±0,07 mg/100g olarak belirlenmiştir. Üretim boyunca TVB-N değerlerine bakıldığında 1., 2. ve 3. yıkamalarda sırasıyla azalma gözlenirken, TVB-N miktarlarındaki artış surimi tozu haline geldiğinde yükselme olduğu gözlemlenmiştir. Surimi üretiminde yapılan yıkama işlemine bağlı olarak suda çözünen bileşiklerin (kan, suda çözünen proteinler ve diğer azotlu bileşikler) ortamdan uzaklaşması neticesinde TVB-N değerlerinde düşüş olması ile bağlantı kurulabilir. Sonrasında kurutmaya bağlı olarak elde edilen kurutulmuş surimi tozunda yapılan TVB-N analizlerinin yükselmesi ise yaş et ile kuru et arasındaki birimsel değişimden kaynaklandığı kanısına varılabilir. Neiva vd., (2011), yapmış olduğu çalışmada suriminin TVB-N değerini 17,25-18,16 mg/100g aralığında olduğunu belirlemişlerdir. Bu değerler bizim değerlerimizle benzerdir. Karaton Kuzgun (2020), yapmış olduğu çalışmasında TVB-N miktarı bizim değerlerimizle örtüşmektedir.

Su ürünlerinde yağların oksitlenmesi neticesinde oluşan bir acılaşma kriteri olarak sayılan TBA değeri; 1−3 mg /kg değeri arasında "iyi", 3−5 mg /kg değerleri arasında "orta" 5−8 mg MDA/kg değerleri arası "düşük" kalitede olduğunu belirler (Sinnhuber ve Yu, 1958; Varlık vd., 2007).

Bu araştırmada taze olarak kullanılan balık etinin TBA değeri ortalama olarak 0,61±0,15 mg /kg olarak bulunmuştur. Surimi tozu elde edilinceye kadar ki

aşamalarda düzenli azalmalar gözlenmiş olup surimi tozu elde edildikten sonra 0,94±0,05 mg /kg olarak belirlenmiştir. Surimi üretiminde yapılan yıkama işlemine bağlı olarak suda çözünen bileşiklerin (kan, yağ, kir, mukus, vb.) ortamdan uzaklaşması neticesinde TBA değerlerinde düşüş olması ile bağlantı kurulabilir. Sonrasında kurutmaya bağlı olarak elde edilen kurutulmuş surimi tozunda yapılan TBA analizlerinin yükselmesi yaş et ile kuru et arasındaki hacimsel değişimden kaynaklandığı kanısına varılabilir. Bu durumundan belirtilmesi gerekmektedir. Neiva vd., (2011), yapmış olduğu çalışmada suriminin TBA değerini 1,19-1,38 mg /kg aralığında olduğunu belirlemişlerdir. Bu değerler bizim değerlerimize benzerdir. Karaton Kuzgun (2020), yapmış olduğu çalışmasında sazanın TBA değerini 1-2 mg /kg aralığında belirlemiş olup bu değerin yüksek olmasını avlanmanın gerçekleştiği sezon gibi etmenlerden kaynaklandığını düşünebiliriz.

Tablo 2. Surimi tozu ile üretilmiş balık krakerlerinin üretim aşamasındaki mikrobiyolojik değerleri.
Table 2. Microbiological values of fish crackers produced with surimi powder during the production phase.

	Grup	Yıkama				Surimi Tozu
		Balık	1.	2.	3.	
MAB	**S**	4,20±0,25	3,38±0,82	2,83±0,35	2,73±0,26	3,55±0,65
PB	**S**	3,50±0,20	3,13±0,65	3,08±0,61	2,73±0,26	2,95±0,04
Maya-Küf	**S**	4,42±0,88	2,76±1,28	2,24±0,76	2,24±0,76	3,55±0,65
TVB-N	**S**	9,95±0,07	8,83±0,83	5,82±1,90	4,94±1,94	17,48±2,18
TBA	**S**	0,61±0,15	0,39±0,06	0,26±0,05	0,16±0,05	0,94±0,05

S:Surimi Tozu

***Raf ömrü boyunca mikrobiyolojik ve kimyasal niteliklerde meydana gelen değişimler*:** Kabul edilebilir limit değerler arasında, taze balıkta toplam mezofilik aerob mikroorganizma sayısı ICMSF (1986a) tarafından 6 kob/g olduğu bildirilmiştir. Surimi tozu ile üretilmiş balık krakerlerinin buzdolabı koşullarındaki muhafazası esnasındaki mikrobiyolojik değerleri Tablo 3'de sunulmuştur. Tablo 3'e göre surimi tozu eklenmiş hamur karışımı olan S grubunun MAB sayısı 3,80±0,63 kob/g olarak belirlenmiş olup, kontrol grubu hamurunda bu oran 3,72±0,73 kob/g olarak belirlenmiştir. Muhafazanın ilk gününde toplam mezofilik aerobik bakteri sayısı (MAB) kontrol grubunda (K) 3,10±0,59 kob/g olarak belirlenirken, surimi tozu ilave edilmiş grupta (S) 3,11±0,64 kob/g olarak belirlenmiştir. Muhafazanın son günü olan 15. günde bu değerler düzenli yükselişler göstererek K grubunda bu değer 6,04±0,35 kob/g, S grubunda ise 6,06±0,41 kob/g değerine düzenli artışlar göstererek yükselmiş olup sınır değeri aşmıştır. Muhafaza günleri arasında önemli farklılıklar MAB bakımından istatistiksel olarak önemli ($p<0,05$) bulunmuştur. MAB bakımından gruplar arasındaki farklılıkların istatistiksel olarak önemli olmadığı ($p>0,05$) bulunmuştur. Mangi vd., (2023), yapmış olduğu çalışmasında yerel marketlerden aldıkları surimi ürünlerinin bakteriyel yükünün 1,0 -7,8 kob/g aralığında olduğunu belirlemiştir. Karaton Kuzgun (2020), yapmış olduğu çalışmasında sazan balığının kıyması ile hazırlanmış balık krakerlerinin genel canlı sayısını raf ömrü boyunca incelemiştir. Neiva vd., (2011), yapmış oldukları çalışmalarında krakerin mezofil bakteri değerini $30x10^3$ (4,47 log) kob/g olarak belirlemişlerdir. Bu da bizim değerlerimizden yüksek bir değerdir. Bunu bizim çalışmamızda krakere surimi tozu ekleyerek oluşturmamızdan dolayı kaynaklandığını düşünebiliriz.

Tablo 3 incelendiğinde, Psikrofilik bakterilerin deneysel gruplarda hamur karışımı bakımından 2,88±0,42 kob/g olarak K grubunda sayıldığı, 3,22±0,62 kob/g olarak S grubunda sayıldığı belirlenmiştir. Tablo 3 incelendiğinde, deneysel surimi tozu örneklerinin psikrofilik bakteri sayısı ise muhafazanın ilk gününde en yüksek S grubunda 2,83±0,37 kob/g olarak, en düşük K grubunda 2,58±0,12 kob/g olarak belirlenmiştir. Surimi tozu ilave edilerek hazırlanan krakerlerin PB bakterilerinin sayısına muhafaza süresinin önemli farklılıklar meydana getirdiği bulunmuştur ($p<0,05$) ve ayrıca PB bakteri sayısı bakımından muhafaza süresinin tüm gruplar üzerinde etkisinin istatistiki açıdan anlamsız olduğu belirlenmiştir ($p>0,05$).

Maya-küf sayısı bakımından Tablo 3 incelendiğinde hamur karışımlarının en yüksek organizma değerinin S grubunda (3,80±0,50 kob/g), en düşük K grubunda (3,14±1,18 kob/g) olduğu belirlenmiştir. Muhafazanın ilk günlerinde Maya-küf sayısı en yüksek K grubunda (3,06±0,58 kob/g), en düşük S grubunda (2,97±0,50 kob/g) belirlenmiştir. Muhafazanın son günü olan 15. günde en yüksek değer S grubunda (5,56±0,08 kob/g), en düşük değerse K grubunda (5,35±0,27 kob/g) bulunmuştur. Surimi tozu ilave edilerek hazırlanan kraker örneklerindeki maya-küf sayısının üzerinde muhafaza süresi bakımından anlamlı farklılıklar olduğu belirlenmiştir ($p<0,05$) ve ayrıca maya küf sayısı açısından muhafaza süresinin tüm gruplar üzerinde etkisinin istatistiki açıdan anlamsız olduğu belirlenmiştir ($p>0,05$). Neiva vd., (2011), yapmış oldukları çalışmalarında krakerin maya küf sayısının 10^2 (<3 log) kob/g den düşük değerler olduğunu belirlemişlerdir. Bu da bizim değerlerimize yakın değerlerdir.

Krakerlerin muhafazası süresince TVB-N miktarlarına bakıldığında tüm gruplarda zamana bağlı olarak artışlar gözlenirken, TVB-N sayısındaki artış meydana gelmiştir fakat, tüketilebilirlik sınır değeri muhafazanın son gününde aşılmamıştır. Muhafazanın ilerlemesi ile birlikte TVB-N değerinde artışların önemli olduğu belirlenmiştir ($p<0,05$) ve ayrıca TVB-N değerleri gruplar arası değişimin istatistiksel olarak önemli olmadığı bulunmuştur ($p>0,05$), fakat tüm gruplar TVB-N değeri bakımından muhafaza günleri içerisinde kıyaslandıklarında anlamlı farklılıkların olmadığı belirlenmiştir ($p>0,05$). Karaton Kuzgun (2020), yapmış olduğu çalışmasında TVB-N miktarını balık krakerde 16,45±0,85 mg/100g olduğunu gözlemlemiş olup bu değer bizim değerlerimizle örtüşmektedir.

Bu araştırmada taze olarak kullanılan TBA hamur aşamasında en yüksek 0,53±0,07 mg /kg olarak K grubunda, en düşük 0,46±0,16 mg /kg S grubunda belirlenmiştir(Tablo 3.). Muhafazanın ilerlemesi ile beraber TBA miktarında tüm gruplarda önemli artışlar olduğu gözlemlenmiştir ($p<0,05$). Ek olarak TBA sayısının gruplar arasındaki değişiminin istatistiksel bakımdan anlamsız olduğu belirlenmiştir ($p>0,05$). Karaton Kuzgun (2020), yapmış olduğu çalışmasında balık krakerlerinin TBA değerini 1,77±0,11 mg /kg olarak belirlemiş olup bu değerler bizim değerlerimizle örtüşmektedir. Ayrıca araştırmacının elde ettiği kraker ve bizim çalışmamamızda elde ettiğimiz kraker de kullandığımız yöntemin farklı olmalarına rağmen her iki yöntem ile elde edilen krakerlerde raf ömrü 15 gün ile sonlanmıştır.

Tablo 3. Surimi tozu ile üretilmiş balık krakerlerinin buzdolabı koşullarındaki muhafazası sırasındaki mikrobiyolojik değerleri
Table 3. Microbiological values of fish crackers produced with surimi powder during storage under refrigerator conditions.

	Grup	Muhafaza Günleri				
		Hamur	0.	5.	10.	15.
MAB(kob/g)	**K**	3,72±0,73	3,10±0,59^{a}	3,74±0,74^{b}	5,79±0,33^{c}	6,04±0,35^{c}
	S	3,80±0,63	3,11±0,64^{a}	4,36±0,18^{b}	5,82±0,35^{c}	6,06±0,41^{c}
PB(kob/g)	**K**	2,88±0,42	2,58±0,12^{a}	3,71±0,75^{a}	4,69±0,39^{b}	5,82±0,35^{b}
	S	3,22±0,62	2,83±0,37^{a}	3,24±0,4^{a}	4,85±0,32^{b}	5,12±0,35^{b}
Maya-Küf(kob/g)	**K**	3,14±1,18	3,06±0,58^{a}	3,22±0,26^{a}	5,17±0,17^{b}	5,35±0,27^{b}
	S	3,80±0,50	2,97±0,50^{a}	3,83±0,12^{a}	5,20±0,27^{b}	5,56±0,08^{b}
TVB-N(mg/100g)	**K**	6,33±2,99	11,31±5,71^{a}	20,25±0,85^{ab}	21,94±3,06^{b}	23,94±6,06^{b}
	S	7,01±2,02	14,95±3,95^{a}	20,66±4,73^{ab}	23,38±5,50^{b}	29,88±4,00^{b}
TBA(mg /kg)	**K**	0,53±0,07	0,85±0,03^{a}	0,77±0,22^{ab}	1,66±0,04^{b}	2,31±0,32^{c}
	S	0,46±0,16	0,57±0,02^{a}	1,48±0,46^{ab}	1,83±0,05^{b}	2,90±0,90^{c}

a, b, c: Yatay değişimler günler arasındaki farklılığın istatistiksel olarak anlamlı olduğunu ifade etmektedir
K:Kontrol, **S:**Surimi Tozu

SONUÇ

Sonuç olarak elde edilen surimi tozu, balık krakeri gibi atıştırmalık ürünlerin elde edilmesinde kullanılabildiğini belgelemiştir. Surimi tozu ile oluşturulan balık krakerlerin buzdolabı koşullarında 15. günde mikrobiyolojik olarak bozulduğu gözlemlenmiştir. Ayrıca surimi tozunun işlevselliği ile balık türüne ve kullanılan kurutma metoduna bağlı olarak değişim gösterebilir. Bunun için daha fazla Ar-Ge yapılması gerekmektedir.

KAYNAKLAR

Aksoylu Özbek, Z. (2013). Sağlıklı bir atıştırmalık: kırmızı pancarlı çubuk bisküvi, Conference: *2.Uluslararası Gıda Ar-Ge Proje Pazarı*, İzmit.

Conell, J.J. & Shewan, J.M. (1979). P*ast, present and future fish science. In: Advances in fish science and technology*. Fishing News Books Ltd., England,.

Çaklı, Ş. (2007). *Su Ürünleri İşleme Teknolojisi 1*. Ege üniversitesi yayınları Su Ürünleri Fakültesi Yayın No: 76, ISBN: 978-975-483-761-2.

Duman, M., Özpolat, E. & Gül, M.R., (2013). The chips produced using surimi powder different rates of chemical composition and sensory quality determination. *J. Fisheries Sciences.com*., ***6***(4), 282-286.

Harrigan,W.F. & McCance, M.E. (1976). Laboratory Metods in Food and Dairy Microbiology. Academic Press, London, 362.

Harrigan,W.F., (1998). *Laboratory Methods in Food Microbiology*, 3rd ed. Academic Press., London.

ICMSF (International Commisson on Microbiological Spescifications for Foods). (1986b). *Microorganisms in Foods 2*. sampling for microbiological analysis, 2nd edition, University of Toronto Press, Toronto.

ICMSF (International Commisson on Microbiological Spescifications for Foods). (1986a). *Microorganisms in Foods 1*. Their significance and methods of enumeration. University of Toronto Press, London. 181-196.

Karaton Kuzgun N & Gürel İnanlı A. (2018). The investigation of the shelf life at 2–1 °C of *Luciobarbus esocinus* fillets packaged with films prepared with the addition of different essential oils and chitosan. *Journal of Food Science and Technology*, ***55***(7), 2692-2701.

Karaton Kuzgun, **N. (2017).** Food composition and sensory quality of fish crackers made from *Luciobarbus esocinus*. *Journal of Scientific and Engineering Research*, ***4(***9), 392-396.

Karaton Kuzgun, N. (2018). Chemical composition and sensory quality of fish onion rings made from rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*), *International Journal of Nature and Life Sciences (IJNLS)*, ***2***(1), 34-41.

Karaton Kuzgun, N., (2020). Shelf life during storage in 4±2 °C'of fish crackers made with *Oncorhynchus mykiss* and *Cyprinus carpio*. *European Journal of Technique (EJT)*, ***10***(2), 454-463. DOI: 10.36222/ejt.755511

Köse, S., Boran, M. & Boran, G., (2006). Storage properties of refrigerated whiting mince after mincing by three different methods, *Food Chemistry*, ***99***, 129-135.

Mangi, W.A., Parveen, S. & Mansoor, H. (2023). Microbiological Evaluation of Surimi Product Processed from Marine Fish of Karachi Coast, Northern Arabian Sea. *International Journal of Marine and Environmental Sciences*, ***2***, 1.

Nath, S. & Singh, A.K. (2019). Dry surimi powder from Pangasianodon hypophthalmus: A raw material for protein. *Fortification Journal of Entomology and Zoology Studies*, ***7***(3), 1400-1405

Neıva, C.R.P., Machado, T.M., Tomıta, R.Y., Furlan, É.F., Lemos Neto, M.J. & Bastos, D.H.M. (2011). Fish crackers development from minced fish and starch: an innovative approach to a traditional product. *Food Science and Technology*, ***31***, 4, 973-979.

Özdamar, K. (2001). *SPSS ile Biyoistatistik*. Yayın no: 3,4. Baskı. Kaan Kitabevi, Eskişehir, 452.

Park, J.W. & Lin, T.M.J., (2005). Surimi: manufacturing and evaluation. In Park, J. W. (Ed). *Surimi and Surimi Seafood*, 2nd edn, p. 33-98. Boca Raton, FL: CRC Press.

Schormuller, J. (1968). Handbuch der Lebensmittelchemie (Band HI/2). Berlin: *Springer*.

Sinnhuber R.O. & Yu, T.C. (**1958**). 2- Thiobarbituric acid metod fort he measurement of rancidity in fishery products II. The quantitative determination of malonaldehyde. *Food Technology*, ***1***, 9-12.

Tarladgis, B.G., Watts, B.M., Younathan M.T. & Dugan, Jr. (1960). A distillation method for the quantitative determination of malonaldehyde in racid foods, *Journal of American Oil Chemist's Society*, ***37,*** 44-48.

Tarladgis, B.G., Watts, B.M., Younathan, M.T. & Dugan, J.R. A (1960). distillation method for the quantitative determination of malonaldehyde in racid foods. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, ***3***, 44-48.

Tayar, M. & Hecer, C. (2016). *Hazır yemek sistemleri*, Bursa, Dora yayıncılık.

Varlık, C., Mol S., Baygar, T. &Tosun, Ş.Y., (2007). *Su Ürünleri İşleme Teknolojisinin Temelleri*, İstanbul üniversitesi, Yayın No: 4661, İstanbul.

Varlık, C., Uğur, M., Gökoğlu, N. & Gün, H. (1993). Su ürünlerinde kalite kontrol ilke ve yöntemleri. *Gıda Teknolojisi Derneği*, No: 17, Ankara.

Journal of Anatolian Environmental and Animal Sciences
(*Anadolu Çevre ve Hayvancılık Bilimleri Dergisi*)
DOI: https://doi.org/10.35229/jaes.1576240

JAES
Year: 9, No: 4, 2024 (734-739)
AÇEH
Yıl: 9, Sayı: 4, 2024 (734-739)

ARAŞTIRMA MAKALESİ RESEARCH PAPER

Updated Fish Fauna of Karpuz and Ilıca Streams in Antalya Region

Irmak KURTUL[1,2]*

[1]*Ege University, Faculty of Fisheries, Marine and Inland Waters Sciences and Technology Department, İzmir, Türkiye*
[2]*Department of Life and Environmental Sciences, Faculty of Science and Technology, Bournemouth University, Poole, Dorset, The United Kingdom*

Received: *31.10.2024* ***Accepted:*** *08.12.2024* ***Published:*** *31.12.2024*

How to cite: **Kurtul, I. (2024).** Updated Fish Fauna of Karpuz and Ilıca Streams in Antalya Region. *J. Anatolian Env. and Anim. Sciences*, ***9***(4), 734-739. https://doi.org/10.35229/jaes.1576240

Atıf yapmak için: **Kurtul, I. (2024).** Antalya Bölgesi'ndeki Karpuz ve Ilıca Derelerinin Güncellenmiş Balık Faunası. *Anadolu Çev. ve Hay. Dergisi*, ***9***(4), 734-739. https://doi.org/10.35229/jaes.1576240

*: https://orcid.org/0000-0002-3566-9172

***Corresponding author's:**
Irmak KURTUL
Ege University, Faculty of Fisheries, Marine and Inland Waters Sciences and Technology Department, İzmir, Türkiye
✉: irmak.kurtul@gmail.com

Abstract: This research aims to provide an updated account of the fish fauna present in the streams Karpuzçay and Ilıca located in Antalya, southwestern Türkiye. The research was conducted through fish sampling at four strategically selected stations within these rivers, which were chosen for their high representativeness of the overall riverine ecosystem. Records from Ege University Faculty of Fisheries Freshwater Fish Collection (EFSM), and the Zoological Collection of Recep Tayyip Erdoğan University (FFR) were also included in the study, along with published literature, to create an updated fish list for these two rivers. Our findings revealed the presence of multiple families, indicating a diverse fish community within these freshwater systems. Significantly, this study reports the presence of *Tinca tinca* (tench) in Karpuzçay Stream for the first time according to EFSM records, marking a noteworthy addition to the known fish fauna of the region. Karpuzçay and Ilıca rivers are critical components of the Antalya River Basin, contributing substantially to the area's ecological balance, economic activities, and cultural heritage. This study not only updates the fish species list of the Karpuzçay and Ilıca rivers but also discusses the implications of these findings for the health and conservation of these aquatic ecosystems. By compiling and analyzing existing information alongside new data, I aim to provide a comprehensive overview of the rivers' biodiversity and the environmental factors influencing it. The discussion includes recommendations for conservation strategies to mitigate threats and promote the sustainable management of these vital freshwater resources.

Keywords: South Anatolia, Antalya river basin, freshwater fish, ichthyofauna, biodiversity.

Antalya Bölgesi'ndeki Karpuz ve Ilıca Derelerinin Güncellenmiş Balık Faunası

***Sorumlu yazar:**
Irmak KURTUL
Ege Üniversitesi, Su Ürünleri Fakültesi, Deniz ve İç Sular Bilimleri ve Teknolojisi Bölümü, İzmir, Türkiye
✉: irmak.kurtul@gmail.com

Öz: Bu araştırma, Türkiye'nin güneybatısında, Antalya ilinde bulunan Karpuzçay ve Ilıca akarsularında mevcut balık faunasına güncel bir bakış sağlamayı amaçlamaktadır. Araştırma, nehir ekosisteminin genel temsil gücü yüksek olan dört istasyonda balık örneklemeleri yapılarak gerçekleştirilmiştir. Çalışmada, Ege Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi Tatlısu Balıkları Koleksiyonu (EFSM) ve Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi Zooloji Koleksiyonu (FFR) kayıtları ile yayınlanmış literatür de incelenerek bu iki nehir için güncel bir balık listesi oluşturulmuştur. Bulgularımız, tatlı su sistemlerinde çeşitli balık ailelerinin varlığını ortaya koyarak zengin bir balık topluluğuna işaret etmiştir. Özellikle, EFSM kayıtlarına göre, *Tinca tinca* (kadife balığı) türünün Karpuzçay Deresi'nde ilk kez tespit edilmesi, bölgenin bilinen balık faunasına önemli bir katkı sağlamaktadır. Karpuzçay ve Ilıca nehirleri, Antalya Havzası'nın kritik bileşenleri olup, bölgenin ekolojik dengesi, ekonomik faaliyetleri ve kültürel mirası için büyük önem taşımaktadır. Bu çalışma, Karpuzçay ve Ilıca nehirlerinin balık türleri listesini güncelleyerek, bu bulguların bu sucul ekosistemlerin sağlığı ve korunumu üzerindeki etkilerini tartışmaktadır. Mevcut bilgiler ile yeni verileri birleştirerek, nehirlerin biyolojik çeşitliliği ve bunu etkileyen çevresel faktörler hakkında kapsamlı bir bakış sunmayı amaçlıyorum. Tartışma bölümünde, tehditleri azaltmak ve bu değerli tatlı su kaynaklarının sürdürülebilir yönetimini sağlamak için koruma stratejilerine yönelik öneriler sunulmuştur.

Anahtar kelimeler: Güney Anadolu, Antalya nehir havzası, tatlı su balıkları, ihtiyofauna, biyolojik çeşitlilik.

INTRODUCTION

Faunistic studies are of great importance for the health and sustainable management of ecosystems. Fish fauna studies help determine the diversity and distribution of fish species in a region or water bodies, providing valuable data on the food chain, water quality, and habitat health within the ecosystem (Crettaz-Minaglia & Juarez, 2020). Fish populations are sensitive indicators of environmental changes like climate change, water pollution, and habitat loss (Whitfield & Elliott, 2002). Fish fauna studies serve as an important tool for monitoring these changes and understanding ecological responses. Faunistic studies assist in the management of important species for commercial and recreational fishing, ensuring their populations are maintained healthily, thereby providing significant economic and social benefits to local economies and communities.

Antalya is an important region located in the south of Anatolia, characterized by a Mediterranean climate and an extensive coastline (Boyacı, 2018). The region's geomorphological structure, rich biological diversity, and historical background are directly reflected in the ecological and hydrological characteristics of its streams (Ünal & Gökoğlu, 2022). The rivers in the Antalya region are crucial for both the sustainability of local ecosystems and human activities such as agriculture, tourism, and drinking water supply (Çıplak, & Atik, 2022).

The rivers in the region consist of short and fast-flowing streams and brooks that flow into the Mediterranean Sea, typically originating from the high altitudes of the Taurus Mountains. The rivers originating from the Taurus Mountains usually pass through steep valleys with rapid flow, and this flow regime can vary significantly depending on seasonal rainfall. The flow rates of the rivers rise with increased precipitation, especially during the winter and spring months, and decrease in the summer.

The main rivers and streams in the Antalya region include the Aksu River, Manavgat, Köprüçay, Düden, Alara, Dim and Göksu rivers, and Karpuzçay, Ilıca and Boğaçay streams. Each of these rivers possesses unique ecological characteristics and biological diversity. For instance, the Manavgat River is home to one of Türkiye's largest waterfalls and hosts several native and endemic freshwater fish species (İnnal, 2021; Yılmaz et al., 2023).

The rivers of Antalya are important habitats that harbor rich biological diversity. These rivers provide habitats for plankton, various fish species, freshwater crabs, amphibians, and waterfowl (İnnal, 2012). The region's endemic fish species draw attention as indicators of biological richness (Küçük et al., 2020).

In the geographic region in question, the earliest data on freshwater fish were provided by Battalgil (1944), with subsequent, some studies by various researchers in the following decades, including Kosswig (1954, 1965), Kasbauer (1966), Erk'akan & Kuru (1983). Despite these efforts, the research by Balık (1988) and Küçük and İkiz (1993, 2004) remains the only comprehensive studies encompassing the entire basin. This highlights a notable gap in extensive, basin-wide research since then, indicating the need for a more detailed and holistic investigation of the region's freshwater fauna to understand broader ecological dynamics and conservation needs.

Karpuzçay and Ilıca streams, located in the east of Antalya province, are significant rivers in terms of biodiversity conservation and host many endemic species (Küçük et al., 2020). These rivers support a variety of aquatic and riparian habitats, which are essential for numerous species and local communities. Although various studies have been conducted in different scientific fields on the Karpuzçay and Ilıca streams and their basins (Küçük & İkiz, 2004; Küçük et al., 2020; Kaya et al., 2019), the fish fauna of these two rivers has been examined in several studies.

The rivers in the Antalya region, including the Karpuzçay and Ilıca streams, face various pressures resulting from human activities. Despite their importance, rivers face numerous threats including pollution, habitat destruction, water extraction for agriculture, and the impacts of climate change. These pressures underscore the urgent need for effective conservation measures to safeguard the integrity and biodiversity of these river systems. In this context, various measures should be taken to protect and sustainably manage the rivers in the Antalya region. These measures include the protection of natural habitats, monitoring water quality, developing ecosystem-based management strategies, and raising public awareness. The purpose of this article is to contribute to the fish fauna of two important rivers in the Antalya River Basin, namely the Karpuzçay and Ilıca streams, and to draw attention to the protection of these two rivers.

MATERIAL AND METHOD

The study is based on fieldwork, existing literature, and collection records. However, since the field sampling conducted within the scope of the study is not experimental in nature, it does not require ethical committee approval (According to the official letter numbered B.18.0.DMP.0.03.445.01.01/109/2970 from Republic Of Türkiye Ministry Of Agriculture And Forestry General Directorate Of Nature Conservation And National Parks). To update and to give a fish fauna list of the fish fauna of Karpuzçay and Ilıca streams, sampling was conducted by

using SAMUS 1000 portable electrofishing device in May 2023 via 4 stations of the Karpuzçay and Ilıca streams (Figure 1, Table 1). All individuals were anesthetized using MS-222 (Tricaine methanesulfonate) and euthanized by fixation in a 10% formalin solution. The samples were identified to the species level and recorded in the Ege University Faculty of Fisheries. The study incorporated data from the Ege University's Faculty of Fisheries Freshwater Fish Collection and the Zoological Collection at Recep Tayyip Erdoğan University (FFR), alongside published literature (Küçük & İkiz, 2004; Kaya et al., 2019; Küçük et al., 2020), to compile an updated list of fish species found in these two rivers. Species identification was carried out following the guidelines provided in Freyhof et al. (2025).

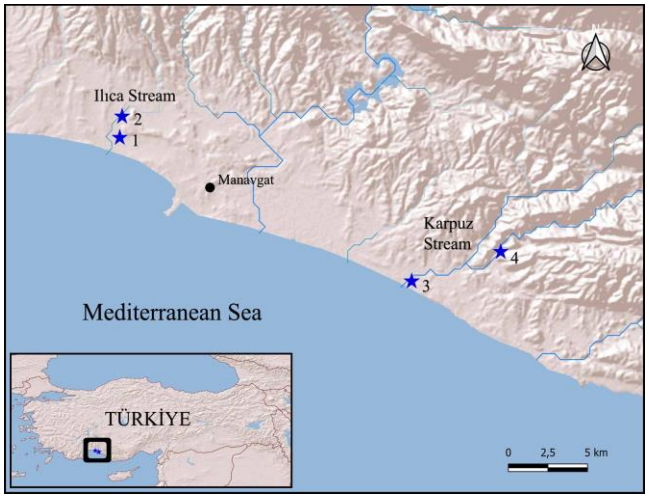


Figure 1. Sampling sites in the studies area.

Table 1. The collection numbers of EFSM.

Stream	EFSM Records	Collection Codes
Ilıca	*Capoeta capoeta angorae*	1977/054
Ilıca	*Mugil cephalus*	1977/056
Ilıca	*Alburnus balıki*	1992/012
Ilıca	*Anguilla anguilla*	1992/013
Ilıca	*Blennius fluviatilis*	1992/014
Ilıca	*Leuciscus borysthenicus*	1994/024
Ilıca	*Pseudophoxinus alii*	2005/016
Karpuzçay	*Capoeta capoeta angorae*	1976/059
Karpuzçay	*Cyprinus carpio*	1976/061
Karpuzçay	*Capoeta capoeta angorae*	1977/064
Karpuzçay	*Mugil cephalus*	1977/066
Karpuzçay	*Chalcalburnus chalcoides*	1996/008
Karpuzçay	*Gambusia holbrooki*	2016/Uncategorized
Karpuzçay	*Knipowitschia caucasia*	2016/Uncategorized
Karpuzçay	*Salariopsis burcuae*	2016/Uncategorized
Karpuzçay	*Tinca tinca*	2016/Uncategorized
Ilıca	*Alburnus escherichii*	2023/Uncategorized
Ilıca	*Garra rufa*	2023/Uncategorized
Ilıca	*Capoeta calestis*	2023/Uncategorized
Ilıca	*Alburnus baliki*	2023/Uncategorized
Ilıca	*Anguilla anguilla*	2023/Uncategorized
Ilıca	*Salariopsis burcuae*	2023/Uncategorized
Karpuz	*Alburnus escherichii*	2023/Uncategorized
Karpuz	*Capoeta antalyensis*	2023/Uncategorized
Karpuz	*Capoeta calestis*	2023/Uncategorized
Karpuz	*Mugil cephalus*	2023/Uncategorized
Karpuz	*Alburnus baliki*	2023/Uncategorized

RESULTS

The ichthyofaunal surveys conducted in 2023 on Karpuzçay and Ilıca streams in the Antalya region have yielded significant findings regarding the diversity of fish species in these water bodies. The following species were identified in each stream that was given in Table 2. Some of these species were illustrated in Figure 2.

Table 2. The fish species recorded from rivers from the sampling.

Stream	This study (2023)
Karpuzçay Stream	*Alburnus escherichii*
	Alburnus baliki
	Capoeta calestis
	Mugil cephalus
	Capoeta antalyensis
Ilıca Stream	*Alburnus baliki*
	Alburnus escherichii
	Anguilla Anguilla
	Capoeta calestis
	Garra rufa
	*Salariopsis burcuae**

*First records.

Figure 2. Live form of some important fishes in the study area: a, *Anguilla anguilla*, Ilıca Stream; b, *Garra rufa*, Ilıca Stream; c, *Salariopsis burcuae*, Ilıca Stream; d, *Capoeta antalyensis*, Ilıca Stream; *Pseudorasbora parva*, Ilıca Stream; *Alburnus baliki*, Karpuzçay Stream; *Alburnus escherichii*, Ilıca Stream.

DISCUSSION

This study aims to analyze the temporal changes and species diversity in the freshwater fish assemblages of the Karpuzçay and Ilıca streams. By comparing data from EFSM records, previous studies by Küçük & İkiz (2004), Kaya et al. (2019), Küçük et al. (2020) and the current study conducted in 2023, it can identify trends, shifts in species presence. These studies recorded 3 species in stream Karpuzçay and 5 species in Stream Ilıca (Table 3). This comprehensive review will enhance our understanding of ecological dynamics within these streams and inform conservation and management strategies for maintaining biodiversity and ecosystem health.

These findings highlight the presence of both native and endemic species in these streams. The identification of species such as *Alburnus escherichii* and *Alburnus baliki* in both streams indicates their broad distribution in the region.

Additionally, the presence of *Garra rufa* and *Anguilla anguilla* in Ilıca Stream, as well as *Capoeta antalyensis* in Karpuzçay Stream, underscores the ecological uniqueness of each stream. Notably, the discovery of *Salariopsis burcuae* in Ilıca Stream adds a new dimension to the biodiversity of this water body. These results underscore the ecological importance of the Karpuzçay and Ilıca streams and provide a foundation for future conservation efforts in the region.

The research area is in the Western Taurus Mountains, one of Türkiye's most significant karstic regions (Küçük, 1997; Munsuz & Ünver, 1983). In this region, underground waters emerge from approximately 1300 meters above sea level, forming the sources of streams. This situation endows the upper basins of these streams with the characteristic of being trout habitats. In the upper basins, the streams naturally host the trout species.

Table 3. Species presence in freshwater fish assemblages of Karpuzçay and Ilıca streams (1976-2023).

Stream	EFSM records (1976-2016)	Küçük & İkiz (2004)	Küçük et al. (2020)	Kaya et al. (2019)	This study
Karpuzçay	*Gambusia holbrooki*				*Gambusia holbrooki*
Karpuzçay	*Knipowitschia caucasia*				*Knipowitschia caucasia*
Karpuzçay	*Salariopsis burcuae**				*Salariopsis burcuae**
Karpuzçay			*Anguilla anguilla*		*Anguilla anguilla*
Karpuzçay	*Tinca tinca**†				*Tinca tinca**
Karpuzçay			*Alburnus esherichii*		*Alburnus esherichii*
Karpuzçay					*Capoeta antalyensis*
Karpuzçay	*Cyprinus carpio*	*Cyprinus carpio*	*Cyprinus carpio*		*Cyprinus carpio*
Karpuzçay	*Capoeta capoeta angorae*			*Capoeta calestis*	*Capoeta calestis*
Karpuzçay	*Mugil cephalus*				*Mugil cephalus*
Karpuzçay	*Chalcalburnus chalcoides*				*Alburnus baliki*
Ilıca			*Alburnus escherichii*		*Alburnus escherichii*
Ilıca					*Garra rufa**
Ilıca	*Capoeta capoeta angorae*			*Capoeta calestis*	*Capoeta calestis*
Ilıca					*Capoeta antalyensis**
Ilıca	*Alburnus baliki*	*Alburnus baliki*	*Alburnus baliki*		*Alburnus baliki*
Ilıca	*Anguilla anguilla*	*Anguilla anguilla*			*Anguilla anguilla*
Ilıca	*Blennius fluviatilis*	*Salaria fluviatilis*			*Salariopsis burcuae*
Ilıca	*Leuciscus borysthenicus*				
Ilıca	*Pseudophoxinus alii*				*Pseudophoxinus alii*
Ilıca					*Pseudorasbora parva**
Ilıca	*Mugil cephalus*				*Mugil cephalus*

*****First records. †Data not previously presented in the articles.

The karstic structure of the region causes water to accumulate underground and emerge at specific points, feeding the streams that are found at high altitudes. These high-altitude areas, with their cool and oxygen-rich waters, provide ideal conditions for trout habitats. As a result, trout is naturally distributed in these areas and plays a significant role in the ecological structure of the region. The karstic structure is also crucial for the continuity and quality of water resources. Therefore, the conservation of the region's ecosystem health and biological diversity is directly related to the sustainable management of water resources.

During recent surveys conducted in Ilıca Stream in 2021 and beyond, no individuals of *Pseudophoxinus alii* were detected. This aligns with the observations by Küçük et al. (2020), who suggested that the population in its type locality had significantly declined due to urbanization, agricultural pollution, and the possible pressure from the invasive species *Alburnus escherichii*. My findings further support this, as *A. escherichii* was found in high densities. Additionally, exotic *Garra rufa*, a species previously recorded in the stream (Kaya et al., 2022), was also observed. The molecular identification of *Garra rufa*, initially documented by Kaya et al. (2022), has not yet been conducted. In the present study, the species is referred to as *Garra rufa*, consistent with the description provided by Kaya et al. (2022). However, it is important to emphasize that this identification should be confirmed through further molecular and morphological analysis in future research. Given the absence of *P. alii* in all my samples, it is possible that this species may have become extinct in its type locality. However, *P. alii* still persists in other water bodies in the region, indicating that its extinction is likely limited to Ilıca Stream.

Anguilla anguilla, the European eel, is crucial for ecosystem balance as both predator and prey, migrating between freshwater and marine habitats to aid nutrient cycling (Denis et al., 2022). Economically, they support fisheries and hold cultural significance in European cuisine and traditions. Monitoring their populations in Ilıca Stream reveals insights into ecosystem health amidst conservation challenges like habitat loss and pollution. Protecting eel populations is vital not only for biodiversity but also for sustaining Ilıca Stream's ecological integrity and cultural heritage.

Garra rufa, also known as the doctor fish or nibble fish, is notable for its unique ecological role and cultural significance. *Garra rufa* is a freshwater fish species known for its distinctive behavior of nibbling on dead skin, aiding in exfoliation for some fish spa treatments. In the wild, they contribute to ecosystem health by consuming algae and organic debris, helping to maintain water quality. Beyond their ecological role,

Garra rufa has gained popularity in spa treatments where they gently remove dead skin cells from clients' feet. This practice, originating in Türkiye, has spread globally, contributing to tourism and local economies. Despite their cultural and economic importance, *Garra rufa* populations face threats from habitat degradation, pollution, and over-collection for the spa industry. Conservation efforts are crucial to ensure their sustainable use and preservation in their natural habitats. *Garra rufa* exempli demonstrates fies the intersection of ecological significance and cultural practices, highlighting the importance of sustainable management to maintain their ecological roles and cultural traditions.

CONCLUSION

In conclusion, the research area is significant within the context of Anatolian zoogeography. This region harbors various endemic taxa whose distribution plays a critical role in preserving biological diversity. *Alburnus baliki*, *Capoeta antalyensis*, *C. caelestis* and *Salariopsis burcuae* are endemic to Türkiye, each adapted to specific habitats within this zoogeographical region. These endemic species are typically restricted to particular habitats and constitute an integral part of the biological and ecological fabric of the area. Their limited distribution underscores the need for effective conservation strategies to protect them and maintain natural balance in their habitats. Moreover, safeguarding endemic species is crucial for ecosystem health and sustainability, as they often play pivotal roles in maintaining habitat quality and ecosystem functions. This study views the current status of Karpuzçay and Ilıca streams' ichthyofauna, though information gaps remain. Certain taxa require thorough surveys at previously sampled locations for confirmation. Both streams are a significant natural asset in Anatolia, which is crucial for ecological and climatic reasons. Key measures include monitoring water quality, promoting sustainable water use, regulating fishing, and developing climate adaptation strategies. Long-term conservation and sustainable management of the streams are essential for maintaining regional biodiversity and ecosystem services.

ACKNOWLEDGEMENTS

I would like to extend my thanks to the Ege University Faculty of Fisheries Freshwater Fish Collection (EFSM) and Recep Tayyip Erdoğan University Zoology Collection (FFR) for allowing me to utilize their museum records and photographs.

REFERENCES

Balık, S. (1988). The zoogeographical and systematical on freshwater fish in Mediterrenaen region in Turkey, (in Turkish). *Doğa Türk Zooloji Dergisi*, ***12***(2), 156-179.

Battalgil, F. (1944). *The new freshwater fish in Turkey*, (in Turkish). İstanbul Üniv. Basımevi., 126-133, İstanbul.

Boyacı, S. (2018). Kırşehir ve Antalya illeri için seraların ısı gereksiniminin belirlenmesi ve ısıtmada kullanılan enerji kaynaklarının karşılaştırılması. *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Tarım ve Doğa Dergisi*, ***21***(6), 976-986. DOI: 10.18016/ksutarimdoga.vi.46462

Crettaz-Minaglia, M. & Juarez, R. A. (2020). Fish diversity and biotic integrity in a small stream of a temperate plain. *Rendiconti Lincei. Scienze Fisiche e Naturali*, ***31***(4), 1027-1035. DOI: 10.1007/s12210-020-00947-1

Çıplak, K., & Atik, M. (2022). Antalya, Boğaçay projesinin yer alti ve yerüstü sulari üzerine etkisinin belirlenmesi. *Peyzaj Araştırmaları ve Uygulamaları Dergisi*, ***4***(1), 20-31.

Denis, J., Rabhi, K., Le Loc'h, F., Ben Rais Lasram, F., Boutin, K., Kazour, M., ... & Amara, R. (2022). Role of estuarine habitats for the feeding ecology of the European eel (*Anguilla anguilla* L.). *PLoS One*, ***17***(7), e0270348. DOI: 10.1371/journal.pone.0270348

Erk'akan, F. & Kuru, M. (1983). Re-discussion of Systematical Status of Varicorhinus antalyensis BATTALGİL, 1944. *Hacettepe Bulletin of Natural Sciences and Engineering*, ***(12)***, 49-65.

Freyhof, J., Yoğurtçuoğlu, B., Jouladeh-Roudbar, A. & Kaya, C. (2025). Handbook of Freshwater Fishes of West Asia. De Gruyter Publications. (*in press*)"

İnnal, D. (2012). Fish assemblage structure of the Köprüçay River Estuary (Antalya-Turkey). *Journal of Natural Sciences Research*, ***2***(8), 20-30.

İnnal, D. (2021). Occurrence and length weight relationship of Indo-Pacific mugilid *Chelon carinatus* (Valenciennes 1836) in four river estuaries of Turkey. *Indian Journal of Geo Marine Sciences*, ***50***(3), 236-240.

Kashbauer, P. (1966). Über einige Fische aus dem Vilayet Antalya (Türkei) Ann. Naturhistor Mus. ***66***, 215-223 pp, Wien.

Kaya, C., Ekmekçi, F.G. & Yoğurtçuoğlu, B. (2022). First record of introduced Doctor fish (*Garra rufa*) to Antalya Bay, Türkiye. *Joint ESENIAS and DIAS Scientific Conference and 11th ESENIAS Workshop:* Invasive aliens species under conditions of global crisis, Antalya, Turkey.

Kaya, C., Küçük, F. & Turan, D. (2019). New Data on the distribution and conservation status of the two endemic scrapers in the Turkish Mediterranean Sea drainages (Teleostei: Cyprinidae). *International Journal of Zoology and Animal Biology*, ***2***(6). DOI: 10.23880/izab-16000185

Kosswig, C. (1954). The Zoogeogrophical of frehwaters fish on Turkey. Hidrobiyoloji Mec. Cumhuriyet Matbaası, Seri A, ***2***(1), 4-20, İstanbul.

Kosswig, C. (1965). *Zur historischen Zoogeographie der Ichthyofauna im Süsswasser des Südlichen Kleinasiens*. Zool. Jb. Syst. Bd. 83-90, Hamburg.

Küçük, F. (1997). Antalya Körfezine Dökülen Akarsuların Balık Faunası ve Bazı Ekolojik Parametreleri Üzerine Bir Araftırma. Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, Isparta, 114 p.

Küçük, F., Güçlü, S. S. & Gülle, İ. (2020). Manavgat Irmağı (Antalya) balık faunasının çeyrek asırlık değişimi. *Acta Aquatica Turcica*, ***16***(4), 433-446 https://doi.org/10.22392/actaquatr.693792

Küçük, F. & R. İkiz (1993). The determination of fish species in Aksu stream, (in Turkish). *Turkish Journal Of Zoology*, ***17***, 427-443 s.

Küçük, F. & İkiz, R. (2004). Antalya Körfezi'ne dökülen akarsuların balık faunası. *Ege University, Journal of Fisheries & Aquatic Sciences*. ***21***(3-4): 287-294.

Munsuz, N. & Ünver, D. (1983). *Türkiye Suları*. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları No: 882.

Whitfield, A.K. & Elliott, M. (2002). Fishes as indicators of environmental and ecological changes within estuaries: a review of progress and some suggestions for the future. *Journal of Fish Biology*, ***61***, 229-250. DOI: 10.1111/j.1095-8649.2002.tb01773.x

Ünal, O. & Gökoğlu, M. (2022). *Antalya il genelinde yapilmiş olan bazi flora çalışmaları*. In Aksoy, A. & Akgül H. (Eds.), Fen Bilimleri ve Matematikte Teori ve Araştırmalar. Serüven Yayınevi, İzmir.

Yılmaz, O.S., Acar, U., Şanlı, F.B., Gulgen, F. & Ateş, A.M. (2023). Mapping burn severity and monitoring CO content in Türkiye's 2021 Wildfires, using Sentinel-2 and Sentinel-5P satellite data on the GEE platform. Earth science informatics, ***16***(1), 221-240. https://doi.org/10.1007/s12145-023-00933-9

Journal of Anatolian Environmental and Animal Sciences
(*Anadolu Çevre ve Hayvancılık Bilimleri Dergisi*)
DOI: https://doi.org/10.35229/jaes.1577060

JAES
Year: 9, No: 4, 2024 (740-746)
AÇEH
Yıl: 9, Sayı: 4, 2024 (740-746)

ARAŞTIRMA MAKALESİ **RESEARCH PAPER**

Borçka Baraj Gölü'ndeki (Artvin) Tatlısu Kefali'nin (*Squalius orientalis* Heckel, 1847) Bazı Üreme Özellikleri [*]

Yunus DEDEOĞLU[1] **Tuncay YEŞİLÇİÇEK**[2] **Ferhat KALAYCI**[2]*
[1]*Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Su Ürünleri Anabilim Dalı, Rize, Türkiye*
[2]*Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi, Su Ürünleri Fakültesi, Avlama ve İşleme Teknolojisi Bölümü, Rize, Türkiye*

Received: *31.10.2024* ***Accepted:*** *18.12.2024* ***Published:*** *31.12.2024*

Atıf yapmak için: **Dedeoğlu, Y., Yeşilçiçek, T. & Kalaycı, F. (2024).** Borçka Baraj Gölü'ndeki (Artvin) Tatlısu Kefali'nin (*Squalius orientalis* Heckel, 1847) Bazı Üreme Özellikleri. *J. Anatolian Env. and Anim. Sciences*, ***9***(4), 740-746. https://doi.org/10.35229/jaes.1577060

How to cite: **Dedeoğlu, Y., Yeşilçiçek, T. & Kalaycı, F. (2024).** Some Reproductive Characteristics of the Chub (*Squalius orientalis* Heckel, 1847) in Borçka Dam Lake (Artvin). *Anadolu Çev. ve Hay. Dergisi*, ***9***(4), 740-746. https://doi.org/10.35229/jaes.1577060

: https://orcid.org/0009-0004-6342-3825
: https://orcid.org/0000-0002-3236-8227
*: https://orcid.org/0000-0002-4438-8807

***Corresponding author's:**
Ferhat KALAYCI
Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi, Su Ürünleri Fakültesi, Avlama ve İşleme Teknolojisi Bölümü, Rize, Türkiye
✉: ferhat.kalayci@erdogan.edu.tr

Öz: Bu çalışma, Borçka Baraj Gölü'ndeki Tatlısu Kefali'nin (*Squalius orientalis* Heckel, 1847) bazı üreme özelliklerinin belirlenmesi amacıyla yürütülmüştür. Avlanan balık örnekleri 14,1- 53,2 cm toplam boy ve 28,08-2267 g ağırlık arasında dağılım göstermiştir. Kondisyon faktörü değerleri dişi bireylerde 1,12-1,48, erkeklerde 1,04-1,30 arasında değişim göstermiştir. Dişi ve erkek bireyler için en yüksek ortalama kondisyon faktörü değeri haziran ayında tespit edilmiştir. Cinsi olgunluk boyu (Lm_{50}) erkekler için 20,6 cm, dişiler için ise 21,3 cm olarak hesaplanmıştır. Gonadosomatik indeks (GSİ) değerleri dişiler için 1,23-7,05 arasında, erkekler için ise 0,81-2,69 aralığında değişim göstermiştir. Dişilerde en yüksek ortalama değer haziran ayında, erkeklerde ise nisan ayında kaydedilmiştir. GSI değerlerinin aylık değişimlerine göre *S. orientalis*'in Borçka Baraj Gölü'ndeki üreme periyodunun Nisan-Temmuz ayları arasında olduğu tespit edilmiştir. Ülkemizde bu tür için belirlenmiş olan asgari avlanabilir boyun ve bölgesel av yasağı döneminin, türün stoklarının korunması ve sürdürülebilir bir avcılığın planlanması noktasında yeniden değerlendirilmesi önem arz etmektedir.

Anahtar kelimeler: *Squalius orientalis*, tatlısu kefali, üreme biyolojisi, Borçka Baraj Gölü, Artvin.

Some Reproductive Characteristics of the Chub (*Squalius orientalis* Heckel, 1847) in Borçka Dam Lake (Artvin)

***Sorumlu yazar:**
Ferhat KALAYCI
Recep Tayyip Erdoğan University, Faculty of Fisheries, Department of Fishing and Processing Technology, Rize, Türkiye
✉: ferhat.kalayci@erdogan.edu.tr

Abstract: This study was carried out to determine some reproductive characteristics of the chub (*Squalius orientalis* Heckel, 1847) in Borçka Dam Lake. The fish samples caught ranged between 14.1-53.2 cm in total length and 28.08-2267 g in body weight. Condition factor values varied between 1.12-1.48 in females, 1.04-1.30 in males. The highest mean condition factor value for females and males was recorded in June. The length at first (Lm_{50}) maturity was calculated as 20.6 cm for males and 21.3 cm for females. The gonadosomatic index (GSI) values varied between 1.23-7.05 in females, 0.81-2.69 in males. The highest mean GSI value was recorded in July for females and and in April for males. Considering the monthly variations in GSI values, it was determined that the reproductive period of *S. orientalis* in Borçka Dam Lake was between April and July. It is crucial to re-evaluate the minimum landing size and regional fishing ban period established for this species in our country to protect the stocks of this species and planning a sustainable fishery.

Keywords:*Squalius orientalis*, Chub, reproductive biology, Borçka Dam Lake, Artvin.

GİRİŞ

Su kaynaklarında bulunan canlı ve cansızlar sucul ekosistemleri oluşturur. Çok sayıda türü içinde barındırdığı için bu ekosistemlerin korunması gerekmektedir. Karasal ekosistemler ile sucul ekosistemlerde yaşayan canlılar arasındaki çeşitlilik biyolojik çeşitliliği oluşturur. Biyolojik çeşitlilik, karasal, denizel ve diğer su ekosistemleri ile bunların parçası oldukları diğer karışık ekolojik ortamlar da dahil olmak üzere tüm kaynaklardan gelen canlı organizmalar arasındaki değişkenliği ifade etmektedir. Bu türlerin kendi içindeki, türler arasındaki ve ekosistemlerdeki çeşitliliği de kapsamaktadır (Heywood ve Iriondo, 2003). Biyolojik çeşitliliği etkileyen faktörlerin iyi anlaşılması türlerin korunmasında büyük rol oynamaktadır. Sucul ekosistemlerin incelenmesi için en uygun organizma balık olarak görülmektedir (Van der Oost vd., 2003). Bu nedenle

[*] *Bu çalışma Yunus DEDEOĞLU'nun yüksek lisans tezinden üretilmiştir.* *This study was produced from the master thesis of Yunus DEDEOĞLU.*

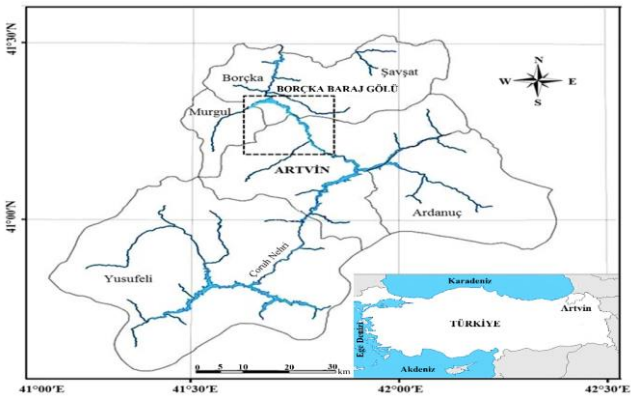
kaynakların koruma ve kullanım dengesi gözetilerek, balık stoklarının sürdürülebilirliğinin sağlanması (TCCB, 2019) var olan kaynakların mevcut durumu ve olası yeni av sahaların açılma ihtimalleri hususunda çalışmaların yapılması önem taşımaktadır. Bu noktadan hareketle göl, gölet ve baraj gölleri gibi iç sularda, mevcut balık stokları ile ilgili çalışmaların oldukça sığ ve yetersiz olduğu değerlendirilmektedir. Avcılığa kapalı olan sahalarda yapılacak olan bilimsel çalışmalar sonucunda bu sahalarda avcılığın kontrollü bir şekilde yapılmasının önü açılarak, bölge halkına yeni gelir getirici iş sahalarının açılması desteklenmelidir. Bu noktada özellikle ülkemizin iç bölgelerinde oldukça düşük olan kişi başı balık tüketiminin bu yolla artırılması ve bölge insanın sağlıklı ve uygun fiyatta balığa erişmesi sağlanmalıdır.

Ülkemizde *Squalius orientalis* türüne ait ilk kayıt Berg tarafından 1949'da verilmiştir. Araştırmacı çalışmasında Çoruh Nehri'nde *Leuciscus cephalus orientalis* türünün varlığından bahsetmiştir. Bunu takip eden yıllarda Slastenonko, 1955-1956 yılları arasında yaptığı çalışmada yine Çoruh Nehri'nden *Leuciscus cephalus orientalis* türünü tespit etmiştir. Kuru (1975) ve Turan (2003)'de yaptıkları çalışmalarda ise Çoruh Nehri'nde *Leuciscus cephalus* olduğunu bildirmişlerdir. Bayçelebi vd. (2015) tarafından yapılan çalışmada Çoruh Nehri'nde yaşayan ve tatlı su kefali olarak bilinen tür *Squalius orientalis* olarak isimlendirilmiştir. *S. orientalis*'in sistematik konumu, "Freshwater Fish List" (Van der Laan, 2017)'te verilen taksonomik kategoriler esas alınarak tespit edilmiştir. Son zamanlarda bu cinse ait yaklaşık 48 tür olduğu ifade edilmiştir (Özuluğ ve Freyhof, 2011). Ülkemizde ise bu cins 20 tür ile temsil edilmektedir (Becer ve Sarı, 2017). Bu cins içinde bulunan türler Avrupa'nın tamamından Orta Doğu'ya kadar büyük bir dağılım alanına sahiptir ve özellikle de Akdeniz Havzası'nda yoğun olarak bulunurlar (Geldiay ve Balık, 2007). *S. orientalis* Abazya ve Gürcistan'daki akarsularda, Türkiye'de Çoruh Nehri'nde dağılım gösterir (Bayçelebi vd., 2015). Tatlısu Kefalinin avcılık yoluyla elde edilen av miktarının 2000 yılından itibaren dalgalı bir değişim göstermekle birlikte, 2023 yılında 278 ton ile en yüksek seviyeye ulaşmıştır (TÜİK, 2024).

Literatürde Borçka Baraj Gölü'nde yaşayan *S. orientalis* türünün üreme biyolojisi ile ilgili herhangi bir çalışmaya rastlanılmamıştır. Bu çalışma, *S. orientalis*'in, cinsiyet oranı, kondisyon faktörü, gonad gelişim safhaları, gonadosomatik indeks ve üreme dönemi ile ilk üreme boyu gibi bazı temel üreme özelliklerinin belirlenmesi amacı ile gerçekleştirilmiştir. Çalışmanın sonuçları, Borçka Baraj Gölü'nde yaşayan bu türün biyo-ekolojik özelliklerinin belirlenmesinin yanı sıra, gölün zaman içerisinde avcılığa açılması değerlendirildiğinde önemli bir bilimsel veri oluşturması ve türün stoklarının korunması ve sürdürülebilir bir avcılığın planlanmasına katkı sunması beklenmektedir.

MATERYAL VE METOT

Araştırma, Çoruh nehri üzerinde kurulan Borçka Baraj Gölü'nde şubat 2016-eylül 2017 tarihleri arasında gerçekleştirilmiştir. Çoruh Nehri üzerine kurulmuş bir baraj olan Borçka Baraj Gölü 41º 03'99"- 41º 21' 10" kuzey enlemleri ile 41º 26' 57"- 41º 55' 26" doğu boylamları arasında yer alır (Şekil 1). Çalışma, kış ve sonbahar mevsimlerinde ayda bir, ilkbahar ve yaz mevsimlerinde ise ayda iki operasyon şeklinde gerçekleştirilerek elde edilen tatlısu kefali örnekleri üzerinde yürütülmüştür.



Şekil 1. Çalışma alanı (Yeşilçiçek, 2022).
Figure 1. The study area (Yeşilçiçek, 2022).

Örnekleme çalışmalarında farklı ağ gözü açıkladıklarına sahip fanyalı uzatma ağları kullanılmıştır. Av operasyonu öncesinde ağlar temizlenerek gözden geçirilmiş, karışıklıkların giderilmesi ve sorunsuz bir av operasyonu için kurşun ve mantar yakalar birbirinden ayrı karşılıklı olarak istiflenmiştir. Avcılık baraj gölünün 1-60 m arasındaki derinliklerde yürütülmüştür. Gölün zemin yapısı genellikle çamurlu, kumlu ve taşlık alanlardan oluşmaktadır. Avcılık operasyonlarında ağlar öğleden sonra baraj gölüne bırakılmış ve bir gece suda bekletildikten sonra ertesi gün sabah saatlerinde toplanmıştır. Yakalanan balıklar, incelenmek ve gerekli ölçümlerin yapılması için Su Ürünleri Fakültesi balık biyolojisi laboratuvarına getirilerek gerekli çalışmalar yapılmıştır. Biyolojik özelliklerinin tespit edilebilmesi için her bireyin toplam boyu (TL) 1 mm taksimatlı balık ölçüm cetveli ile ölçülmüştür. Balıkların vücut ve gonad ağırlıkları ise 0,01 g hassasiyetli elektronik terazi ile belirlenmiştir.

Kondisyon Faktörü (K): Bir türün beslenme ve büyüme farklılıklarını ortaya koymada önemli parametrelerden biri kondisyon faktörüdür. Kondisyon faktörünün hesaplanmasında aşağıda verilen Fulton'un kondisyon faktörü kullanılmıştır (Erkoyuncu, 1995).

$K = \frac{W}{L^b} \times 100$, bu eşitlikte;

K: Kondisyon faktörü, W: Balık ağırlığı (g), L: Toplam boy (cm), b: Boy ağırlık ilişki sabitini ifade eder.

Cinsiyet Tayini ve Olgunluk Safhalarının Belirlenmesi: Cinsiyet tayini için balıkların karın bölgesi

anüsten başlanarak açılmış, karnın iki yanında bulunan gonadlar pens yardımı ile zedelenmeden çıkartılmıştır. Dişi ve erkek gonadların renk ve şekil gibi morfolojik farklılıklarından yararlanılarak çıplak gözle cinsiyet tayini yapılmıştır. Eşeysel olgunluk dereceleri, gonadların dış görünüşlerine bakılarak makroskobik olarak belirlenmiştir. Gonadların eşeysel olgunluk derecelerinin belirlenmesi Holden ve Raitt (1974)'e göre 5 gelişim safhası kullanılarak yapılmıştır. Burada; I. safha (olgunlaşmamış) cinsiyet ayrımı mümkün değildir, cinsi olgunluğa ulaşmamış genç bireylerin tamamı bu safhadadır, gonad vücut boşluğunun çok küçük bir kısmını kaplar. II. safha (olgunlaşmaya başlamış) gonadlar vücut boşluğunda daha çok yer kaplayıp belirginleşmeye başlamıştır. Dişilerde ovaryum pembemsi ve saydam erkeklerde testis beyazımsıdır. III. safha (olgunlaşma) vücudun 3/2'sini kaplayan gonadlar çıplak gözle cinsiyet ayrımı yapmaya olanak tanır. Ovaryumlar pembemsi ve oositler taneli, testisler beyazımsı, krem rengi ve yumuşak dokuludur. IV. safha (olgunlaşmış, yumurtlama) gonadlar vücut boşluğunun 3/2'sinden fazlasını kaplar. Ovaryumlar pembemsi ve kan damarlarıyla çevrilmiş, testisler krem rengi, beyazımsı ve yumuşak dokuludur. V. safha (dinlenme) gonadlar vücut boşluğunun 3/2'sinden fazlasını kaplar, ovaryumlarda küçülme ve kan damarları azalma görülür, testisler küçük ve ipliksi, beyazımsı ve yumuşak dokulu yapıdadır.

Gonadosomatik İndeks (GSİ): Gonad ağırlığındaki en büyük değişim üreme zamanında meydana gelir. Üreme periyodunun tespitinde Gonadosomatik İndeks (GSİ) değerleri kullanılır. GSİ balıkların yumurtalama mevsimleri ve cinsel olgunluk süreci ile ilgili yorum yapmayı sağlar (Bingel, 2002). GSİ değerleri aşağıdaki formüle göre hesaplanmıştır (Erkoyuncu, 1995).

$$\text{GSİ} = \left(\frac{GW}{(W-GW)}\right) \times 100, \text{ Burada,}$$

W: Toplam balık vücut ağırlığını (g),

GW: Gonad ağırlığını (g) ifade etmektedir.

İlk Üreme Boyunun Belirlenmesi: İncelenen balık örneklerinin gonadları olgunluk safhalarına göre değerlendirilmiş olup, III. ve daha ileri safhalardaki gonadlara sahip balıkların olgunluk oranları dikkate alınarak hesaplamalar gerçekleştirilmiştir (Holden ve Raitt, 1974). İncelenen bireyler 3'er cm boy gruplarına ayırılarak her boy grubundan III ve daha ileri safhadaki olgun bireylerin frekansları arasında regresyon tekniği uygulanarak %50 oranına karşılık gelen boy ilk eşeysel olgunluk boyu olarak aşağıdaki formül kullanılarak belirlenmiştir (Campbell, 1985; King, 1995).

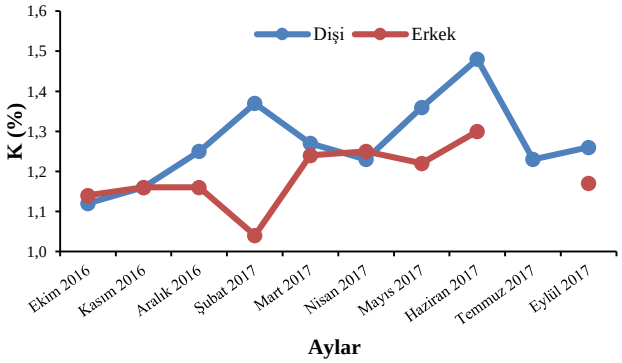
$$P = 1/1 + \exp(a + b * TL), \qquad Lm_{50} = -\frac{a}{b}$$

P: Olgunlaşma oranı, Lm_{50} : %50 eşeysel olgunluk boyu, TL : Toplam balık boyu (cm), a ve b: Regresyon sabitleri

BULGULAR

Çalışmada toplam 392 adet *S. orientalis* yakalanmış olup boyları 14,1-53,2 cm arasında dağılım göstermiştir. Cinsiyetlere ait ortalama boylar dişi, erkek ve tüm bireyler için sırasıyla 30,1±7,73 cm, 24,7±6,65 ve 28,3±7,83 cm olarak belirlenmiştir. Örneklerin 262 (%66,8) adedi dişi, 130 (%33,2) adedi ise erkek bireylerden oluşmaktadır.

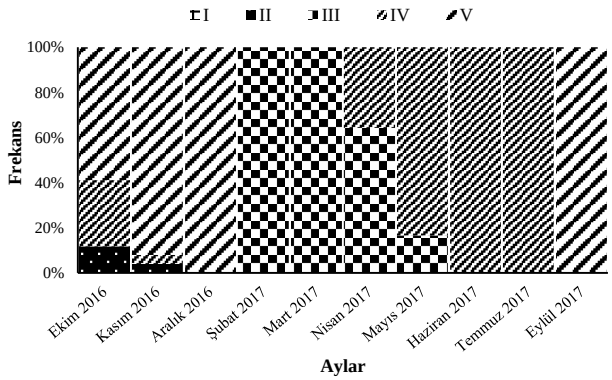
İncelenen dişi bireylerin kondisyon faktörü değeri, 1,48 ile haziran 2017'de en yüksek, 1,12 ile ekim 2016'da ise en düşük seviyede olduğu tespit edilmiştir. Erkek bireylerin kondisyon faktörü 1,04 ile şubat 2017'de en düşük, 1,30 ile haziran 2017'de ise maksimum düzeyde olduğu tespit edilmiştir. Mart ve haziran 2017 döneminde kondisyon faktörünün genelde daha yüksek seviyelerde olduğu belirlenmiştir. Cinsiyetlere göre aylık kondisyon faktörü değişimi Şekil 2'de verilmiştir.



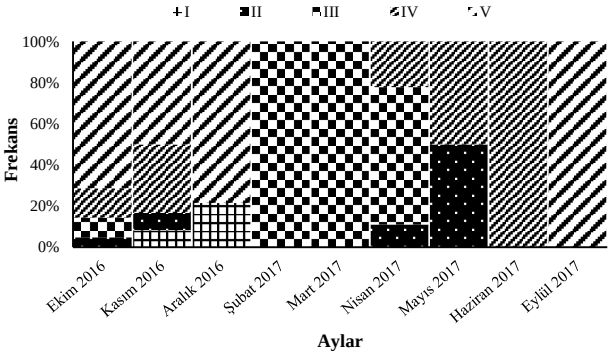
Şekil 2. Cinsiyetlere göre aylık kondisyon faktörü değişimi.
Figure 2. Monthly variations in the condition factor by sexes.

Üreme dönemindeki gonadlarda yumurtalar çıplak gözle görülebilecek kadar belirgin, gonad lopları şişkin ve gonad üzerindeki kan damarlarının belirgin bir şekilde olduğu tespit edilmiştir. Testislerde ise lopların krem renginde ve yumuşak dokulu olduğu gözlemlenmiştir. Dişi bireylerin gonadları incelendiğinde, ekim-kasım aylarında II, IV ve V. safhalar görülürken, nisan-temmuz dönemi içerisinde ise gonadların tamamı III. ve IV. safhalarda olduğu tespit edilmiş, eylül ayında ise gonadların tamamı V. safhada olduğu görülmektedir. Erkek bireylerde ise nisan temmuz aylarında II, IV. safhaların oranlarının daha yüksek, eylülde ise dişilerde olduğu gibi gonadların tamamının V. safhada olduğu belirlenmiştir. Gonadların çıplak gözle belirlenmesine göre olgunlaşmamış (I.-II.), olgunlaşmış, yumurtalarını bırakmaya devam eden (III.-IV.) ve yumurtalarını bırakmış (V.) bireylerin aylara göre dağılımları Şekil 3 ve 4'te verilmiştir.

Aynı boy grubunda olgunlaşmış bireylerin tüm bireylere oranından hesaplanan %50 cinsi olgunluk sıklığına karşılık gelen ilk cinsi olgunluk boyu (Lm_{50}); dişi bireyler için 21,3 cm, erkek bireyler için ise 20,6 cm olarak hesaplanmıştır (Şekil 5, 6).



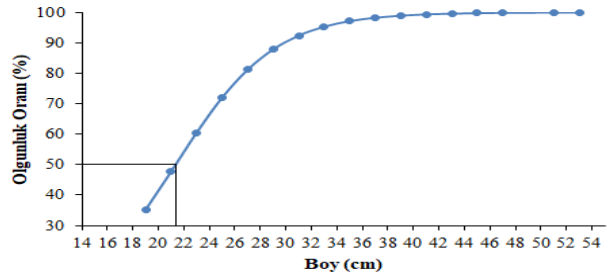
Şekil 3. *S. orientalis* dişi bireylerinin gonad olgunluk safhalarının aylık dağılımı.
Figure 3. Monthly distribution of gonadal maturity stages of *S. orientalis* females.



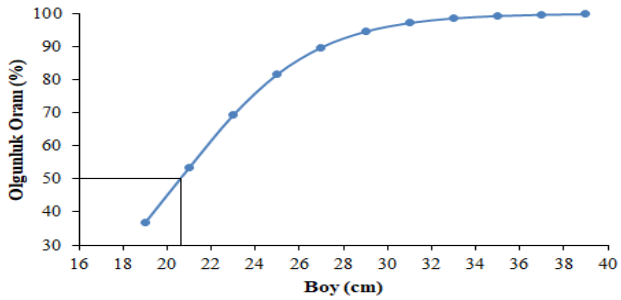
Şekil 4. *S. orientalis* erkek bireylerinin gonad olgunluk safhalarının aylık dağılımı.
Figure 4. Monthly distribution of gonadal maturity stages of *S. orientalis* males.

Borçka Baraj Gölü'nde yakalanan *S. orientalis* örneklerinin aylık ortalama GSİ değerlerine bakıldığında dişi bireyler için 1,23±1,03 ile Şubatta en düşük, 7,05±4,38 ile haziranda ise en yüksek değere sahip olduğu belirlenmiştir. Erkek bireylerde ise 0,81±0,30 ile ekim ayında en düşük, 2,69±2,28 ile nisan ayında ise en yüksek GSİ değerleri tespit edilmiştir (Tablo 1).

GSİ'nin aylara göre değişimi incelendiğinde dişi bireylerin GSİ değerlerinin Nisan ile Temmuz ayları arasında en yüksek seviyelerde olduğu görülmektedir. Erkek bireylerin GSİ değerlerinin ise nisan ayında en yüksek seviyeye ulaştığı görülmektedir (Şekil 7). Bu bağlamda, *S. orientalis* türünün Borçka Baraj Gölü'ndeki üreme periyodunun Nisan-Temmuz ayları arasında olduğu tahmin edilmiştir.



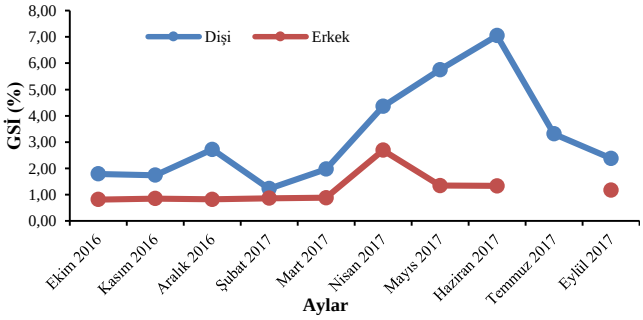
Şekil 5. *S. orientalis* dişi bireylerinin ilk eşeysel olgunluk boyu (Lm_{50}).
Figure 5. The Length at first sexual maturity (Lm_{50}) of *S. orientalis* females.



Şekil 6. *S. orientalis* erkek bireylerinin ilk eşeysel olgunluk boyu (Lm_{50}).
Figure 6. The Length at first sexual maturity (Lm_{50}) of *S. orientalis* males.

Tablo 1. *S. orientalis* için cinsiyetlere göre aylık ortalama GSİ±S.S değerleri.
Table 1. Monthly mean GSI±S.D values of *S. orientalis* by sexes.

Aylar	Dişi±S.S	Erkek±S.S
Ekim 2016	1,79±0,94	0,81±0,30
Kasım 2016	1,74±1,40	0,85±0,41
Aralık 2016	2,72±1,96	0,82±0,38
Şubat 2017	1,23±1,03	0,86±0,00
Mart 2017	1,97±1,77	0,88±0,37
Nisan 2017	4,36±3,66	2,69±2,28
Mayıs 2017	5,75±1,81	1,34±0,06
Haziran 2017	7,05±4,38	1,33±0,65
Temmuz 2017	3,31±2,09	-
Eylül 2017	2,38±1,87	1,17±0,36



Şekil 7. *S. orientalis* için cinsiyetlere göre GSİ değerlerinin aylık değişimi.
Figure 7. Monthly GSI variations of *S. orientalis* by sex.

TARTIŞMA VE SONUÇ

Bu çalışma, Borçka Baraj Gölü'nde yaşayan tatlısu kefalinin (*S. orientalis)* bazı üreme özelliklerinin belirlenmesi amacıyla yürütülmüştür. Literatürde, bölgede bu türün üreme biyolojisi ile ilgili herhangi çalışmaya rastlanılmamıştır. Örneklenen tatlısu kefalinin %66,8'ni dişi bireyler, %33,2'sini ise erkek bireyler oluşturmuştur. Balık popülasyonlarında cinsiyet dağılımlarının bilinmesi en çok popülasyonun üremesi bakımından önem taşır. Balık popülasyonlarında cinsiyet oranının; cinsiyetler arasındaki doğal, avcılıktan kaynaklanan ölümlerdeki farklılıklar başta olmak üzere, cinsiyetler arasındaki farklı olgunluk yaş ve büyüklüklerine sahip olmaları gibi birçok faktöre bağlıdır (Nikolsky, 1980).

Kondisyon faktörü, balıkların fizyolojik koşullarında biyotik ve abiyotik bileşenler arasındaki etkileşimi yansıtan önemli bir göstergedir. Bu nedenle, bu faktör farklı bölgelerdeki balık türleri arasında değişebilir (Blackwell vd., 2000) ve bu indeksteki dalgalanma aynı zamanda gonadların ve beslenme yoğunluğunun mevsimsel değişimlerine de dayanmaktadır (Biswas, 1993). Tatlısu kefalinin kondisyon faktörü dişi ve erkek bireyler için

sırasıyla, 1,12-1,48 ve 1,04-1,30 arasında değişim gösterdiği belirlenmiştir. Kondisyon faktörü değerleri Balık vd. (2004), Işıklı Gölü'nde dişiler için 1,40-2,00, erkekler için ise 1,57-2,14; Bostancı ve Polat (2009), Çamlıdere Baraj Gölü'nde, dişiler ve erkekler için sırasıyla 1,38-1,99 ve 1,27-1,91 aralığında; Şaşı ve Balık (2003), Topçam Baraj Gölü'nde, dişiler için 1,44-1,84, erkekler için 1,46-1,91 arasında bildirilmiş olup, kondisyon faktörü değerleri bu çalışmada elde edilen kondisyon faktörü değerlerinden yüksek bulunmuştur. Demirol vd. (2016) Uzunçayır Baraj Gölü'nde dişiler ve erkekler için sırasıyla 0,89-1,30 ve 1,04-1,23; Kara ve Solak (2004), Sır Baraj Gölü'nde 0,75-1,68 ve 0,77-1,60 arasında olduğunu bildirmişlerdir. Bu sonuçlar çalışma bulgularıyla paralellik göstermektedir. Kondisyon faktörü balığın cinsiyetine, üreme dönemine, yaşına, mide doluluğuna, tüketilen besin türüne, yağ rezervinin miktarı gibi (Barnham ve Baxter, 1998) birçok faktöre göre değişiklik göstermektedir. Yüksek K değerleri (K≥1), belirli bir sucul ortamın büyüme için uygunluğunu ve balıkların lehine iyi bir beslenme ve uygun çevre koşullarını gösterirken, 1'den düşük K değeri (K≤1), ters koşulların bir göstergesidir (Le Cren, 1951; Ujjania vd, 2012; Abbasi vd, 2019). Sonuçlar, bu habitat koşullarının balık büyümesi lehine olduğunu, dolayısıyla bu türün Borçka Baraj Gölü'nde iyi bir büyüme ortamında olduğunu göstermektedir.

S. orientalis'in GSİ değişim grafiğine bakıldığında, dişi bireyler Şubat ayında en düşük, haziran ayında ise en yüksek seviyede olduğu belirlenmiştir. Bu durum erkek bireyler için şubat ayında en düşük, nisan ayıda ise en yüksek seviyede olduğu tespit edilmiştir. Tatlısu kefalinin aylık GSİ değişimine göre üremenin nisan ayından itibaren başladığı ve temmuz ayına kadar devam ettiği belirlenmiştir. Bu sonuç, Şaşı (2004), Topçam Baraj Gölü'nde yaptığı çalışma sonuçları ile farklı; Kaptan (2014), Istranca Deresi'nde; Özay (2014), Akçay'da; Karataş ve Akyurt (1997), Almus Baraj Gölü'nde; Altındağ (1996), Akşehir Gölü'nde yaptığı çalışma sonuçları ile benzer; Kılıç ve Becer (2016), Yeniçağa Gölü'nde; Ünver ve Kekilli (2012), Hafik Gölü'nde yaptığı çalışma sonuçları ile aynı olduğu görülmektedir (Tablo 2). Çalışma alanlarının coğrafi konumlarının farklı olması, ortamların su sıcaklığı ve besin miktarı gibi farklı biyolojik ve fizikokimyasal özelliklere sahip olmasının çalışmalar arasındaki farklılıklara neden olduğu değerlendirilmektedir. Borçka Baraj Gölü ticari amaçlı su ürünleri avcılık faaliyetlerine tamamen yasaklanmış içsular kapsamındadır (TOB, 2024a). Bununla birlikte, ülkemizde Tatlısu kefali ile ilgili av zamanı yasağı bölgelere göre değişkenlik göstermekte olup çalışmanın yürütüldüğü Borçka Baraj Gölü'nde 1 Nisan-30 Haziran arasında olduğu belirtilmiştir (TOB, 2024b). Buna göre, *S. orientalis* türünün Borçka Baraj Gölü'ndeki üreme periyodunun nisan-temmuz ayları arasında gerçekleşmekte olduğu göz önüne alındığında, av zamanı yasağının bu bölgede temmuz ayını da kapsayacak şekilde yeniden düzenlenmesi sürdürülebilir bir balıkçılık yönetimi ve türün popülasyonlarının korunması noktasında önem arz etmektedir.

Çalışmamızda *S. orientalis* popülasyonunun ilk cinsi olgunluk boyu; dişiler için 21,3 cm, erkekler için ise 20,6 cm olarak hesaplanmıştır. Kaptan (2014), Istranca Deresi'nde; Şaşı (2004), Topçam Baraj Gölü'nde yaptıkları çalışmalarda ilk üreme boyunu bu çalışma sonuçlarıyla benzer bulmuşlardır. Özay (2014), Akçay'da; Karataş ve Akyurt (1997), Almus Baraj Gölü'nde; Altındağ (1996), Akşehir Gölü'nde; Kılıç ve Becer (2016), Yeniçağa Gölü'nde; Ünver ve Kekilli (2012), Hafik Gölü'nde yaptığı çalışmada farklı ilk üreme boyları bildirmişlerdir (Tablo 2). İlk üreme boyundaki farklılıkların temel olarak bireylerin yaşadıkları ortam farklılığı, ortamdaki besin miktarı ve su sıcaklığına bağlı olduğu değerlendirilmektedir.

Tablo 2. Tatlı su kefali için farklı çalışmalarda rapor edilen ilk üreme boyu ve üreme zamanı.
Table 2. The Length and age at first sexual maturity for the chub reported in different studies.

Referans	Çalışma Alanı	Eşey	İlk Üreme Boyu (Lm_{50})	Üreme Zamanı
Kaptan (2014)	Istranca Deresi	♀ ♂	13,6 12,0	Nisan-Haziran
Özay (2014)	Akçay	♀ ♂	11,3 10,9	Nisan-Haziran
Karataş ve Akyurt (1997)	Almus Baraj Gölü	♀ ♂	- -	Mayıs-Temmuz
Altındağ (1996)	Akşehir Gölü	♀ ♂	16,0 15,5	Mayıs-Temmuz
Şaşı (2004)	Topçam Baraj Gölü	♀ ♂	14,4 14,5	Mart-Nisan
Kılıç ve Becer (2016)	Yeniçağa Gölü	♀ ♂	19,2 15,3	Nisan-Temmuz
Ünver ve Kekilli (2012)	Hafik Gölü	♀ ♂	11,4 11,8	Nisan-Temmuz
Bu Çalışma	Borçka Baraj Gölü	♀ ♂	21,3 20,6	Nisan-Temmuz

(♀: Dişi, ♂: Erkek)

Balıklarda ilk cinsi olgunluk boyu, balık stoklarının korunması ve yönetilmesi için önemli bir parametredir. Dolayısıyla ilk üreme boyunun üzerindeki bir boyun asgari avlanabilir boy olarak belirlenmesi, stoklardan uygun bir ölçüde yararlanılmasının önünün açılması bakımından değerlidir. Borçka Baraj Gölü

üzerinde balık yetiştiriciliği yapılan işletmeler bulunmakta olup ticari su ürünleri avcılığının tamamen yasak olduğu bir iç su alanıdır. Ticari amaçlı su ürünleri avcılığının düzenlenmesi hakkındaki 6/1 numaralı tebliğ'de, tatlı su kefali için asgari avlanabilir boy 20 cm olarak belirlenmiştir. Bu çalışmada tatlısu kefali için tespit edilen ilk üreme boyları (♀ 21,3; ♂20,6 cm) dikkate alındığında belirtilen asgari avlanabilir boyun, türün stoklarının korunması ve sürdürülebilir bir avcılığın yapılması noktasında yetersiz ve uygulanabilir olmaktan uzak olduğu görülmektedir. Bu durum ticari avcılığın yasak olduğu ancak açılması söz konusu olduğu dönem öncesinde değerlendirilmesi gereken bir husustur. Ticari su ürünleri avcılığına tamamen yasak olan Borçka Baraj Gölü'nün gelecekte avcılığa açılması muhtemel olduğu değerlendirildiğinde, gölde yaşayan tüm canlılar ile ilgili benzer çalışmalar yapılarak sonuçlarının gelecekte yapılması planlanan düzenlemelere bilimsel bir veri oluşturması bakımından önem arz etmektedir.

TEŞEKKÜR

Bu çalışma birinci yazarın Yüksek Lisans Tezinin bir bölümünden üretilmiştir. Örnekleme dönemindeki katkılarından dolayı Doç. Dr. Yusuf CEYLAN'a ve Su Ürünleri Yük. Müh. Erhan ÖZTÜRK'e teşekkürlerimizi sunarız.

KAYNAKLAR

Abbasi, K., Mouludi-Saleh, A., Eagderi, S. & Sarpanah, A. (2019). Length-weight relationship and condition factor of eight species of the genera *Capoeta*, *Garra*, *Chondrostoma*, *Schizothorax* and *Paraschistura* from Iranian inland waters. *Iranian Journal of Ichthyology*, ***6***(4), 264-270.

Altindag, A. (1996). Some population feature, growth and condition of the Chub (*Leuciscus cephalus* L.,1758) in Aksehir Lake (Konya). *Turkish Journal of Zoology*, ***20***, 53-65,

Balık, S., Sarı, H.M., Ustaoğlu, M.R. & İlhan, A. (2004). Işıklı Gölü (Çivril, Denizli, Türkiye) (*Leuciscus cephalus* L., 1758) popülasyonunun yaş ve büyüme özellikleri. *Ege Üniversitesi Su Ürünleri Dergisi*, ***21***, 257-262.

Barnham, C.P.S.M. & Baxter, A. (1998). Condition Factor, K, for salmonid fish. *Fisheries Note*, 5, 1-3.

Bayçelebi, E., Turan, D. & Japoshvili, B. (2015). Fish fauna of Çoruh River and two first record for Turkey. *Turkish Journal of Fisheries & Aquatic Sciences*, ***15***, 783-794. DOI: 10.4194/1303-2712-v15_4_01

Becer, Z.A. & Sari, E. (2017). Distribution areas of *Squalius* genus in Turkey. *International Journal of Contemporary Research & Review*, ***8***, 20247-20251.

Berg, L.S. (1949). Freshwater Fishes of the U.S.S.R. and Adjacent Countries. Academy of Sciences of the U.S.S.R. Zoological Institute, Vol I-II-III, 341 p.

Bingel, F. (2002). Balık popülasyonlarının incelenmesi. Baki Kitapevi, Adana, 404 s.

Biswas, S.P. (1993). Manual methods in fish biology. New Delhi, India. South Asian Publishers. 157 p.

Blackwell, B. G., Brown, M. L. & Willis, D. W. (2000). Relative weight (Wr) status and current use in fisheries assessment and management. *Reviews in Fisheries Science*, ***8***, 1-44. DOI: 10.1080/10641260091129161

Bostancı, D. & Polat, N. (2009). Age determination and some population characteristics of chub (*Squalius cephalus* L., 1758) in the Çamlıdere Dam Lake (Ankara, Turkey), *Turkish Journal of Science & Technology*, ***4***, 25-30.

Campbell, A. (1985). Aplication of a yield and egg-per-recruit model to the lobster fishery in the Bay of Fundy. *North American Journal of Fish Management*, ***5,*** 91-104.

Demirol, F., Gündüz, F., Yıldız, N., Kurtoğlu, M., Çoban, M.Z. & Yüksel, F. (2016). Some growth parameters of chub (*Squalius cephalus*) living in Uzunçayır Dam Lake (Tunceli-Turkey). *Journal of Limnology & Freshwater Fisheries Research*, ***2***(2), 67-76.

Erkoyuncu, İ. (1995). Balıkçılık biyolojisi ve populasyon dinamiği ders kitabı. OMÜ, Yayınları. No: 95. Samsun, 265 s.

Geldiay, R. & Balık, S. (2007). Türkiye tatlısu balıkları. 5. Baskı, Ege Üniversitesi Basımevi, Bornova-İzmir. 644 s.

Holden, M. J. & Raitt, D.F.S. (1974). Manual of fisheries science. Part 2- methods of Resource Investigation and their Application. FAO, Rome.

Heywood, V.H. & Iriondo, J.M. (2003). Plant conservation: Old problems, new perspectives, *Biological Conservation*, ***113***(3), 321-335. DOI: 10.1016/S0006-3207(03)00121-6.

Karataş, M. & Akyurt., İ. (1997). The reproduction biology of barbel (*Barbus plebejus* (Bonaparte, 1832) and chub (*Leuciscus cephalus*, Linne 1758) in Almus Dam Lake. *Turkish Journal of Veterinary & Animal Sciences*, ***21***, 345-53.

Kaptan, Ç. (2014). Istranca Deresi'ndeki tatlı su kefalinin (*Squalius cephalus*, Lınnaeus, 1758) büyüme, beslenme ve üreme biyolojisi. İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul, 112 s.

Kara, C. & Solak, K. (2004). Sır Baraj Gölü (Kahramanmaraş)'nde yaşayan tatlısu kefali (*Leuciscus cephalus* L, 1758)'nin büyüme özellikleri. *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi. Fen & Mühendislik Dergisi*, ***7*** (2), 1-8.

Kılıç, S. & Becer, Z.A. (2016). Growth and reproduction of chub (*Squalius cephalus*) in lake yeniçağa, Bolu. *International Journal Of Agriculture & Biology*, ***18***(2), 419-424. DOI: 10.17957/ijab/15.0106

King, M. (1995). Fisheries biology, assessment and management. Fishing News Books, Oxford, 341 p.

Kuru, M. (1975). *Dicle-Fırat, Kura-Aras, Van Gölü Karadeniz Havzası tatlı sularında yaşayan balıkların (Pisces) sistematik ve zoocoğrafik yönden incelenmesi*. Doçentlik Tezi, Atatürk Üniversitesi, Fen Fakültesi, Erzurum,186 s.

Le Cren, E.D. (1951). The length-weight relationship and seasonal cycle in gonad weight and condition in the perch (*Perca fluviatilis*). *Journal of Animal Ecology*, ***20***, 201-209.

Nikolsky, G.V. (1980). *Theory of fish population dynamics as the biological background for rational exploitation and management of fishery resources*, (Trans. By Bradley, J. E. S., Eds. Jones, R) Bishen Singh Mahendra pal Singh (India) and Otto Koeltz Science Publishers (Germany), Delhi, 323 p.

Özay, G.G. (2014). *Akçay (Muğla-Denizli)'daki Tatlısu Kefali (Squalius cephalus L. 1758)'nin biyo-ekolojik özelliklerinin incelenmesi.* Yüksek Lisans Tezi, Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü,. Muğla, 100 s.

Özuluğ, M. & Freyhof, J. (2011). Review of the genus *squalius* in western and central anatolia, with description of four new species (Teleostei: Cyprinidae). *Ichthyological Exploration of Freshwaters*, ***22***(2), 107-148.

Slastenenko, E. (1956). Karadeniz Havzası Balıkları. Et Balık Kurumu Umum Müdürlüğü Yayınları, İstanbul, 711 s.

Şaşı, H. & Balık, S. (2003). Topçam Baraj Gölü'ndeki (Aydın) Tatlısu Kefalinin (*Leuciscus cephalus* L., 1758) yaş, büyüme ve cinsiyet oranları. *Ege Üniversitesi Su Ürünleri Dergisi*, ***20***(3-4), 503-515.

Şaşı, H. (2004). The reproduction biology of Chub (*Leuciscus cephalus* L. 1758) in Topçam Dam Lake (Aydın, Turkey). *Turkish Journal of Veterinary & Animal Sciences*, ***28***(4), 693-699.

TCCB. (2019). On Birinci Kalkınma Planı (2018-2023). Türkiye Cumhuriyeti Cumhurbaşkanlığı Strateji ve Bütçe Başkanlığı, Ankara. 219 s.

TOB. (2024a). Tarım ve Orman Bakanlığı, 6/1 Numaralı Ticari Amaçlı Su Ürünleri Avcılığının Düzenlenmesi Hakkında Tebliğ, Tebliğ No: 2024/20.

TOB. (2024b). Tarım ve Orman Bakanlığı, 6/2 Numaralı Amatör Amaçlı Su Ürünleri Avcılığının Düzenlenmesi Hakkında Tebliğ, Tebliğ No: 2024/21.

Turan, D. (2003). *Rize ve Artvin yöresindeki tatlısu balıklarının sistematik ve ekolojik yönden incelenmesi*. Doktora Tezi, Ege Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir, Türkiye, 184 s.

TÜİK. (2024). *Su Ürünleri İstatistikleri*, https://biruni.tuik.gov.tr/medas/?kn=97&locale=tr

Ujjania, N.C., Kohli, M.P.S. & Sharma, L.L. (2012). Length-weight relationship and condition factors of Indian major carps (*Catla catla*, *Labeo rohita* and *Cirrhinus mrigala*) in Mahi Bajaj Sagar, *India. Research Journal of Biology*, ***2***(1), 30-36.

Ünver, B. & Kekilli, S. (2012). Reproduction biology of chub living in Lake Hafik. *Iranian Journal of Fisheries Sciences*, ***11***, 681-692.

Yeşilçiçek, T. (2022). Length-Weight (L-W), Length-Length (L-L) Relationships and Condition Factor (K) of Gobio artvinicus (Teleostei: Gobionidae) from the Lower Çoruh River Basin, (NE Türkiye). *Journal of Anatolian Environmental & Animal Sciences*, ***7***(4), 451-457. DOI: 10.35229/jaes.1196352

Van der Laan, R. (2017). *Freshwater Fish List*. 23rd edition, ISSN: 2468-9157, ALMERE, The Netherlands, 997p.

Van der Oost, R., Beyer, J. & Vermeulen, N.P. (2003). Fish bioaccumulation and biomarkers in environmental risk assessment. *Environmental Toxicology & Pharmacology*, ***13***(2), 57-149.

Journal of Anatolian Environmental and Animal Sciences
(*Anadolu Çevre ve Hayvancılık Bilimleri Dergisi*)
DOI: https://doi.org/10.35229/jaes.1579032

JAES
Year: 9, No: 4, 2024 (747-753)
AÇEH
Yıl: 9, Sayı: 4, 2024 (747-753)

ARAŞTIRMA MAKALESİ **RESEARCH PAPER**

Possible Negative Effects of the *Calacarus Carinatus* (Prostigmata: Eriophyidae) on the First Harvesting of Tea in Eastern Black Sea Area (Türkiye)

Muhammet Mustafa AKINER[1]* **Feyza YAZICI[2]**
[1]*Recep Tayyip Erdoğan University, Faculty of Arts and Sciences, Department of Biology, Rize, Türkiye*
[2]*Recep Tayyip Erdoğan University, Faculty of Arts and Sciences, Department of Biology, Rize. Türkiye*

Received: *00.00.2024* ***Accepted:*** *00.00.2024* ***Published:*** *31.12.2024*

How to cite: **Akıner, M.M. & Yazıcı, F. (2024).** Possible negative effects of the *Calacarus Carinatus* (Prostigmata: Eriophyidae) on the first harvesting of tea in Eastern Black Sea Area (Türkiye). *J. Anatolian Env. and Anim. Sciences*, ***9***(4), 747-753. https://doi.org/10.35229/jaes.1579032

Atıf yapmak için: **Akıner, M.M. & Yazıcı, F. (2024).** Doğu Karadeniz Bölgesi (Türkiye)'nde ilk çay hasadı üzerine *Calacarus carinatus* (Prostigmata: Eriphyidae)'un olası olumsuz etkileri. *Anadolu Çev. ve Hay. Dergisi*, ***9***(4), 747-753. https://doi.org/10.35229/jaes.1579032

*: https://orcid.org/0000-0002-7658-3236
: https://orcid.org/0000-0002-9742-5253

***Corresponding author's:**
Muhammet Mustafa AKINER
Recep Tayyip Erdoğan University, Faculty of Arts and Sciences, Department of Biology, Rize, Türkiye
✉: mustafa.akiner@erdogan.edu.tr

Abstract: Tea (*Camellia sinensis* L.) is a perennial crop onrush by many arthropod pests. The eriophyid purple tea mite, *C. carinatus* damaged the fresh tea leaves and had a brownish discoloration and affected the tea flavor. It is also a major tea pest together with *Acaphylla theae* in India. This study focused on the population situations and chlorophyll content changes related to the *C. carinatus* infestations. A study was conducted over one year and collected tea leaves in 6 different tea plantation areas in the eastern Black Sea area. Individual count and chlorophyll content were performed the same day after collecting to avoid chlorophyll content changing and specimens dying during the preservation period. Study results showed that *C. carinatus* was found every season but the population started to increase in early February to reach a peak level at the end of March. It also showed that the population began to decrease in early April and finally remained at very low levels throughout the summer. During the high population density time chlorophyll content was adversely affected by the infestation levels. Density-dependent measurements also verify this situation according to the -density category chlorophyll content. Chlorophyll content of the 0, 0-5 individual category showed statistically significant differences from the other density categories. This work may help future tea production plan and their quality by focusing on pest management.

Keywords: *Calacarus carinatus*, population, chlorophyll content, first harvesting, tea.

Doğu Karadeniz Bölgesi (Türkiye)'nde İlk Çay Hasadı Üzerine *Calacarus carinatus* (Prostigmata: Eriphyidae)'un Olası Olumsuz Etkileri

***Sorumlu yazar:**
Muhammet Mustafa AKINER
Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi, Fen-Edebiyat Fakültesi, Biyoloji Bölümü, Rize, Türkiye
✉: mustafa.akiner@erdogan.edu.tr

Öz: Çay (*Camellia sinensis* L.) birçok eklembacaklı zararlının saldırısına maruz kalan çok yıllık bir üründür. Eriophyid mor çay akarı, *C. carinatus* taze çay yapraklarına zarar vererek kahverengimsi bir renk bozulmasına neden olmakta ve çayın tadını etkilemektedir. Ayrıca, Hindistan'da *Acaphylla theae* ile birlikte önemli bir çay zararlısı durumundadır. Bu çalışma, *C. carinatus* istilalarıyla ilgili popülasyon durumlarına ve klorofil içeriği değişikliklerine odaklanmıştır. Çalışma bir yıl boyunca yürütülmüş ve Doğu Karadeniz Bölgesi'nde 6 farklı çay plantasyonundan çay yaprakları toplanmıştır. Klorofil içeriğinin değişmesini ve örneklerin koruma süresi boyunca ölmesini önlemek için örneklerin sayımı ve klorofil içeriği aynı gün içerisinde sonra gerçekleştirilmiştir. Çalışma sonuçları, *C. carinatus*'un her mevsim bulunduğunu, ancak popülasyonunun şubat ayının başlarında artmaya başladığını ve mart ayının sonunda zirveye ulaştığını göstermiştir. Ayrıca, sonuçlar popülasyonun nisan ayının başlarında azalmaya başladığını ve yaz boyunca çok düşük seviyelerde kaldığını göstermiştir. Yüksek popülasyon yoğunluğu zamanında klorofil içeriği istila seviyelerinden olumsuz etkilenmiştir. Yoğunluğa bağlı ölçümler de yedi yoğunluk kategorisi klorofil içeriğine göre bu durumu doğrulamaktadır. 0, 0-5 bireysel kategorinin klorofil içeriği diğer yoğunluk kategorilerine göre istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar göstermiştir. Bu çalışma, zararlı yönetimine odaklanarak, çay üretim planına ve kalitesine olumsuz etkilerin önlenmesine yönelik gelecekte yapılacak çalışmalara yol gösterecektirr.

Anahtar kelimeler: *Calacarus carinatus*, populasyon, kolorofil miktarı, ilk hasat, çay.

INTRODUCTION

Phytophagous mites can extensively impact agricultural activity and natural ecosystems. Among these groups, eriophyid mite species have the highest potential to adversely affect agricultural practices. They are obligate plant feeders and show some symptoms that can confused with symptoms caused by viruses, deficiency of some plant nutrients, and physiological disorders. Eriophyidae family species usually have host specificity and can damage all parts of the plant except the root (Westphal & Manson, 1996). Members of this group can also transmit plant pathogens (Oldfield & Proeseler, 1996). Therefore, eriophyid mites ranked second most important group after tetranycid mites related to the yield losses of many economically most important plants. Working with the Eriophyoid mites on their effects on agriculture is a big defiance related to the small size and hidden life. They are widely distributed and found everywhere where their host plants cultivate areas and have a high host specificity (Oldfield, 1996; Skoracka et al., 2010). Environmental conditions variability, cultural practices, and some standards of the markets heavily affected to estimate of these groups' economic importance.

The genus Calacarus is one of the large economically important taxonomic groups in Eriophyoid mites. It consists of renowned pest species such as *Calacarus carinatus* (Green, 1890), *C. coffeae* (Keifer, 1960), *C. brionesae* (Keifer, 1963). This group members are seriously damaging different kinds of economically important crops such as tea, coffee, citrus, orange, and papaya (Lindquist & Amrine, 1996). This genus is connected with different tropical hosts and is reported mainly in tropical and subtropical areas in Asia, South Africa, the USA, and Brazil. Only two Calacarus species (*C. carinatus* and *C. pusillus*) are distributed in Europe (Pye, 2012; Pwkb, 2022). Mansilla et el. (2003) stated that *C. carinatus* is an invasive species in Europe together with *Acaphylla theae*. *C. carinatus* has been recorded in citrus plantation areas in Italy, Spain, Portugal, also reported Hungary, and Poland (Navajas et al., 2010). More than one hundred species of Eriophyoidea have been reported in Türkiye, just only one Calacarini species (*C. carinatus*) reported (Denizhan et al., 2015). It was first recorded in Giresun city on *C. sinensis* by Düzgüneş (1963). Moreover, five eriophyid mite species have been described in tea plantation areas globally, and only one species has been recorded in Türkiye tea plantation areas (*C. carinatus* (Green, 1890)).

Tea (*C. sinensis* L.) is produced in the eastern blacksea area from the Georgian border to the Fatsa district of Ordu province in Türkiye. The harvesting period covers five or six months period three times a year in Türkiye. Some years it collected 4 times related to the climatic conditions (Yazıcı & Akıner, 2024). It starts in early May and ends in early October. Tea is a perennial crop that is affected by many pests during the year. Among these pests, the eriophyid purple mite, *C. carinatus* leads to damage to the leaves that reduces the brightness and flavor of tea (Subaharan & Regupathy, 2006). The effect of *C. carinatus* on tea shows itself as a bronze coloration of the leaf after feeding. It has been reported that due to the intensive infestation of the species on the tea plant, the drying of tea leaves causes premature leaf fall (Shiao, 1976). It also is an important pest of tea in some parts of India and the population density of tea leaves was found high from January to April (Muraleedharan et al., 1994). Genetic and population studies showed that the species generalist of different varieties of tea in China and its passive spread is supported by frequent human commercial activities (Li et al., 2014). Limited studies about the important pest mite species and densities in tea plantation areas of Türkiye generally depend on yellow tea mite and biological control options (Diler et al., 2022; Akyazı et al., 2023; Çuhadar et al., 2023; Yazıcı & Akıner, 2024).

This study firstly aimed to determine population fluctuation during one year of the *C. carinatus* which second most important pest mite group member after tetranycid mites and secondly aimed their effects on chlorophyll content of the tea leaves related to the possible negative effects of the harvesting period.

MATERIAL AND METHOD

Area selection: Tea leaves were collected from three tea-growing provinces (Artvin, Rize, Trabzon) in the Eastern Black Sea Region (Figure 1). From these provinces, two sites were randomly selected between sea level and 75 m altitude. Artvin (Sarp, Hopa), Rize (Hamidiye, Derepazarı) Trabzon (Of, Sürmene) districts. Collection points consisted of at least three gardens.

Figure 1. Study area and collection points of the Eastern Black Sea area of Türkiye

Collection and preservation of specimens: The collection took place during one year from October 2023 to October 2024. Collection of the specimens was carried out twice a month during this period. In total, collection occurred twenty-four times, with more or less 30 leaf samples collected at each collection point. A total of 720 leaf results were evaluated for the study at each collection point. The

collected leaves were transported to the laboratory in boxes and immediately examined under a stereo microscope. The number of *Calacarus* spp. on each leaf was recorded. Samples were carefully removed from the leaves using a fine brush (size 00) and preserved in 2 ml 70% ethanol in Eppendorf tubes for morphological identification.

Identification of specimens: The tea leaves were examined under a stereo microscope to identify and count purple tea mites. Preserved samples were transferred to 90% lactic acid for the removal of internal organs. Mite specimens were cathed using a pin and slide-mounted with Keifer's Booster (Amrine & Manson, 1996) and the generic classification was made according to Amrine et al. (2003) and Han et al. (2015).

Chlorophyll contents during high densities of Calacarus carinatus: Chlorophyll contents were measured between three months (February-April) when the population started to increase and decrease. The reason for determining the measurement time between these dates is that the population exceeded the economic damage threshold in some collection areas. The chlorophyll content of each leaf was measured at five different points using a portable leaf chlorophyll meter (SPAD502, Konica Minolta, Inc., Japan). Measurements were taken from samples from the 4th leaves of tea shoots. Chlorophyll content was measured 6 times in total in the Sarp and Derepazarı regions with 30 4th leaves of tea shots. Average chlorophyll content was used for general evaluation. Chlorophyll content and count of the specimens correlation were evaluated according to the six-week results. The collected leaves were labeled separately and the chlorophyll levels were measured in the laboratory on the same day and the results were recorded. Furthermore, possible density-dependent changes in chlorophyll content were measured for these study areas. Tea shots are separated according to the different densities for these two areas. Seven different density ranges were used for this evaluation (75-60, 60-45, 45-30, 30-15, 15-5, 5-1, 0).

Analysis of the results: The IBM SPSS version 27 processed the results of weekly based chlorophyll content and density-dependent chlorophyll content. Chlorophyll data were analyzed by bivariate correlation weekly count and density-dependent chlorophyll data were analyzed by ANOVA. The means were separated by Tukey HSD post hoc test, with a p-value of 0,05 regard of statistically significant.

RESULTS

Visual differences of 100, 62, and 0 *C. carinatus* density of the lower surface of the tea leaf are shown in figure 2. The population density of the six localities during one year of the Eastern Black Sea area is given in figure 3. The low population densities generally recorded in 2024 from May to July under one person per leaf except Sarp in May and Hamidiye for the second part of June. The lowest count was in the Sürmene region (0 specimens per leaf). Populations started to increase in the first half of February and reached the peak level second half of March. The high population densities were found in March and April for all localities. The highest level of density was recorded for the Sarp region in March 2024 second half. Annual mean temperature and precipitation are given figure 4. Population peaks hold together with increase of temperature and decrease of precipitation.

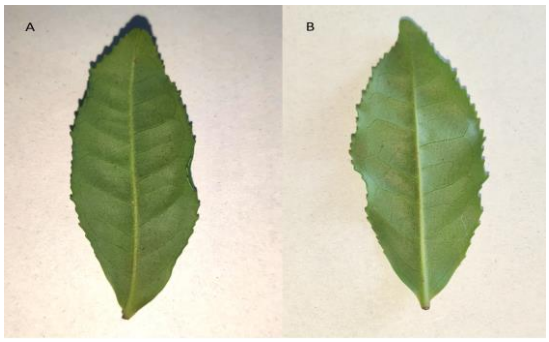


Figure 2. Appearance of the lower surface of the leaf according to the density of the specimens *((A) Leaf appearance by Calacarus carinatus mite (100 individuals) (B) Leaf damage by Calacarus carinatus mite(64 individuals)).*

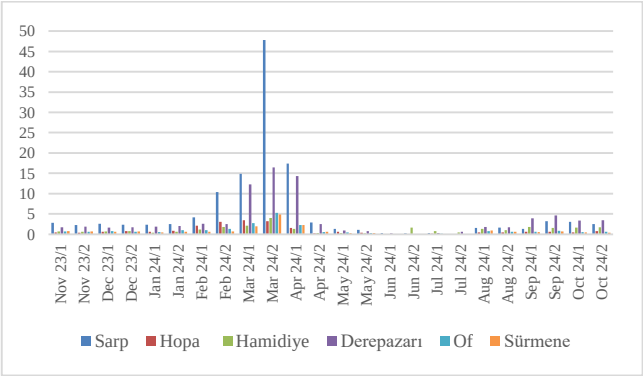


Figure 3. Annual population fluctuations of *Calacarus carinatus* in selected areas of the Eastern Black Sea area.

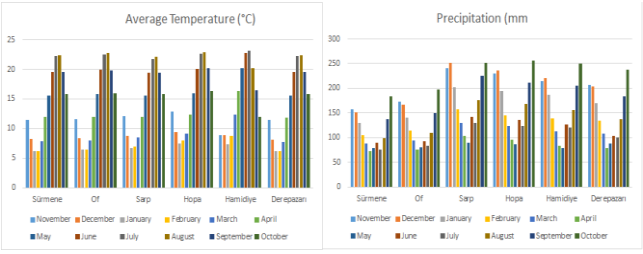


Figure 4. The mean temperature and precipitation of the study period in the study areas.

Three months comparison graphic of individual counts and chlorophyll content are given in figure 5. According to the results, a high degree of chlorophyll content indicated a low number of individuals on a leaf. The correlation of the six times counts specimens and chlorophyll content is statistically significant ($p<0,05$). The bivariate correlation coefficient of the mean count of the specimens and chlorophyll content was found -0,504.

Furthermore, density-dependent results of the seven categories showed a significant difference between groups (p<005) for the two study areas. The analysis of ANOVA and post hoc test based on mean values of the group result is given in Table 1. Boxplot graphs of the results based on the data mean are presented in figures 6 and 7 for Sarp and Derepazarı. It was found that a statistically significant difference between the seventh category and the other groups except between the sixth and seventh categories of Derepazarı. It was also found a statistically significant difference between the sixth category and the others (Table 1).

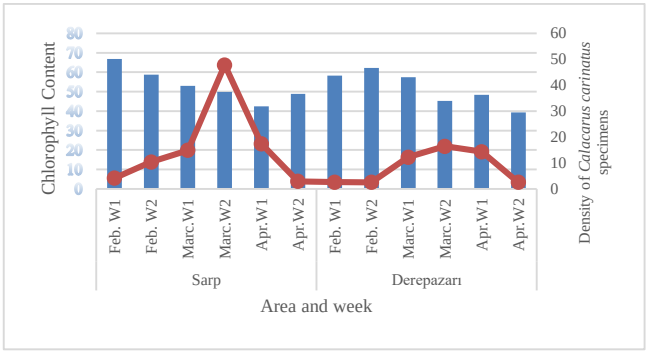


Figure 5. Six week based mean chlorophyl content and mean count of *Calacarus carinatus* comparison according to 30 leaves count and measurements.

Table 1. Analysis results of the chlorophly content and mean individual per leaf based on mean values.

			Sarp	df		f	sig	
	ANOVA			6		39,912	0,00*	
			Derepazarı	6		14,469	0,00*	
	Sarp	1	2	3	4	5	6	7
	1	1	0,068	0,993	1	1	0,02*	0,00*
	2			0,1*	0,091	0,123	0	0,00*
	3				0,983	0,964	0,015	0,00*
	4					1	0,001	0,00*
	5						0,001	0,00*
TUKEY HSD	6							0,00*
	Derepazarı	1	2	3	4	5	6	7
	1	1	0,932	0,971	0,977	0,888	0,00*	0,00*
	2			1	1	1	0,00*	0,00*
	3				0,997	1	0,001	0,00*
	4					1	0,00*	0,00*
	5						0,001	0,00*
	6							0,912

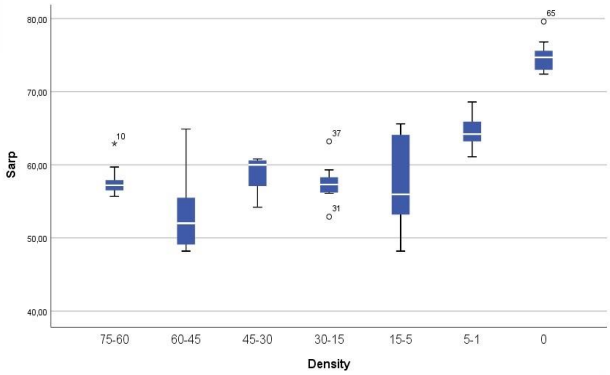


Figure 6. Mean chlorophy content of the leaves according to the density category of the *Calacarus carinatus* specimens from Sarp

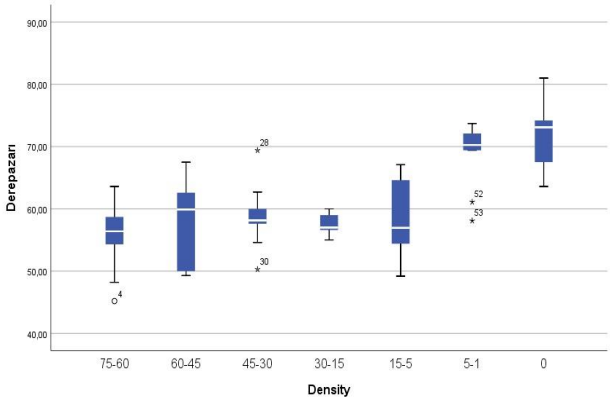


Figure 7. Mean chlorophy content of the leaves according to the density category of the *Calacarus carinatus* specimens from Derepazarı.

DISCUSSION

The purple tea mite *C. carinatus* is an important pest for tea cultivation and economically with *A. theae* in India and Southeast Asia (Channabasavanna, 1996). Both species are on the alien species list in Europe. Records related to the host plant range of *C. carinatus* are, mainly tea, *Viburnum opulus* L., and *Capsicum annuum* L. (Amrine & Stasny, 1994). However, no importance or status notification has been made for Türkiye in tea plantation areas or other areas.

Tea pest studies in Türkiye generally related to *P. latus* and *Orosanga japonica* (Akyazı et al., 2023; Akıner et al., 2020; Yazıcı & Akıner, 2024). The mite species survey study showed eight mite species in tea plantation areas and it just only a surveillance study for the tea plantation areas (Diler et al., 2022). Yazıcı and Akıner (2024), reported that commonly found species for tea plantation areas are *P. latus* and *Brevipalpus phoenicis*. They also found that *C. carinatus* during the survey time but did not imply high population density. Some studies about the mite species' effects on qualitative or quantitative effects reported some side effects of fresh tea production (Çuhadar et al., 2023; Yazıcı and Akıner 2024). In this aspect, Çuhadar et al. (2023) reported that adverse effects on tea related to the *P. latus* density and infestations. It was also found that plants with at least 30 *P. latus* mites per leaf had lower yields. Although the Calacarini genus is obligatory plant-feeding mites, they are not fully understood and are often neglected because of their

extremely small size (average body length, 200 µm) (Manson, 1984). Lee et al. (2014) stated this situation and found two new Acalphlla and *C. carinatus* species after a long survey in tea plantation areas. The same situation also prevailed in Turkiye.

Our study revealed that *C. carinatus* density is higher in early spring than in other seasons and also up the economic damage threshold (EDT). A survey of the year duration showed that *C. carinatus* effects on tea leaves as bronze coloration and intensive infestation for two study areas (Sarp, Derepazarı). Our results consisted of Shiao (1976) related to the bronze coloration and drying of tea leaves and premature leaf fall. We found the population higher season in February to April even if it is not above the economic damage threshold in all areas. These results were also consistent with Muraleedharan et al. (1994) results from some parts of India's *C. carinatus* populations on tea. *C. carinatus* is also a major pest in South India and also been reported that the Assam type of tea is more susceptible to purple mites (Kowsika, 2022). Our study also supported that the Sullivan et al. (2007). They reported that the *C. carinatus* is active during the winter time. They found a higher population level in April to May and a higher reduction in the summer time but our study showed that the population peaked in March and April and population levels gradually decreased end of April and May. Similarly, our results showed a low level of population during summertime.

Our survey during the year stated that the population peak is early spring and this period is important for the first harvesting time related to the area conditions. Chlorophyll content and individual density are related during the high population periods. This study showed that high individual density adversely affected chlorophyll content for the first time in Turkish tea plantation areas. Daud et al. (2012) another Calacarini species' chlorophyll levels changes related to the reduction of rubber three productivity. They reported leaf physiology changes related to the *Calacarus heveae* infestation on rubber trees. Although high relationship between mite infestation and its effects on tea leaves, the studies about this area are very limited. Al Mamun et al. (2016) studied to determine biochemical and physiological changes related to red spider mite infestation on tea leaves. But, they could not determine the gross chemical changes. Banerjee et al. (2019) indicated the relationship between mite infestation and chlorophyll, carotenoids, and xanthophylls. They reported that Darjeeling tea was damaged by the attack of a phytophagous mite and showed a reduction of chlorophyll, carotenoids, and xanthophylls with a rise of phenolic and alcoholic groups due to the mite infestation. They also reported that sugar and protein content were reduced with mite infestation. In this study, we only measured chlorophyll content relation with individual density per leaf during a high-density period. Density-dependent and independent measurements showed the same situation.

CONCLUSION

In conclusion, the extent *of C. carinatus* population dynamics and effects on chlorophyll content on tea leaves have been shown by one-year study efforts in tea plantation areas. Population peak time is important for tea growing before the first harvesting period and also a new shot for white tea production in April for the eastern Black Sea area. Study revealed that the reduction of chlorophyll content also for tea quality even if studies biochemical and physiological changes of the tea leaves have not been done. This work could promote the possibilities the enhancement in astern Black Sea area tea production and its quality by focusing on the pest management. Although there is no study about the pest control *of C. carinatus* or other mite species related to the tea plantation areas in Türkiye, maybe some initial precautions need to be taken before the first harvesting time such as biological control, and predatory species options.

ACKNOWLEDGMENTS

This study was supported by Recep Tayyip Erdoğan University the Scientific Research Project Unit Grant Number FOA-2024-1527.

Disclosure statement: The authors declare that there are no conflicts of interest.

Conflict of Interest: The authors declare that they have no known competing financial interests or personal relationships that could have influenced the work reported in this paper.

Author Contribution: All authors contributed to the study's conception, design, experiments, analysis, and preparation of the manuscript.All authors read and approved the final manuscript.

REFERENCES

Akıner, M.M., Öztürk, M., Güney, İ. & Usta, A. (2020). Natural infection potential and efficacy of the entomopathogenic fungus Beauveria bassiana against *Orosanga japonica* (Melichar). *Egyptian Journal of Biological Pest Control*, ***30***, 1-9.

Akyazı, R., Soysal M., Özen, B. & Hassan, E. (2023). Assessment of toxicidal and repellency activity of extracts from aerial parts of *Prunus laurocerasus*

for controlling broad mite, *Polyphagotarsonemus latus*. *International Journal of Acarology*, ***49***(7-8), 440-447.

Al Mamun, M.S., Hoque, M.M., Ahmed, M. & Yasin, M. (2016). Physiological and biochemical changes in tea leaves and made tea due to red spider mite infestation. *Asian Journal Plant Science*, *15*, 16-25.

Amrine, J.W. Jr., Stasny, T.A. & Flechtmann CHW. (2003). Revised keys to world genera of Eriophyoidea (Acari: Prostigmata). Indira Publishing House, West Bloomfield, Michigan, USA, 244 pp.

Amrine, J.W. Jr. & Manson, D.C.M. (1996). Preparation, mounting and descriptive study of eriophyoid mites. In World Crop Pests: *Eriophyoid mites—their biology, natural enemies and contro*l. Elsevier, Amsterdam, 383-396

Amrine, J.W. Jr. & Stasny, T.A.H. (1994). Catalog of the Eriophyoidea (Acarina, Prostigmata) of the World. West Bloomfi eld, Michigan: Indira Publishing House. 531pp

Banerjee, P., Islam, M.M., Laha, A., Biswas, H., Saha, N.C., Saha, G.K., Sarkar, D., Bhattacharya, S. & Podder, S. (2020). Phytochemical analysis of mite-infested tea leaves of Darjeeling Hills, India. *Phytochemical analysis*, ***31***(3), 277-286.

Channabasavanna, G.P. (1996). Sugarcane, coffee and tea. In World Crop Pests: *Eriophyoid mites-their biology, natural enemies and contro*l. Elsevier, Amsterdam 631-640.

Çuhadar, B.A., Akyazi, R. & Bostan, S.Z. (2023). Yield loss and physicochemical changes in fresh tea leaves caused by *Polyphagotarsonemus latus* (banks) attack in different tea clones. *International Journal of Tropical Insect Science*, ***43***(1), 297-309.

Daud, R.D., de Cássia Conforto, E. & Feres, R.J.F. (2012). Changes in leaf physiology caused by Calacarus heveae (Acari, Eriophyidae) on rubber tree. *Experimental and Applied Acarology*, ***57***, 127-137.

Denizhan, E., Monfreda, R., De Lillo, E. & Çobanoğlu, S. (2015). Eriophyoid mite fauna (Acari: Trombidiformes: Eriophyoidea) of Turkey: new species, new distribution reports and an updated catalogue. *Zootaxa*, ***3991***(1), 1-63.

Diler, H., Yazıcı, G., Saçtı, Z., Yücel, C. & Barış, A. (2022). Survey of mite species of tea plantations in Rize. *Plant Protection Bulletin*, ***62***(3), 37-49.

Düzgüneş, Z. (1963). Türkiyede yeni bulunan akarlar. (The mite species newly found in Turkey). *Türkiye Bitki Koruma Bülteni*, ***3***(4), 237-246.

Han, X., Zuo, Y., Xue, X.F. & Hong, X. Y. (2015). Eriophyoid mites (Acari, Eriophyoidea) associated with tea plants, with descriptions of a new genus and two new species. *Zookeys*, ***11***(534), 1-16.

Kowsika, S. (2022). Major Mite Pests of Tea and Their Management. *Just Agriculture* ***2***(11), 1-6

Lee, J.H., Jung, S. & Lee, S. (2014). Three Newly Recorded Species of the Genera Acaphylla Keifer and Calacarus Keifer (Prostigmata: Eriophyidae) from *Camellia* spp. (Theaceae) in Korea. *Korean Journal of Applied Entomology*, ***53***(1), 59-64.

Li, H.S., Sun, J.T., Liu, Y., Xue, X.F. & Hong, X.Y. (2014). Population structures of *Acaphylla theae* and *Calacarus carinatus* (Acari: Eriophyoidea) from different tea-producing areas of China reveal no host-associated differentiation and recent colonization. *Systematic and Applied Acarology*, ***19***(2), 113-122

Lindquist, E.E. & Amrine, J.W. (1996). Systematics, diagnoses for major taxa, and keys to families and genera with species on plants of economic importance. In World Crop Pests: *Eriophyoid Mites Their Biology, Natural Enemies and Control*. Elsevier, Amsterdam, 33-87, 790pp.

Mansilla, J.P., Pe´rez Otero, R., Salinero, C., Lo´pez Villarreal, M.J., Barrote, C.R. & Meira, M. (2003). The distribution of eriophyid mites and its presence on Camellias in Galicia and Portugal. *Bol San Veg Plagas*, ***29***, 35-41.

Manson, D.C.M. (1984). Eriophyoidea except Eriophyinae (Arachnida: Acari). *Fauna of New Zealand*, ***4***, 1-142

Muraleedharan, N., Surendra Mohan, M., Radhakrishnan, B. & Udayabhanu, K.G. (1994). Seasonal abundance and vertical distribution of purple mite, *Calacarus carinatus* (Green) (Eriophyidae: Acarina) infesting tea. *Entomon*, ***19***(1-2), 53-56.

Navajas M et al. (2010). Mites and ticks (Acari). Chapter 7.4. In: Roques A et al. (Eds) Arthropod invasions in Europe. *BioRisk*, ***4***(1), 149-192.

Oldfield, G.N. (1996). Diversity and host plant specificity. In World Crop Pests: *Eriophyoid Mites Their Biology, Natural Enemies and Control*. Elsevier, Amsterdam, 199-216, 790pp.

Oldfield, G.N. & Proeseler, G. (1996). Eriophyoid mites as vectors of plant pathogens. In World Crop Pests: *Eriophyoid mites-their biology, natural enemies and contro*l. Elsevier, Amsterdam, pp 259-275, 790pp.

Özman-Sullivan, S., Öcal, H. & Mıcık, M. (2007). Çay Akarlarının Populasyon Dinamikleri. *Türkiye II. Bitki Koruma Kongresi* 27-29 Ağustos 2007 Conference book 67p

PlantwisePlus Knowledge Bank. (2022). DOI: 10.1079/pwkb.species.21848**.**

Pye, D.R.L. (2012). New eriophyoid mites (Acari: Prostigmata: Eriophyoidea) in Britain: One new genus, four new species, 19 new records and two incursions. *Zootaxa*, ***3578***(1), 43-68.

Shiao, S.N. (1976). An ecological study of the tea purple mite, Calacarus carinatus Green. *Plant Protection Bulletin (Taiwan)*, ***18***(2), 183-198.

Skoracka, A., Smith, L., Oldfield, G., Cristofaro, M. & Amrine, J.W. (2010). Host-plant specificity and specialization in eriophyoid mites and their importance for the use of eriophyoid mites as

biocontrol agents of weeds. In Eriophyoid Mites: *Progress and Prognoses*. Springer, Dordrecht, The Netherlands, 93-113, 307pp.

Subaharan, K. & Regupathy, A. (2006). Effect of neem formulations on the management of purple mite, *Calacarus carinatus* L. infesting tea. *Journal of Plantation Crops*, ***34***(3), 435-438.

Westphal, E. & Manson, D.C.M. (1996). 1.4. 6 Feeding effects on host plants: Gall formation and other distortions. In *World Crop Pests* (Vol. 6, pp. 231-242). Elsevier.

Westphal, E. & Manson, D.C. M. (1996). Feeding effects on host plants: Gall formation and other distortions. In World Crop Pests: *Eriophyoid mites-their biology, natural enemies and contro*l. Elsevier, Amsterdam, pp 231-242, 790pp.

Yazıcı, F. & Akıner, M.M. (2024). Mite species exceeding the economic damage threshold in the tea plantation areas in türkiye and population dynamics in the 2nd and 3rd harvesting periods. *J. Anatolian Env. and Anim. Sciences*, ***9***(1), 119-126.

Journal of Anatolian Environmental and Animal Sciences
(*Anadolu Çevre ve Hayvancılık Bilimleri Dergisi*)
DOI: https://doi.org/10.35229/jaes.1564954

JAES
Year: 9, No: 4, 2024 (754- 761)
AÇEH
Yıl: 9, Sayı: 4, 2024 (754- 761)

ARAŞTIRMA MAKALESİ RESEARCH PAPER

Hydrocortisone and Vitamin B12 Protect SHSY-5Y Cells Against Glutamate Excitotoxicity by Altering VIP And GAL Levels [*]

Sidika GENC[1]* Kubra KARABULUT[1] Esmanur NIGDE[1] Ali TAGHIZADEHGHALEHJOUGHI[1]
[1] *Department of Medical Pharmacology, Faculty of Medicine, Bilecik Şeyh Edebali University, Bilecik, Türkiye*

Received: *11.10.2024* ***Accepted:*** *16.12.2024* ***Published:*** *31.12.2024*

How to cite: **Genc, S. Karabulut, K., Nigde, e. & Taghizadehghalehjoughi, A. (2024).** Hydrocortisone and Vitamin B12 Protect SHSY-5Y Cells Against Glutamate Excitotoxicity by Altering VIP And GAL Levels. *J. Anatolian Env. and Anim. Sciences*, ***9***(4), 754- 761. https://doi.org/10.35229/jaes.1564954
Atıf yapmak için: **Genc, S. Karabulut, K., Nigde, e. & Taghizadehghalehjoughi, A. (2024).** Hidrokortizon ve B12 Vitamini VIP ve GAL Düzeylerini Değiştirerek SHSY-5Y Hücrelerini Glutamat Eksotoksisitesine Karşı Korur. *Anadolu Çev. ve Hay. Dergisi*, ***9***(4), 754- 761. https://doi.org/10.35229/jaes.1564954

*: https://orcid.org/0000-0003-0000-5103
: https://orcid.org/0009-0002-7052-6086
: https://orcid.org/0009-0004-6007-472X
: https://orcid.org/0000-0002-3506-0324

***Corresponding author's:**
Sidika GENC
Department of Medical Pharmacology, Faculty of Medicine, Bilecik Şeyh Edebali University, Bilecik, Türkiye
✉: sidika.genc@bilecik.edu.tr

Abstract: Prolonged elevation of extracellular glutamate levels triggers intracellular events, increases glutamate excitotoxicity, and activates apoptotic pathways, causing Alzheimer's disease (AD). The literature has reported that vitamin B12 exhibits anti-inflammatory and anti-apoptotic activities in various diseases. Hydrocortisone (HC) therapy also substantially inhibits microglia and astrocyte hyperactivation, minimizing pro-inflammatory cytokines and reducing neuroinflammation. That is why, our study aimed to evaluate the therapeutic effects of HC and B12 combination on oxidative stress and VIP and GAL levels in an in vitro Alzheimer's model. To create the Alzheimer's model, the neuroblastoma cell line (SH-SY5Y) was cultured. Then, all cells except the control group were treated with different doses of HC and B12 combination for 24 hours by applying Glutamate (10^{-5} mM) to create excitotoxicity. The results were evaluated using MTT and ELISA tests. When the results were examined, it was determined that exceptionally high-dose combination groups showed protective activity against glutamate excitotoxicity. HC+B12 25 µg/ml groups observed the most statistically significant results. According to our results, oxidative stress decreased in the HC+B12 25 µg/ml group, and cell viability increased. Important changes were also observed in Vasoactive Peptide (VIP) and Galanin (GAL) levels in correlation with other analyses obtained. This study is the first to report the potential of vitamin B12 combined with hydrocortisone to prevent oxidative stress and glutamate excitotoxicity in SHSY-5Y cells. It provides a basis for further investigating its clinical application in neurodegenerative diseases.

Keywords: Excitotoxicity, GAL, glutamate, VIP.

Hidrokortizon ve B12 Vitamini VIP ve GAL Düzeylerini Değiştirerek SHSY-5Y Hücrelerini Glutamat Eksotoksisitesine Karşı Korur

***Sorumlu yazar:**
Sidika GENC
Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi Tıp Fakültesi, Tıbbi Farmakoloji Anabilim Dalı, Bilecik, Türkiye
✉: sidika.genc@bilecik.edu.tr

Öz: Hücre dışı glutamat seviyelerinin uzun süreli yükselmesi hücre içi olayları tetikler, glutamat ekzositozunu artırır ve apoptotik yolları aktive ederek Alzheimer hastalığına neden olur. Literatürde B12 vitamininin çeşitli hastalıklarda anti-inflamatuar ve anti-apoptotik aktiviteler gösterdiği bildirilmiştir. Hidrokortizon tedavisi ayrıca mikroglia ve astrosit hiperaktivasyonunu önemli ölçüde inhibe ederek pro-inflamatuar sitokinleri en aza indirir ve nöroinflamasyonu azaltır. Bu nedenle, çalışmamız, hidrokortizon ve B12 kombinasyonunun in vitro Alzheimer modelinde oksidatif stres ve vazoaktif intestinal peptit ve galanin seviyeleri üzerindeki terapötik etkilerini değerlendirmeyi amaçlamıştır. Alzheimer modelini oluşturmak için nöroblastoma hücre hattı (SH-SY5Y) kültürlendi. Daha sonra, kontrol grubu hariç tüm hücreler, ekzotoksisite oluşturmak için Glutamat (10-5 mM) uygulanarak 24 saat boyunca farklı dozlarda HC ve B12 kombinasyonu ile tedavi edildi. Sonuçlar MTT ve ELISA testleri kullanılarak değerlendirildi. Sonuçlar incelendiğinde, istisnai olarak yüksek doz kombinasyon gruplarının glutamat ekzotoksisitesine karşı koruyucu aktivite gösterdiği belirlendi. HC+B12 25 µg/ml grupları istatistiksel olarak en anlamlı sonuç olarak gözlemledi. Sonuçlarımıza göre, HC+B12 25 µg/ml grubunda oksidatif stres azaldı ve hücre canlılığı arttı. Elde edilen diğer analizlerle korelasyon içinde vazoaktif intestinal peptit ve galanin seviyelerinde de önemli değişiklikler gözlendi. Bu çalışma, SHSY-5Y hücrelerinde oksidatif stresi ve glutamat eksitotoksisitesini önlemek için hidrokortizonla kombine B12 vitamininin potansiyelini bildiren ilk çalışmadır. Nörodejeneratif hastalıklarda klinik uygulamasının daha fazla araştırılması için bir temel sağlar.

Anahtar kelimeler: Eksitotoksisite, GAL, glutamat, VIP.

INTRODUCTION

Alzheimer's disease (AD) is defined as a fatal degenerative dementia that initially presents mild memory impairment and then progresses to a complete loss of mental and physical abilities (Smith, 1998). AD is the most common form of dementia and currently affects more than 35 million people worldwide. Age is the greatest risk factor for AD and, as global life expectancy increases, the number of people living with AD is projected to reach 87 million by 2050 (Tzioras et al., 2023). While β-amyloid plays a role in the etiology of AD, the mechanisms responsible for the regional specificity of neuronal loss have not yet been resolved. Disorders in the neurotransmitter system, called endogenous chemicals, are thought to play a role in the pathogenesis of these neurodegenerative diseases (Cicek et al., 2021). It is known that neurotransmitters have essential roles in psychological functions such as learning, memory, neuronal growth, survival, and plasticity (Hyman, 2005; Kanazawa, 1984; Shen, 2010). Neurotransmitters are critical for cognitive functions such as learning, memory, and neuronal survival. Among these neurotransmitters, glutamate is the most prominent one in the brain. Glutamate is necessary for both healthy brain development and function. Destruction of glutamate neurotransmission, nonetheless, has serious consequences. Prolonged elevation of extracellular glutamate levels triggers intracellular events, increasing glutamate exocytosis and activating apoptotic pathways. Glutamate excitotoxicity is, therefore, implicated in several brain disorders, including epilepsy, amyotrophic lateral sclerosis, Huntington's disease, Alzheimer's disease, ischemia, and trauma (Andersen et al., 2021; Walton & Dodd, 2007).

Methylcobalamin, a form of vitamin B12, is thought to exhibit anti-inflammatory and anti-apoptotic activities in various diseases. It improves neuronal transmission by supporting axonal regeneration and myelin formation and repairing damaged nerve tissue (Akbay, 2019; Hisatake et al., 2007). It demonstrates a neuroprotective effect via regulating the detoxification of reactive oxygen compounds, particularly superoxide, and modulating cytokines and growth factors (Okamoto et al., 2014). Various studies have found that it prevents oxidative damage and protects retinal neurons against glutamate excitotoxicity (Akaike et al., 1993; Kikuchi et al., 1997; van de Lagemaat et al., 2019).

The adrenal glands produce hydrocortisone (HC), a crucial glucocorticoid hormone essential for regulating homeostasis, the circadian rhythm, and the stress mechanism. It is generally controlled via the hypothalamic-pituitary-adrenal (HPA) axis. So chronic stress and aging can disrupt this regulation. Animal models have investigated stress's physiological and neuroendocrine effects, revealing social factors' role in HC dynamics. Furthermore, chronic stress has been linked to the progression of neurodegenerative diseases such as Alzheimer's and Parkinson's, major depressive disorder, and chronic pain (Knezevic, Nenic, Milanovic, & Knezevic, 2023). Studies show that vitamin B12 increases the anti-inflammatory activity of hydrocortisone (Hadnagy, Horváth, Elekes, Puia, & Nicoara, 1964; Hashemi, Abbasi, & Masoudpour, 2023). However, the underlying mechanism has not been fully explained. We believe that vitamin B-12, which has been found to increase the anti-inflammatory activity of hydrocortisone in the literature, will also be effective by eliminating inflammation in neuronal cells. Based on the current literature, we hypothesize that the combination of HC and vitamin B12 would have a neuroprotective effect by attenuating glutamate excitotoxicity and reducing oxidative stress.

Therefore, our study created an Alzheimer's model by exposing SH-SY5Y cells to glutamate excitotoxicity and aimed to investigate the neuroprotective effects of HC and Vitamin B12. For this purpose, after Glutamate (10^{-5} mM) exposure, cells were treated with different doses of HC and vitamin B12. The treatment efficacy was investigated by applying MTT (2.5-diphenyltetrazolium bromide), TAS (Total antioxidant level), TOS (total oxidant level), GR (glutathione reductase), GAL (galanin), and VIP (vasoactive intestinal peptide) tests.

MATERIAL AND METHOD

Cell Culture: The SH-SY5Y (ATCC: CRL-2266) cell line was acquired from the Department of Medical Pharmacology at Bilecik Şeyh Edebali University (Bilecik, Turkey). Cells were grown and developed in Dulbecco's Modified Eagle Medium, which was enhanced with F12 medium (Euroclone, Milan, Italy) containing 0.1% Penicillin/Streptomycin and 10% Fetal Bovine Serum (Euroclone, Milan, Italy). The cells were cultured at 37 °C in a 5% CO_2 environment (Nalci, Nadaroglu, Genc, Hacimuftuoglu, & Alayli, 2020)

Cellular Therapy: Afterward, with 85% confluency, the cells underwent passage and were seeded into 96-well plates. Initially, investigations were performed across a broad dosage spectrum (1-500 µg/ml) to ascertain the effective dose, and our investigation was designed subsequent to this determination.They were then subjected to glutamate (10^{-5} mM) (Avci et al., 2022). After exposure, the cells were placed in the incubator, and the experimental groups were determined as follows;

1. Negative control (SH-SY5Y)
2. Positive control (SH-SY5Y+ Glutamate)
3. B12 (10, 12.5, and 25 µg/ml)
4. HC (12.5, 25, and 50 µg/ml)
5. HC+B12 (12.5 and 25 µg/ml doses)

MTT Assay: A commercial kit from Sigma-Aldrich (USA) was used to perform the MTT test. In conclusion, 10 µL of MTT (5 mg/ml) was added to each well, and the mixture was incubated for 4 hours at 37 °C with 5% CO2. 100 µL DMSO was then applied to each well to dissolve the formazan crystals. The optical density (OD), measured at 570 nm with a spectrophotometer, was used for determining the percentage of viable cells. The OD of the control group was set as 100, and the viability rate of the other groups was calculated using the formula below (Genc et al., 2023; Taghizadehghalehjoughi, Sezen, Hacimuftuoglu, & Güllüce, 2019).

Viability (%) = (group OD/control OD)×100

Total Antioxidant Capacity (TAC) Assay: The TAS value was measured calorimetrically using the Total Antioxidant Status Kit as described in our previous studies (RL0017, Rel Assay Diagnostics kit). The TAC value obtained was calculated as mmol Trolox Equiv./L according to the formula below (Nalci et al., 2020).

A2-A1= ΔAbsorbance (standard, sample or H_2O)

$$TAC = \frac{H2O\Delta Abs - Sample\Delta Abs}{H2O\Delta Abs - Standard\Delta Abs}$$

Total Oxidant Level (TOS) Assay: The TOS assay was evaluated calorimetrically using the Total Oxidant Status Kit as described in our previous studies (RL0024, Rel Assay Diagnostics kit). The TOS value obtained was calculated as mmol H_2O_2 Equiv./L according to the formula below (Taghizadehghalehjoughi et al., 2019).

A2–A1 = ΔAbsorbance (standard or sample).2–A1 = ΔAbsorbans

$$TOS = \frac{Sample\ \Delta Abs}{Standard\ \Delta Abs} \times 10$$

Biochemical Analysis: VIP (BT Lab, Shanghai, China), NO (BT Lab, Shanghai, China), GR (BT Lab, Shanghai, China) and Galanin (BT Lab, Shanghai, China) levels were evaluated using an ELISA kit. The optical densities of each sample were measured at 450 nm.

Statistical Analysis: Statistical assessments throughout groups were calculated using the one-way ANOVA method. For statistical analysis, SPSS 20 software was used for all computations, and a difference that was determined as of statistical importance in all tests was $p < 0.05$. The standard deviation and mean of the results (mean ± SD) are reported.

RESULTS

MTT Assay Results: The neuroprotective effects of HC (12.5, 25, 50 µg/ml) and B12 (10, 12.5, 25 µg/ml) on cells exposed to Glutamate 10^{-5} mM were determined after 24 hours using the MTT method (Figure 1). A control group was also used to compare with the glutamate control group. After 24 hours of exposure, the group to which glutamate was applied at a toxic dose (Glutamate 10^{-5} mM) showed significantly reduced cell viability compared to the control group ($p<0.01$). On the other hand, the treatment groups (B12 25 µg/ml, HC 12.5 + B12 10 µg/ml, HC 12.5 + B12 25 µg/ml) provided a significant increase in viability compared to the glutamate group ($p<0.05$). HC 25 + B12 10 µg/ml and HC 25+ B12 25 µg/ml groups almost approached the control group in terms of viability ($p<0.01$).

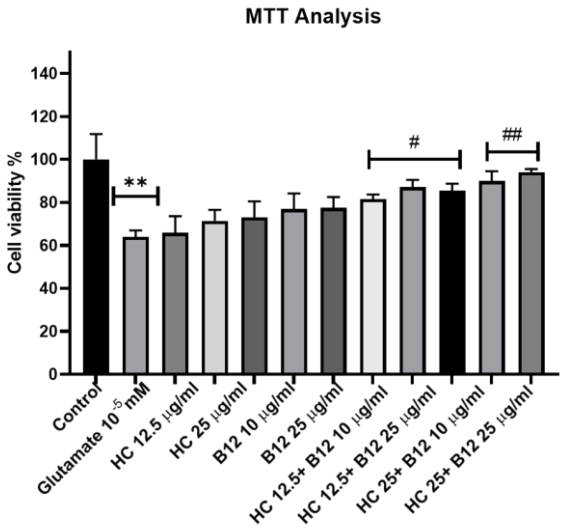


Figure 1. Cell viability of SH-SY5Y cells at 24 hours. When the glutamate group was compared with the control group, the significance level was determined as ** ($P < 0.01$). When the B12 25 µg/ml, HC 12.5 + B12 10 µg/ml, HC 12.5 + B12 25 µg/ml groups were compared with the glutamate group, the significance level was determined as * ($P < 0.05$). When the HC 25 + B12 10 µg/ml, HC 25+ B12 25 µg/ml groups were compared with the glutamate group, the significance level was determined as ** ($p < 0.01$).

TAC Results: TAC levels after 24h incubation are shown in Figure 2. TAC level in the glutamate group decreased significantly (approximately 28%) compared to the control group ($p<0.01$). When the treatment groups (B12 25 µg/ml, HC 12.5 + B12 10 µg/ml, HC 12.5 + B12 25 µg/ml) were compared with the glutamate group, TAC level increased by approximately 10% ($P <0.05$). HC 25 + B12 10 µg/ml, HC 25+ B12 25 µg/ml groups, when compared with the glutamate group, TAC level increased by approximately 25% and approached the control ($p<0.01$).

TOS Results: TOS levels after 24 h of incubation are shown in Figure 3. TOS level in the glutamate group increased significantly (approximately 70%) compared to the control group ($p<0.001$). When the treatment groups (B12 25 µg/ml, HC 12.5 + B12 10 µg/ml, HC 12.5 + B12 25 µg/ml) were compared with the glutamate group, TOS level decreased by approximately 30% ($P < 0.05$). When the HC 12.5 + B12 10 µg/ml, HC 12.5+ B12 25 µg/ml groups were compared with the glutamate group, TOS level decreased by approximately 50% and approached the control ($p<0.01$).

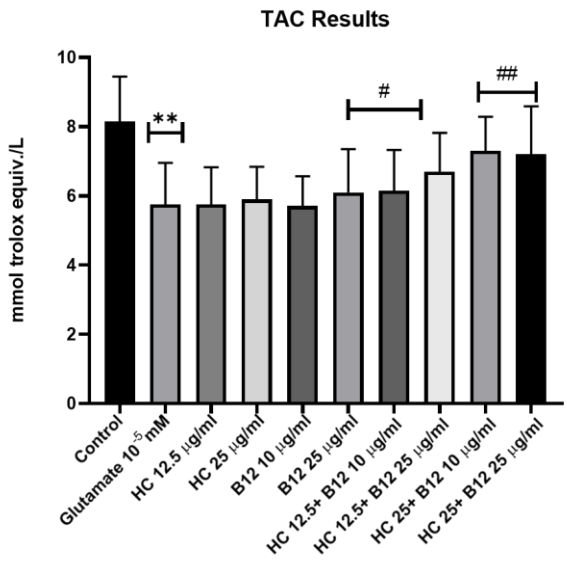


Figure 2. TAC levels of control, glutamate, and treatment groups. The Glutamate group is significant compared to the control group, and treatment groups are significant compared to the glutamate group (** p<0.01, # p<0.05, ## p<0.01).

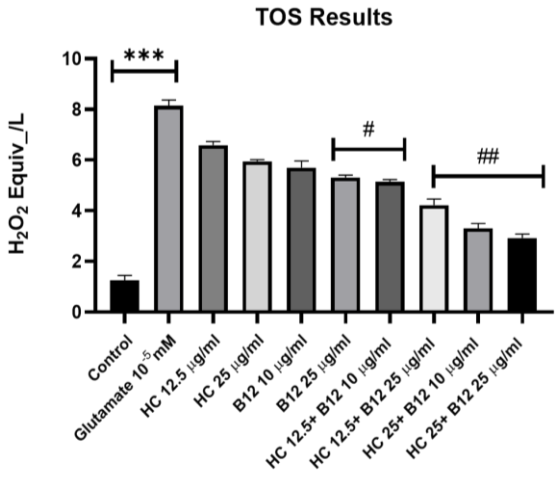


Figure 3. TOS analyses of control, glutamate and treatment groups. Glutamate group is significant compared to control group, and treatment groups are significant compared to glutamate group (*** p<0.001, # p<0.05, ## p<0.01).

ELISA Results: After 24 hours of incubation, VIP, GR and GAL tests were applied to the cell groups. In all tests, the glutamate group showed a significant decrease compared to the control group (**p<0.01). In VIP and GR measurements, the treatment group (HC 12.5 + B12 10 µg/ml, HC 12.5 + B12 25 µg/ml) increased compared to the glutamate group (# p<0.05). HC 12.5 + B12 10 µg/ml, HC 12.5+ B12 25 µg/ml groups showed a significant increase compared to the glutamate group (## p<0.01). In GAL results, the treatment group (B12 25 µg/ml, HC 12.5 + B12 10 µg/ml) increased compared to the glutamate group (# p<0.05). HC 12.5 + B12 10 µg/ml and HC 12.5+ B12 25 µg/ml groups showed a significant increase compared to the glutamate group (## p<0.01).

DISCUSSION

In neurodegenerative disease groups, the human neuroblastoma cell line SH-SY5Y is frequently preferred due to its human origin, catecholaminergic neuronal properties, and ease of maintenance (Xicoy et al., 2017). Applying certain chemical substances to the SH-SY5Y cell line induces different neuronal phenotypes and biochemical changes, which provides more potential for studying neurotoxicity and neuroprotection on the cells (Arık, 2022; Xie et al., 2010). We hypothesize that the combination of HC and vitamin B12 will reduce oxidative stress, protect against glutamate excitotoxicity, and regulate neuropeptide levels (VIP and GAL) in SH-SY5Y cells exposed to glutamate. For this reason, MTT, TAS, TOS, VIP,GAL and GR analyses were carried out in order to determine the elimination of oxidative damage that will occur in our study.

Glutamate is a primary excitatory neurotransmitter. It plays an essential physiological role in neurotransmission, differentiation, and synaptic plasticity (Andersen et al., 2021). Glutamate is a vital neurotoxin and one of the most important excitatory neurotransmitters in the central nervous system (Özgür et al., 2024). The neurotoxic effect of glutamate has been associated with many neurological and psychiatric diseases. Under normal conditions, glutamate is responsible for cell survival, migration, and differentiation during brain development, while excessive glutamate leads to neuronal cell death via oxidative stress or excitotoxicity (Choi, 1988; Kostic et al., 2017)

Excessive glutamate release, which results from prolonged activation of glutamate receptors, leads to calcium overload, which plays a vital role in neurodegeneration (Jia et al., 2016). In this study, excitotoxicity was induced in the Alzheimer's disease model by applying high concentrations of glutamate (10–5 mM). After creating toxicity, B12 (10 µg/ml and 25 µg/ml) and HC (12.5 µg/ml and 25 µg/ml) were applied in combination, and cytotoxicity tests were performed. The results given in the MTT test determined that cell viability decreased in cells exposed to glutamate, and this situation showed that excitotoxicity occurred. With the application of the B12 and HC combination, there were increases in the viability level, and the cell viability level in the combination group was found to be close to the control group. These findings show that the B12 and HC combination influences increase the chance of cell survival by reducing the toxic effects of glutamate applied at high concentrations. B12 and HC exhibit a protective effect against glutamate-induced excitotoxicity, perhaps due to their antioxidant and anti-inflammatory effects.

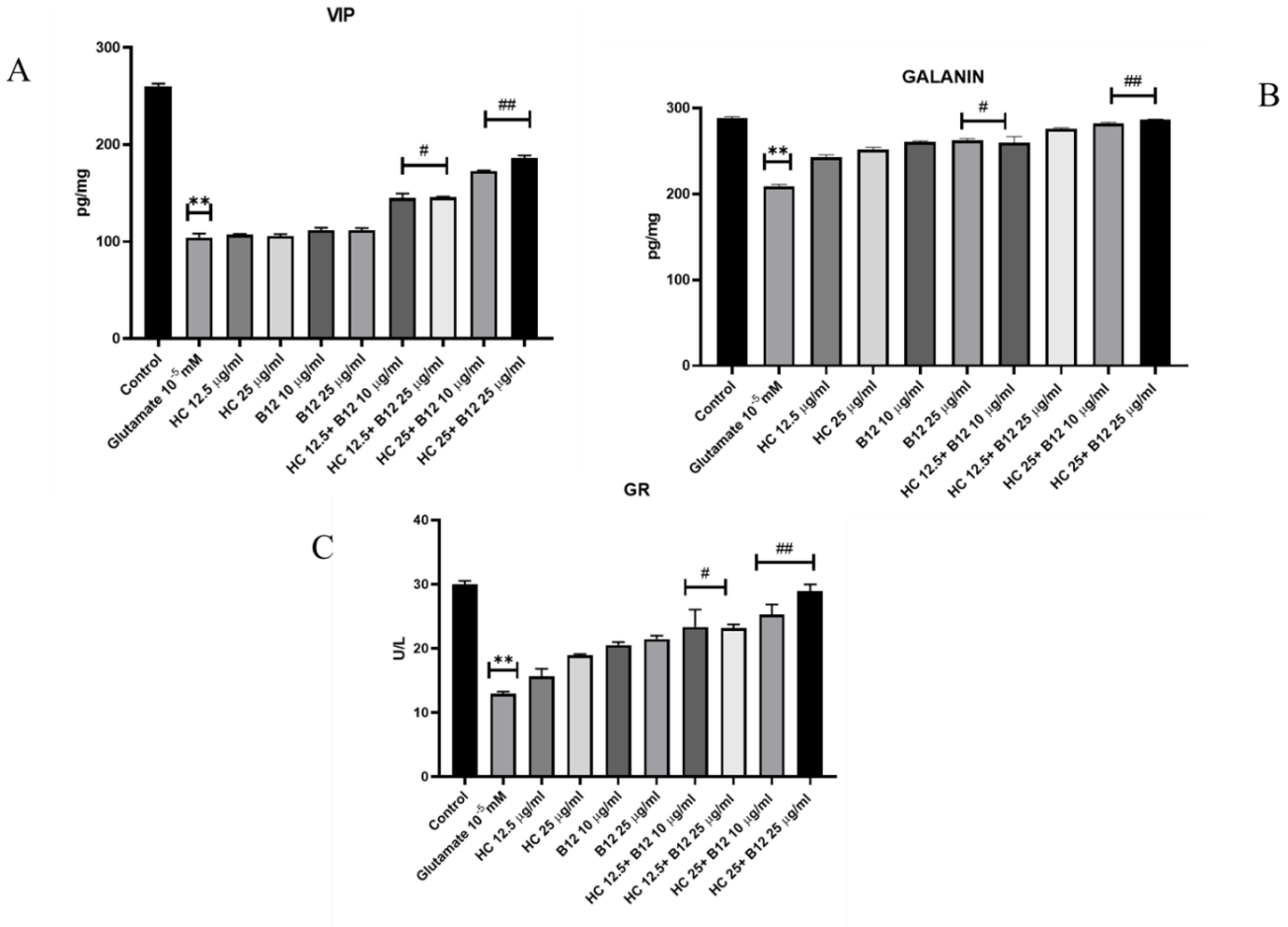


Figure 4. ELISA test results. A) VIP analysis results, B) GAL analysis results, C) GR analysis results.

Glucocorticoids (GCs) are extensively utilized as anti-inflammatory medicines, and their combination with other pharmaceuticals has shown potential benefits and neuroprotective effects. Furthermore, they have demonstrated significant efficacy in alleviating the degenerative characteristics of Alzheimer's disease and performing protective and regulatory functions (Bracken et al., 1990; Vandewalle et at., 2018). Hydrocortisone (HC) is notable among natural and endogenous glucocorticoids for its powerful anti-inflammatory properties, providing distinct pharmacological advantages in autoimmune diseases, septic shock, and allergy disorders (Hui et al., 2020). HC provides neuroprotection by inhibiting cytotoxic agents generated by active microglia and suppressing astrocyte growth.

Further, B12 may indirectly enhance ROS scavenging through the maintenance of glutathione, possibly involving a complex network of processes that remains incompletely understood (Manzanares & Hardy, 2010). Vitamin B12 may also influence immunological responses: a correlational investigation in Alzheimer's patients revealed significantly elevated basal interleukin-6 production in those with deficient B12 levels compared to those with adequate B12 levels (Politis et al., 2010). Studies with B12-deficient rats and severely B12-deficient patients also showed increased tumour necrosis factor alpha and decreased epidermal growth factor levels compared to controls (Birch et al., 2009) The results indicate that B12 may safeguard against oxidative stress generated by low-grade inflammation through the modulation of cytokine and growth factor production (Birch et al., 2009). B12 is hypothesized to accomplish this by altering the activity of transcription factors, including nuclear factor-κB (Birch et al., 2009; Politis et al., 2010). The accumulation of reactive oxygen species, which increases with glutamate and causes toxicity in the cell, triggers oxidative stress, mitochondrial damage, decreased energy production, and inhibition of other metabolic functions, leading to cell death. In our study, while TAS levels decreased and TOS increased in the group treated with high glutamate concentrations, TAS levels increased and TOS decreased, approaching the control group when combined drugs were administered at therapeutic doses. These results show the effectiveness of combined drug treatment in reducing glutamate-induced oxidative damage in the cell.

GR maintains the reduced glutathione/oxidized glutathione ratio in the cell environment by reducing

glutathione (Temel et al., 2017). Oxidized glutathione is reduced by glutathione reductase, ensuring the continuity of the antioxidant effect. The ratio of the reduced form to the oxidized form of glutathione (GSH/GSSG), widely found in all compartments in the cell, is an essential parameter for reflecting the redox status (Masella et al., 2005). In a study conducted by Yerer et al., blood samples were taken from a healthy control group, and individuals with different AD and erythrocyte deformability were determined. Catalase, glutathione peroxidase, and plasma nitric oxide levels were determined spectrophotically. As a result of the experiment, plasma nitric oxide and catalase activities were significantly higher, and glutathione peroxidase activity was significantly lower in patients with severe AD compared to the control group (Yerer et al., 2012). Targeting the studies in the literature, we aimed to measure toxicity and evaluate the effectiveness of the treatment groups by looking at the GR enzyme level in our experiment. GR increased almost 2-fold in cells exposed to glutamate excitotoxicity compared to the control group, indicating that the cell increased its GR requirement for high glutamate concentration. In the treatment groups, this rate approaching control suggests that the treatment inhibits glutamate.

Vasoactive intestinal peptide (VIP) is one of the essential regulatory peptides in the mammalian brain. Studies have shown that it exhibits hormone-like functions in the central and peripheral nervous systems, neurotransmitter, and endocrine cells. Studies have pointed out the importance of VIP, which acts as a mediator or regulator of some essential functions within the cell. VIP is an important factor in brain activity and neuroendocrine functions. VIP fulfills its function through receptor-mediated systems and activates signal transduction pathways, including cAMP. It can act as a neurotransmitter, neuromodulator, and secretagogue (Gozes & Brenneman, 1989). Our study examined VIP receptor activity using the ELISA test, and the results obtained were compared statistically. While a low amount of degeneration was observed in VIP receptors with glutamate, this value approached the control group in the treatment groups.

Galanin (GAL) and its GAL receptors (GALR) are overexpressed in AD's limbic brain regions associated with cognition. Since GAL blocks cholinergic transmission and restricts long-term potentiation in the hippocampus, GAL overexpression may worsen the clinical features of AD. In contrast, GAL expression increases in response to neuronal injury, and galaninergic hyperinnervation prevents the decreased production of protein phosphatase one subtype mRNAs in cholinergic basal forebrain neurons in AD (Counts et al., 2003). In an experiment, the group aimed to investigate their potential effects on AD and examined several peptides, including the galanin peptide, in samples taken from 90 individuals, 45 AD, and 45 healthy individuals. The experiment results showed that galanin was at higher levels in the AD group compared to the healthy group (Gul et al., 2012). In some animal studies, it has been reported that over expression of galanin prevents the secretion of acetylcholine (ACh), which is necessary for cholinergic transmission in some brain regions associated with AD and restricts long-term potentiation (Collard et al., 2022; Gul et al., 2021). In our study, which is consistent with the literature, glutamate excitotoxicity decreased galanin levels in cells. With the treatments we applied, there was a change in galanin levels, and they approached the control group.

CONCLUSION

In our study, HC 12.5 + B12 10 µg/ml, HC 12.5 + B12 25 µg/ml treatment doses showed a therapeutic efficacy against glutamate toxicity induced in SH-SY5Y cell line. In conclusion, in addition to the separate use of HC and B12, their combinations can also be used for therapeutic purposes in glutamate toxicity-induced AD models.

Limitations of In Vitro Models: Although the SH-SY5Y cell line is a recognized model for Alzheimer's disease research, it may not adequately represent the intricacies of neurodegeneration seen in human brains, especially with glial cell participation and the blood-brain barrier.

REFERENCES

Akaike, A., Tamura, Y., Sato, Y. & Yokota, T. (1993). Protective effects of a vitamin B12 analog, methylcobalamin, against glutamate cytotoxicity in cultured cortical neurons. *European journal of pharmacology*, ***241***(1), 1-6.

Akbay, G.D. (2019). Alzheimer Hastalığında B12 Vitamini Eksikliği. *Cumhuriyet Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü Dergisi, **4***(3).

Andersen, J.V., Markussen, K.H., Jakobsen, E., Schousboe, A., Waagepetersen, H.S., Rosenberg, P.A. & Aldana, B.I. (2021). Glutamate metabolism and recycling at the excitatory synapse in health and neurodegeneration. *Neuropharmacology*, ***196***, 108719.

Arık, S. (2022). *Laurik asitin anti-alzheimer potansiyelinin SH-SY5Y hücre hattında gen düzeyinde araştırılması.*

Avci, S., Gunaydin, S., Ari, N.S., Karaca Sulukoglu, E., Polat, O.E., Gecili, I., … & Hacimuftuoglu, A. (2022). Cerebrolysin Alleviating Effect on Glutamate-Mediated Neuroinflammation Via

Glutamate Transporters and Oxidative Stress. *Journal of Molecular Neuroscience*, ***72***(11), 2292-2302.

Birch, C. S., Brasch, N. E., McCaddon, A., & Williams, J. H. (2009). A novel role for vitamin B12: cobalamins are intracellular antioxidants in vitro. *Free Radical Biology and Medicine*, ***47***(2), 184-188.

Bracken, M. B., Shepard, M. J., Collins, W. F., Holford, T. R., Young, W., Baskin, D. S., … & Maroon, J. (1990). A randomized, controlled trial of methylprednisolone or naloxone in the treatment of acute spinal-cord injury: results of the Second National Acute Spinal Cord Injury Study. *New England Journal of Medicine*, ***322***(20), 1405-1411.

Choi, D. W. (1988). Glutamate neurotoxicity and diseases of the nervous system. *Neuron*, *1*(8), 623-634.

Cicek, B., Taghizadehghalehjoughi, A. & Hacimuftuoglu, A. (2021). The Study of Pycnogenol Protective Effect on Glutamate Induced Neurotoxicity: In Vitro Evaluation. *Erzincan University Journal of Science & Technology*, *14*(2).

Collard, R., Aziz, M. C., Rapp, K., Cutshall, C., Duyvesteyn, E., & Metcalf, C. S. (2022). Galanin analogs prevent mortality from seizure-induced respiratory arrest in mice. *Frontiers in Neural Circuits*, ***16***, 901334.

Counts, S. E., Perez, S. E., Ginsberg, S. D., De Lacalle, S., & Mufson, E. J. (2003). Galanin in Alzheimer disease. *Molecular Interventions*, ***3***(3), 137.

Genc, S., Taghizadehghalehjoughi, A., Yeni, Y., Jafarizad, A., Hacimuftuoglu, A., Nikitovic, D., …. & Tsatsakis, A. (2023). Fe3O4 nanoparticles in combination with 5-FU exert antitumor effects superior to those of the active drug in a colon cancer cell model. *Pharmaceutics*, ***15***(1), 245.

Gozes, I. & Brenneman, D. E. (1989). VIP: molecular biology and neurobiological function. *Molecular neurobiology*, ***3***, 201-236.

Gul, H. F., Yildirim, C., Erdogan, C. E., Gul, O. & Koc, N. (2021). The Role of Galanin, Alarin, Irisin, PGC1-A and BDNF in the Pathophysiology of Alzheimer's disease. *International Journal of Medical Science and Clinical Invention* ***8***(6): 5498-5507.

Hadnagy, C., Horváth, E., Elekes, I., Puia, A. & Nicoara, E. (1964). Effect of Vitamin B12 and Cortisone on the Glucose Tolerance of Aged Persons. *Gerontology*, ***9***(2), 71-77.

Hashemi, S.T., Abbasi, S. & Masoudpour, A. (2023). The effect of combination therapy with hydrocortisone+ ascorbic acid+ neurobion on the prognosis of multiple trauma patients.

Hisatake, Y., Tanaka, T., Tsurugi, T., & Kuroda, H. (2007). Process for producing methylcobalamin. In: Google Patents.

Hui, Z., Zhijun, Y., Yushan, Y., Liping, C., Yiying, Z., Difan, Z., ... & Wei, C. (2020). The combination of acyclovir and dexamethasone protects against Alzheimer's disease-related cognitive impairments in mice. *Psychopharmacology*, ***237***, 1851-1860.

Hyman, S. E. (2005). Neurotransmitters. *Current biology*, ***15***(5), R154-R158.

Jia, N., Sun, Q., Su, Q. & Chen, G. (2016). SIRT1-mediated deacetylation of PGC1α attributes to the protection of curcumin against glutamate excitotoxicity in cortical neurons. *Biochemical and Biophysical Research Communications*, ***478***(3), 1376-1381.

Kanazawa, I. (1984). Neurotransmitters and neurodegenerative disorders. *Clinical Therapeutics*, ***7***, 48-58.

Kikuchi, M., Kashii, S., Honda, Y., Tamura, Y., Kaneda, K. & Akaike, A. (1997). Protective effects of methylcobalamin, a vitamin B12 analog, against glutamate-induced neurotoxicity in retinal cell culture. *Investigative Ophthalmology & Visual Science*, ***38***(5), 848-854.

Knezevic, E., Nenic, K., Milanovic, V. & Knezevic, N. N. (2023). The role of cortisol in chronic stress, neurodegenerative diseases, and psychological disorders. *Cells*, ***12***(23), 2726.

Kostic, M., Zivkovic, N., Cvetanovic, A., Stojanovic, I., & Colic, M. (2017). IL-17 signalling in astrocytes promotes glutamate excitotoxicity: Indications for the link between inflammatory and neurodegenerative events in multiple sclerosis. *Multiple Sclerosis and Related Disorders*, ***11***, 12-17.

Manzanares, W. & Hardy, G. (2010). Vitamin B12: the forgotten micronutrient for critical care. *Current Opinion in Clinical Nutrition & Metabolic Care*, *13*(6), 662-668.

Masella, R., Di Benedetto, R., Varì, R., Filesi, C. & Giovannini, C. (2005). Novel mechanisms of natural antioxidant compounds in biological systems: involvement of glutathione and glutathione-related enzymes. *The Journal of nutritional biochemistry*, ***16***(10), 577-586.

Nalci, O. B., Nadaroglu, H., Genc, S., Hacimuftuoglu, A., & Alayli, A. (2020). The effects of MgS nanoparticles-Cisplatin-bio-conjugate on SH-SY5Y neuroblastoma cell line. *Molecular biology reports*, ***47***, 9715-9723.

Okamoto, M., Tanaka, H., Okada, K., Kuroda, Y., Nishimoto, S., Murase, T. & Yoshikawa, H. (2014). Methylcobalamin promotes proliferation and migration and inhibits apoptosis of C2C12 cells via the Erk1/2 signaling pathway. *Biochemical and Biophysical Research Communications*, ***443***(3), 871-875.

Özgür, B.G., Vural, K. & Tuğlu, M.İ. (2024). Nöroblastoma Hücre Kültüründe Glutamat Aracılı Oluşturulan Nörotoksisiteye Oksitosinin Etkileri. *Neuropsychiatry*, ***61***, 24-29.

Politis, A., Olgiati, P., Malitas, P., Albani, D., Signorini, A., Polito, L., ... & Stamouli, E. (2010). Vitamin B12 levels in Alzheimer's disease: association

with clinical features and cytokine production. *Journal of Alzheimer's Disease*, ***19***(2), 481-488.

Shen, J. (2010). Impaired neurotransmitter release in Alzheimer's and Parkinson's diseases. *Neurodegenerative Diseases*, ***7***(1-3), 80-83.

Smith, M.A. (1998). Alzheimer disease. *International review of neurobiology*, ***42***, 1-54.

Taghizadehghalehjoughi, A., Sezen, S., Hacimuftuoglu, A., & Güllüce, M. (2019). Vincristine combination with Ca^{+2} channel blocker increase antitumor effects. *Molecular Biology Reports*, ***46***, 2523-2528.

Temel, Y., Bozkuş, T., Karagözoğlu, Y. & Çiftçi, M. (2017). Glutatyon redüktaz (GR) enziminin japon bıldırcın (Coturnix coturnix japanica) eritrositlerinden saflaştırılması ve karakterizasyonu. *Journal of the Institute of Science and Technology*, ***7***(3), 143-150.

van de Lagemaat, E.E., de Groot, L.C. & van den Heuvel, E.G. (2019). Vitamin B12 in relation to oxidative stress: a systematic review. *Nutrients*, ***11***(2), 482.

Vandewalle, J., Luypaert, A., De Bosscher, K. & Libert, C. (2018). Therapeutic mechanisms of glucocorticoids. *Trends in Endocrinology & Metabolism*, ***29***(1), 42-54.

Walton, H.S. & Dodd, P.R. (2007). Glutamate–glutamine cycling in Alzheimer's disease. *Neurochemistry international*, ***50***(7-8), 1052-1066.

Xicoy, H., Wieringa, B. & Martens, G. J. (2017). The SH-SY5Y cell line in Parkinson's disease research: a systematic review. *Molecular neurodegeneration*, ***12***, 1-11.

Xie, H.-r., Hu, L.-s., & Li, G.-y. (2010). SH-SY5Y human neuroblastoma cell line: in vitrocell model of dopaminergic neurons in Parkinson's disease. *Chinese medical journal*, ***123***(8), 1086-1092.

Yerer, M. B., Aydogan, S., Köseoğlu, E., & Baştuğ, R. (2012). Deformability of erythrocytes and oxidative damage in alzheimer disease. *Çukurova Üniversitesi Tıp Fakültesi Dergisi (Journal of Cukurova University Faculty of Medicine)*, ***37***(2), 65-75.

Journal of Anatolian Environmental and Animal Sciences
(*Anadolu Çevre ve Hayvancılık Bilimleri Dergisi*)
DOI: https://doi.org/10.35229/jaes.1563289

JAES
Year: 9, No: 4, 2024 (762-767)
AÇEH
Yıl: 9, Sayı: 4, 2024 (762-767)

ARAŞTIRMA MAKALESİ **RESEARCH PAPER**

Determination of Intra-population and Inter-cultivar Genetic Similarity of Tea Genotypes in Ordu Province

Ali İSLAM[1] **Muharrem YILMAZ**[1] **Selim KARAGÖL**[1] **Fatih Şaban BERİŞ**[2*]
[1]*Ordu University, Faculty of Agriculture, Department of Horticulture, 52200, Ordu, Türkiye*
[2]*Recep Tayyip Erdoğan University, Faculty of Art&Sciences, Department of Biology, 53100, Rize, Türkiye*

Received: *08.10.2024* ***Accepted:*** *20.12.2024* ***Published:*** *31.12.2024*
How to cite: **İslam, A., Yılmaz, M., Karagöl, S. & Beriş, F.Ş. (2024).** Determination of Intra-population and Inter-cultivar Genetic Similarity of Tea Genotypes in Ordu Province. *J. Anatolian Env. and Anim. Sciences*, **9**(4), 762-767. https://doi.org/10.35229/jaes.1563289
Atıf yapmak için: **İslam, A., Yılmaz, M., Karagöl, S. & Beriş, F.Ş. (2024).** Ordu ilindeki Çay Genotiplerinin Populasyon İçi ve Kültüvarlar Arası Genetik Benzerliğinin Belirlenmesi. *Anadolu Çev. ve Hay. Dergisi*, **9**(4), 762-767. https://doi.org/10.35229/jaes.1563289

*: https://orcid.org/0000-0002-0535-943X
: https://orcid.org/0000-0002-2165-7111
: https://orcid.org/0000-0002-3939-9907
: https://orcid.org/0000-0002-8918-3207

***Corresponding author's:**
Fatih Şaban BERİŞ
Recep Tayyip Erdoğan University, Faculty of Art&Sciences, Department of Biology, 53100, Rize, Türkiye
✉: fatih.beris@erdogan.edu.tr

Abstract: The establishment of tea gardens and tea production in Turkey began to spread after 1938 and became an important economic sector. The first tea gardens in Ordu province were established in 1960 in Perşembe district due to the expansion of the tea production area with a law enacted in 1951. Since then, the production area and the number of producers began to develop rapidly. The tea production area in this district is between 250-800 m altitude, which is expressed as the middle and high region, and has a topographic area with variable slopes. Since the gardens established in Perşembe, as in other gardens in our country, are established with seeds, the plants differ from each other. This difference in the genetic structure of the plant is reflected in the product, i.e. the quality of the tea. Therefore, determining this difference is essential. This study was conducted to determine the genetic relationship between the tea genotypes grown in Perşembe within the population and the selected cultivars. The plant materials used in the study were taken from different elevations and different gardens. Twenty plant materials were collected to represent the study area. There are three standard varieties as control: Derepazarı7, Fener3 and Tuğlalı10. ISSR method was used in the study. In the study where 10 ISSR markers were used, genetic diversity and related relationships were revealed. According to the cluster analysis performed using UPGMA, significant differences were detected among individuals. As a result of the study; It was determined that the similarity rate among the tea genotypes taken from Ortatepe neighborhood was higher, whereas the similarity rates among the samples taken from İstanbul Boğazı neighborhood were lower. In this context, it can be said that there is higher genetic diversity among the plants found in Ortatepe. The obtained data will help the development of tea cultivation and quality in the region.

Keywords: *Camelia sinensis*, genetic diversity, ISSRs, Perşembe.

Ordu ilindeki Çay Genotiplerinin Populasyon İçi ve Kültüvarlar Arası Genetik Benzerliğinin Belirlenmesi

***Sorumlu yazar:**
Fatih Şaban BERİŞ
Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi, Fen-Edebiyat Fakültesi, Biyoloji Bölümü, 53100, Rize, Türkiye
✉: fatih.beris@erdogan.edu.tr

Öz: Türkiye'de çay bahçelerinin kurulumu ve çay üretimi 1938 yılında sonra yaygınlaşmaya başlamış olup önemli ekonomik bir sektör haline gelmiştir. Ordu ilinde ilk çay bahçeleri 1951 yılında çıkartılan bir kanunla çay üretim bölgesinin genişletilmesine bağlı olarak Perşembe ilçesinde ilk çay bahçeleri 1960 yılından itibaren kurulmaya başlanmıştır. Bu tarihten itibaren üretim alanı ve üretici sayısı hızlı gelişmeye başlamıştır. Bu ilçede yer alan çay üretim sahası orta ve yüksek bölge olarak ifade edilen 250-800 m rakımlar arasında ve değişken özellikte eğimli topografik alana sahiptir. Perşembe'de kurulan bahçeler, ülkemizdeki diğer bahçelerde olduğu gibi, tohumla kurulmuş olduğundan bitkiler birbirinden farklılık göstermektedir. Bitkinin genetik yapısındaki bu farklılık ürüne yani çay kalitesine yansımaktadır. Bu nedenle bu farklılığın belirlenmesi önem arz etmektedir. Perşembe'de yetişen çay genotiplerinin popülasyon içi ve seçilen kültivarlar ile arasındaki genetik ilişkiyi belirlemek amacı ile bu çalışma yürütülmüştür. Çalışmada kullanılan bitki materyalleri farklı yükseltilerden ve farklı bahçelerden alınmıştır. Çalışma bölgesini temsil edecek şekilde 20 bitki materyali toplanmıştır. Kontrol olarak Derepazarı7, Fener3 ve Tuğlalı10 olmak üzere üç standart çeşit yer almaktadır. Araştırmada ISSRs yöntemi kullanılmıştır. 10 ISSR markörü kullanılan çalışmada genetik çeşitlilik ve buna bağlı olarak ilişkiler ortaya konulmuştur. UPGMA kullanılarak yapılan kümeleme analizine göre bireyler arasında önemli farklılıklar tespit edilmiştir. Araştırma sonucunda; Ortatepe mahallesinden alınan çay genotiplerinin kendi içerisindeki benzerlik oranının daha yüksek olduğu, buna karşın, İstanbul boğazı mahallesinden alınan örneklerin kendi içerisinde benzerlik oranlarının daha düşük olduğu belirlenmiştir. Bu bağlamda Ortatepe'de bulunan bitkiler arasında daha yüksek genetik çeşitlilik olduğu söylenebilir. Elde edilen veriler bölgede çay tarımının ve kalitesinin gelişmesine yardımcı olacak niteliktedir.

Anahtar kelimeler: *Camelia sinensis*, genetik çeşitlilik, ISSRs, Perşembe

INTRODUCTION

Tea, *Camellia sinensis* (L.) Kuntze, Theaceae, is a garden plant that has been growing in our country for a century. It has been important in our country for a century and has a vital place in the economy of the Eastern Black Sea region. Cultivated tea taxa consist of three natural hybrids: *C. sinensis* or Chinese type, *C. assamica* (Masters) or Assam type and *C. assamica* ssp. *lasiocalyx* (Planchon ex Watt.) or Cambodian or Southern type (Beris et al., 2016; Mondal et al., 2004). Two of these genotypes, *C. sinensis* (China) and *C. assamica* (Assam), and their hybrids are well-known and commercially cultivated worldwide (Beris et al., 2016; Ma et al., 2012). Although the tea plant is native to China, Tibet, and Northern India in the world, it also grows well in the humid and temperate climate of our country's Eastern Black Sea Region coast, where annual rainfall is high. The first tea plantation in Turkey was started in Rize planting tea seeds from Georgia in 1924 (Beris et al., 2005; 2016; Çaykur, 2024). Currently, the tea production area in Turkey is from Sarp village of Kemalpaşa district of Artvin province in the east to Perşembe district in the west. Tea is grown in the entire Rize province, in a significant part of Trabzon and Artvin provinces, and a partial area of Giresun and Ordu provinces (Koday, 2000). According to FAO statistics, China ranks first in world tea production with 41%, while Turkey ranks fifth with 4% (FAO, 2022).

The tea plant is a garden plant grown especially for its shoots and is widely consumed as a hot or cold beverage (İslam, 2019). Black tea constitutes a large portion of tea production in Turkey. In addition to improving cultivation techniques, increasing the production, efficiency and quality of tea is possible by vegetatively propagating high-quality individuals and using them in production. This method of production has been traditionally maintained for a long time. Tea, which started to be produced in 5 neighbourhoods in Perşembe district in the 1960s to earn additional income in addition to hazelnuts, has continued to be made for approximately 60 years. The district produces 150 tons of tea annually in approximately 95 decares of land (Anonymous, 2023).

Morphological and biochemical features used in traditional plant identification methods may be insufficient to determine genetic relationships due to environmental conditions and evolution at the genetic level, as well as due to pollination in plants. However, molecular marker techniques based on DNA markers provide phylogenetic analysis to determine genetic diversity for plant breeding. Many such techniques are available for tea breeding. Many techniques based on molecular markers are available, including tea breeding. Ease of application, stability of results, reproducibility and cost are critical parameters in these techniques. However, the ISSRs-PCR technique is quite advantageous in this respect. The ISSRs technique is a relatively simple, low-cost and rapid method to determine genetic diversity (Zietkiewicz et al., 1994; Mondal, 2002; Dan, 2006; Chen et al., 2015). Therefore, ISSRs markers have been used to reveal genetic relationships within and among populations of the genus *Camellia* as well as in other plants in India, China, Japan, Taiwan, and Turkey (Beris et al., 2016; Mondal, 2002; Dan, 2006; Thomas et al., 2006; Chen et al., 2007; Yao et al., 2008; Roy & Chakraborty, 2009; Ben-Ying et al., 2010).

Yao et al. (2008) studied 48 individuals to differentiate teas grown in China, Japan and Kenya and to determine the importance of selection in the tea program. Lai et al. (2001) performed RAPD and ISSRs analyses on 37 genotypes grown in Taiwan to reveal genetic relationships. Ben-Ying et al. (2010) determined the genetic relationships of 134 tea genotypes from China by ISSR analysis with 18 primers. Freeman et al. (2004) determined that repeat motifs were to be used for microsatellite analyses using 15 tea genotypes. Vijayan et al. (2009) performed a molecular taxonomy study on 112 *Camellia* species using ITS analysis. Beris et al. (2005) determined phylogenetic relationships using RAPD on tea clones obtained from the Rize Tea Research Institute. Again, their study published in Beris et al. (2016) found 46% to 74% genetic similarity between tea genotypes using 15 ISSRs markers of 18 Turkish tea genotypes. Also, Yoğurtçu (2019) compared 18 tea genotypes sampled from the Black Sea region with 15 ISSRs markers and as a result of the study, genetic diversity was revealed similarly.

The results obtained from different studies revealed significant relationships between clones or genotypes. This study was conducted to determine the genetic diversity between 20 tea genotypes grown in Perşembe, located at the westernmost end of the Turkish tea production area and has not been included in genetic similarity studies to date, and three parent genotypes in the main lines.

MATERIAL AND METHOD

Plant Materials: In this study, 20 tea genotypes originated from the Ordu province of the Black Sea Region, Türkiye. In addition, three known tea genotypes, Pazar-20, Tuglali-10, and Zihni Derin, were provided by the Rize Ataturk Tea and Horticulture Research Institute. Information on genotypes is given in Table 1. Young leaves of the genotypes were sampled from fresh terminal shoots in the second shoot period. All leaf samples were immediately frozen to avoid heat damage and stored at -70°C.

DNA Isolation: Genomic DNA isolation was achieved with GeneMATRIX Plant & Fungi DNA

Purification Kit (EUR_X Sp., Poland) according to the manufacturer's protocol. DNA concentration and purity were calculated using a NanoDropR ND-1000 Spectrophotometer (Thermo Fisher Scientific Inc. USA) after checking on 0.7% agarose gel electrophoresis.

Table 1. Tea genotypes information used in this study.

No	Sampling Region	Code No
1	Perşembe Ortatepe 1	P-1
2	Perşembe Ortatepe 2	P-2
3	Perşembe Ortatepe 3	P-3
4	Perşembe Ortatepe 4	P-4
5	Perşembe Ortatepe 5	P-5
6	Perşembe Ortatepe 6	P-6
7	Perşembe Ortatepe 7	P-7
8	Perşembe Ortatepe 8	P-8
9	Perşembe Ortatepe 9	P-9
10	Perşembe Anaç 1	P-10
11	Perşembe Anaç 2	P-11
12	Perşembe Anaç 3	P-12
13	Perşembe Anaç 4	P-13
14	Perşembe Anaç 5	P-14
15	Perşembe İstanbul Boğazı 1	P-15
16	Perşembe İstanbul Boğazı 2	P-16
17	Perşembe İstanbul Boğazı 3	P-17
18	Perşembe İstanbul Boğazı 4	P-18
19	Perşembe İstanbul Boğazı 5	P-19
20	Perşembe İstanbul Boğazı 6	P-20
21	Pazar-20	
22	Tuglali-10	
23	Zihni Derin	

ISSRs Analysis

For ISSRs analysis, PCR trial studies were first performed to select primers, according to Beris et al. (2016). Ten of the primer stocks tested were selected and used in this study, and information about the selected ISSRs primers is given in Table 2. In PCR studies, 15 ng genomic DNA, 1.5 µL of 10 µM ISSRs primer, 4 µL of dNTP (2.5 mM), 4 µL of 25 mM $MgC1_2$, 5 µL of 10X *Taq* DNA polymerase buffer, 1.5 U *Taq* DNA Polymerase (Thermo Fisher Scientific, USA) were used according to Beris et al. (2016) and the reaction mixture was completed to 50 µL with sterile dH_2O. The PCR was performed on the LongGene A300 Thermal cycler system (LongGene Sci. Inst. Co. Ltd., China). The reaction steps were completed as the first denaturation at 94°C for 2 min, followed by 38 cycles as denaturation at 94°C for 1 min, annealing at *Tm* for each primer (Table 2) for 1 min, extension at 72°C for 2 min, final extension step at 72°C for 10 min. The obtained PCR amplicons with 100 bp DNA ladder (New England Biolabs Inc.) were done 2% agarose gel electrophoresis at 100 V and 300 mA for 3 hours in a universal TAE buffer system. The gels were photographed on the UV-transilluminator.

Table 2. Information on ISSRs primers used in the study.

No	Primer Sequences (5'→3')	Tm (°C)
1	$(AC)_8T$	45
2	$(GAA)_6$	44
3	$(GT)_8T$	48
4	$(AC)_8C$	51
5	$(CAA)_6$	44
6	$(CAA)_6G$	48
7	$(CAG)_6$	58
8	$(CT)_8GG$	52
9	$(GT)_8C$	48
10	$(AC)_8TG$	50

Statistical Data Analysis: In the gel images obtained as a result of the electrophoresis process, the numbers (1) were given for the presence of bands, (0) for the absence of bands, and (9) for no amplification. The number of bands formed by each ISSRs primer, the number of polymorphic bands formed, and the effective band frequencies were calculated. The polymorphism information content (PIC), which is an indicator of the success of the primers used in the study in distinguishing genotypes of the tea plant, was calculated. The related dendrogram was created based on the similarity index data by UPGMA cluster analysis using the NTSYS-pc 2.02i computer program (Rohlf, 1988). The relationships between all tea samples were described graphically in the dendrogram.

RESULTS AND DISCUSSION

ISSRs Analysis: To determine the molecular properties of the genotypes of the tea plant, 10 ISSRs primers were used. No amplification occurred in 1 of these primers $(AC)_8TG$), and polymorphic bands were obtained from the other nine primers. The band and polymorphism information obtained for the ISSRs primers are given in Table 3.

Table 3. Band numbers and polymorphism information contents of ISSRs primers.

No	Primer's Name	Polymorphic Band Number	Monomorphic Band Number	Total Band Number	Polymorphism Ratio (%)	Polymorhism Information Content
1	$(AC)_8T$	4	0	4	100	0.41
2	$(GAA)_6$	3	1	4	75	0.18
3	$(GT)_8T$	6	0	6	100	0.35
4	$(AC)_8C$	6	3	9	66	0.23
5	$(CAA)_6$	6	0	6	100	0.41
6	$(CAA)_6G$	7	0	7	100	0.25
7	$(CAG)_6$	10	0	10	100	0.35
8	$(CT)_8GG$	2	0	2	100	0.49
9	$(GT)_8C$	9	0	9	100	0.37
10	$(AC)_8TG$	0	0	0	0	0.00
	Total	53	4	57		
	Average	5.3	0.4	5.7	93.44	0.34

All nine primers used in the study that produced amplification were determined to be polymorphic. The primers produced a total of 57 bands. Fifty-three of these bands were defined as polymorphic. The polymorphism average was found to be 93.44%. The average number of bands per primer was determined to be 5.7, while the average polymorphic band was determined to be 5.3. The primer that produced the most bands was $(CAG)_6$ with ten bands, while the primer that produced the least bands was $(CT)_8GG$ with two bands. The highest polymorphic band number was $(CAG)_6$ with ten polymorphic bands, while the primer with the least polymorphic band number was $(CT)_8GG$ with two polymorphic bands. The polymorphism rate values of the primers varied between 66% and 100% (average 93.44%). The polymorphism rate was found to be 100% in 7 of the primers used. The polymorphism

information content values of the primers used in the study ranged from 0.18 ($(GAA)_6$) to 0.49 ($(CT)_8GG$), and the average polymorphism information content was determined as 0.34.

Principal Component Analysis (PCA): Principal component analysis (PCA) was applied to the data obtained with ISSRs primers in determining the variation between genotypes of tea plants selected from the Perşembe district of Ordu province. The findings obtained are as in Table 4. As seen in the table, the conclusions obtained showed that the variation between genotypes in the first 7 of the principal components was 90.81%. The total variation explained by the 10 axes of the principal components was found to be over 95%. These results show that the genotypes were distributed correctly in the dendrogram created with ISSRs markers. It was concluded that the 23 tea genotypes defined with 9 ISSRs primers were correctly represented in the created planes and clusters.

Table 4. Principal component analysis data of ISSRs primers

Component Axes	Core Value	Variation (%)	Total variation (%)
1	15.78	71.72	71.72
2	1.37	6.23	77.94
3	0.82	3.71	81.65
4	0.62	2.83	84.47
5	0.55	2.50	86.98
6	0.44	1.99	88.96
7	0.41	1.84	90.81
8	0.35	1.59	92.40
9	0.34	1.52	93.92
10	0.25	1.14	95.06

Clustering Analysis: The grouping and correlation values obtained from the data obtained from ISSRs primers used to reveal the genetic relationships between the selected tea genotypes from the Perşembe district of Ordu province and cultivar genotypes, according to the UPGMA method, are given in Figures 1 and 2, respectively. The average correlation coefficient value showing the compatibility of the correlation matrix showing the genetic relationships and the dendrogram, which is the visual expression of this relationship, was calculated as r = 0.75257. It is seen that the similarities between the average correlation coefficient values and the genotypes are high.

When the dendrogram graph obtained as a result of the cluster analysis is examined, it is seen that the Tea genotypes taken from Perşembe district and Rize are gathered in 4 main clusters. It was determined that most of the genotypes were in cluster number 4, and the most different genotypes were P-12 and P-17. The correlation matrix values between the genotypes used in the study varied between 0.40 and 0.95. According to the results obtained, it was seen that the genetically most distant lines were between P-12 and P-17, and the closest lines were between P-1 and P-2. It was determined that most of the genotypes taken from Perşembe district of Ordu province were genetically closer to the Pazar-10 and Fener-3 varieties but more distant from the Tuğlalı-10 variety.

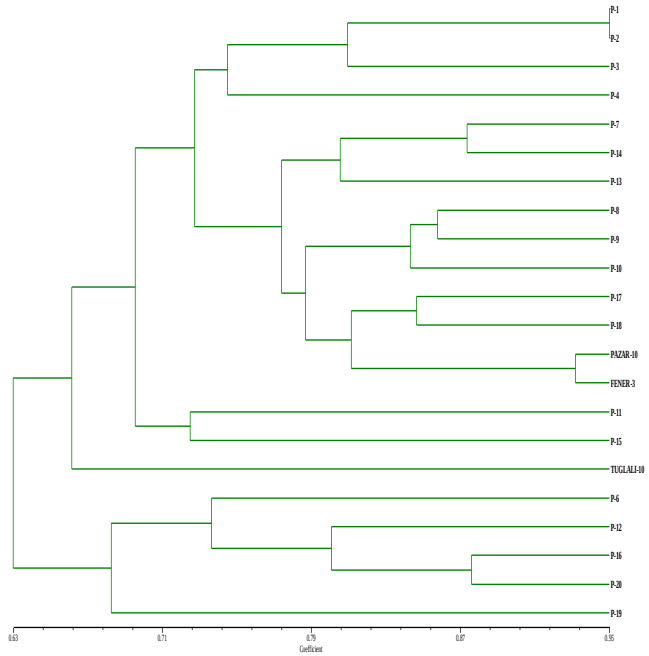


Figure 1. Dendrogram of tea genotypes and varieties obtained from ISSRs data**.**

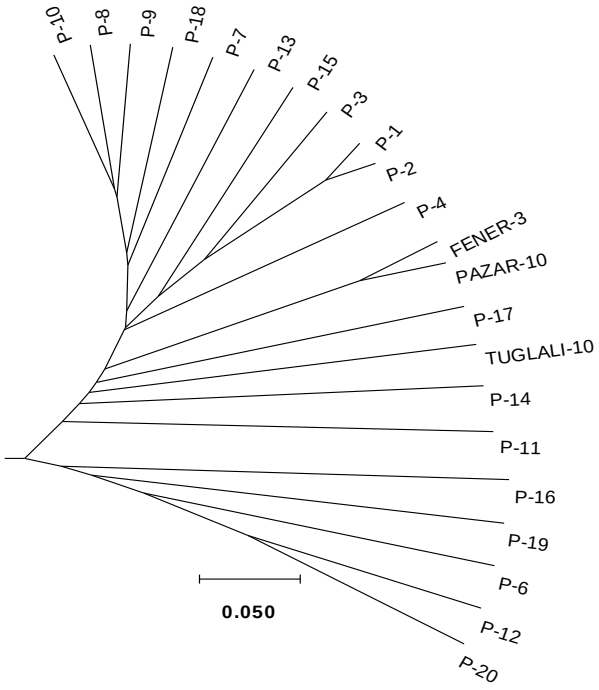


Figure 2. Radial dendogram image obtained from the principal component analysis as a result of ISSRs analysis in Ordu province genotypes and cultivar genotypes.

This study shows the similarities between tea genotypes taken from Ordu province, Perşembe district and Rize province in a three-dimensional plane (Figure 3). When examined in these planes, it was seen that the

farthest lines were between P-12 and P-17, and the closest lines were between P-1 and P-2.

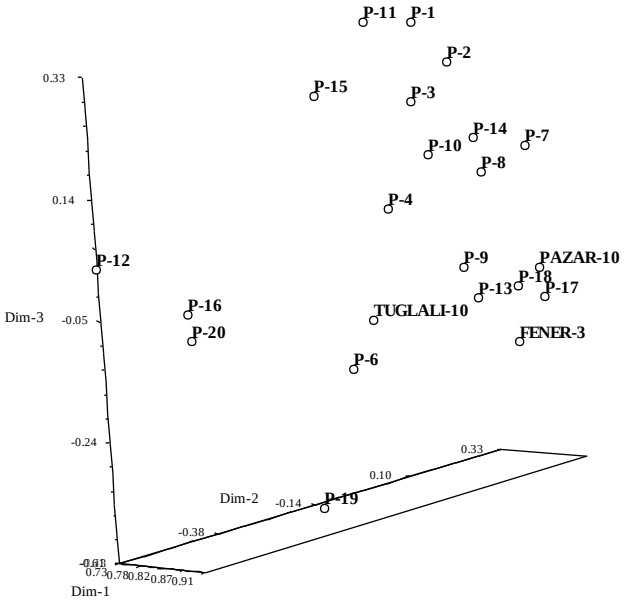


Figure 3. 3D plane graph obtained from the principal component analysis of Ordu province genotypes and cultivar genotypes as a result of ISSRs analysis.

In the interviews conducted with the producers at the beginning of the study, it was reported that in the process of creating the gardens, plants obtained by vegetative means may have been used in some gardens, but in general, plants propagated from seeds were used in creating the garden. As a result of the study, it can be said that the highest similarity rate is between P-1 and P-2, at 95%. Again, the lowest similarity rate was determined at 63%. The Tuğlali-10 variety formed a separate line when all individuals were evaluated together.

CONCLUSION

Like many other places in our country, the tea production areas established in Ordu province are gardens established with seeds. There is genetic variation in gardens established with seeds due to uncontrolled pollination. This difference in the genetic structure of the plant is, therefore, reflected in the product, that is, the quality of the tea consumed.

As a result of this study, It was determined that the similarity rate of the tea genotypes belonging to Ordu province is higher, whereas the similarity rates of the samples taken from the Istanbul Boğazı were lower. This situation may be related to cultivating seeds belonging to different genotypes or at different times in the tea fields in Ordu province. As a result of the study, it was determined that the highest similarity rate was between P-1 and P-2 with 0.95; the most distant lines were between P-12 and P-17 with 0.40. Again, in the comparison made with three standard tea varieties, it was determined that most of the genotypes used in the study were genetically closer to the Pazar-10 and Fener-3 varieties and more distant to the Tuğlalı-10 variety.

The data obtained will help the development of tea cultivation and quality in the region. It can be said that genetic differences are high in individuals propagated by seeds. To ensure high yield and quality in garden establishment, it is recommended that standard varieties be used and propagated by vegetative means.

This study has shown once again that tea varieties and clones in the planting areas have been separated from each other due to hybridization due to sexual reproduction and propagation with seeds obtained from these hybrids. Tea plantation areas in Turkey were established in this way, and as a result, dendrogram differences are seen in similar marker analyses (Beris et al., 2005, 2016; Kafkas et al., 2009). Our results have shown that Turkish tea's genotyping and breeding problems can be overcome by using ISSRs, which have much higher polymorphic amplicon numbers and the highest fragment resolution power compared to other DNA-based markers.

Disclosure statement: The authors declare that there are no conflicts of interest.

Conflict of Interest: The authors declare that they have no known competing financial interests or personal relationships that could have influenced the work reported in this paper.

Author Contribution: All authors contributed to the study's conception and design. Material preparation, experiments, analysis, and preparation of the manuscript were performed by Ali İslam, Muharrem YILMAZ, Selim KARAGÖL, and Fatih Şaban BERİŞ contributed to the development of the protocol, writed and reviewed the manuscript. All authors read and approved the final manuscript.

REFERENCES

Anonymous. (2023). Ordu Tarım ve Orman Müdürlüğü Kayıtları, Ordu.

Ben Ying L., You Yong L., Yi Chun T., Li Yuan W., Hao, C. & Ping Sheng, W. (2010). Assessment of Genetic Diversity and Relationship of Tea Germplasm in Yunnan as Revealed by ISSR Markers. *Acta Agronomica Sinica*, ***36***, 391-400.

Beris, F.Ş., Pehlivan, N., Kac, M., Haznedar, A., Coşkun, F. & Sandallı, C. (2016). Evaluation of genetic diversity of cultivated tea clones (*Camellia sinensis* (L.) Kuntze) in the eastern black sea coast by inter-simple sequence repeats (ISSRs). *Genetika*, ***48***, 87-96.

Beriş, F.Ş., Sandallı, C., Canakcı, S., Demirbag, Z. & Belduz, A.O. (2005). Phylogenetic analysis of Tea clones (*Camellia sinensis*) using RAPD markers. *Biologia, Bratislava*, ***60***, 457-461.

Chen, D., Yi, X., Yang, H., Zhou, H., Yu, Y., Tian, Y. & Lu, X. (2015). Genetic Diversity Evaluation of Winged Bean (*Psophocarpus tetragonolobus* (L.) (DC.) Using Inter-simple Sequence Repeat (ISSR). *Genetic Resources and Crop Evolution*, ***62***, 823-828.

Chen, L., Zhi Xiu, Z. & Ya Jun, Y. (2007). Genetic improvement and breeding of tea plant (*Camellia sinensis*) in China: from individual selection to hybridization and molecular breeding. *Euphytica*, ***154***, 239-248.

ÇAYKUR. (2024). Çay tarımının tarihi. https://www.caykur.gov.tr. https://www.caykur.gov.tr/CMS/Design/Sources/UnitePCKYSDokumanlari/76_75.pdf. Erişim tarihi: 01/10/2024.

Dan, T.V. (2006). *Assessing genetic diversity in Vietnam tea (Camellia sinensis (L). O. Kuntze) using morphology, intersimple sequence repeat (ISSR) and microsatellite (SSR) markers*. Georg-August University, Dissertation.

FAO. (2022). Çay istatistikleri. www.fao.org. Erişim tarihi: 20/05/2024

Freeman, S., West, J., James, C., Lea, V. & Mayes, S. (2004). Isolation and characterization of highly polymorphic microsatellites in tea (*Camellia sinensis*). *Molecular Ecology Notes*, ***4***, 324-3267

İslam, A. (2019). Sürdürülebilir iyi tarım uygulamaları. Çay Çalıştayı Sonuç Raporu. RTE Üniversitesi Çay İhtisaslaşma Koordinatörlüğü Yayınları, Rize. 17-18/10/2019.

Kafkas, S., Ercişli, S., Doğan, Y., Erturk, Y., Haznedar, A. & Sekban, R. (2009). Polymorphism and Genetic Relationships among Tea Genotypes from Turkey Revealed by Amplified Fragment Length Polymorphism Markers. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, ***134***, 428-434.

Koday, S. (2000). Türkiye çay tarım alanlarının dağılışı ve çay üretimimizdeki gelişmeler. *Türk Coğrafya Dergisi*, (***35***), 321-346.

Lai, J.A., Yang, W.C. & Hsiao, J.Y. (2001). An assessment of genetic relationships in cultivated tea clones and native wild tea in Taiwan using RAPD and ISSR markers. *Botanical Bulletin-Academia Sinica*, (***42***), 93-100.

Ma, J., Ma, C., Yao, M., Jin, J., Wang, Z., Wang, X. & Chen, L. (2012). Microsatellite markers from tea plant expressed sequence tags (ESTs) and their applicability for cross-species/genera amplification and genetic mapping. *Scientia Horticulturae*, (***134***), 167-175.

Mondal, T.K. (2002). Assessment of genetic diversity of tea (*Camellia sinensis* (L.) O. Kuntze) by Inter-simple sequence repeat polymerase chain reaction. *Euphytica*, (***128***), 307-315.

Mondal, T.K., Bhattacharya, A., Laxmikumaran, M. & Ahuja, P.S. (2004). Recent advances of tea (*Camellia Sinensis*) biotechnology-review of plant biotechnology and applied genetics. *Journal of Plant Cell Tissue and Organ Culture*, (***76***), 195-254.

Rohlf, F.J. (1988). NTSYS-PC numerical taxonomy and multivariate analysis system. Version 2.0. Exeter Publishing Ltd., Setoukat.

Roy, S.C. & Chakraborty, B.N. (2009). Genetic Diversity and Relationships Among Tea (*Camellia sinensis*) cultivars as revealed by RAPD and ISSR based fingerprinting. *Indian Journal of Biotechnology*, (***8***), 370-376.

Thomas, J., Vijayan, D., Joshi, SD., Lopez, S.J. & Kumar, R.R. (2006): Genetic integrity of somaclonal variants in tea (*Camellia sinensis* (L.) O Kuntze) as revealed by inter simple sequence repeats. *Journal of Biotechnolology*, (***123***), 149-154.

Yao, M.Z., Chen, L. & Liang, Y.R. (2008). Genetic diversity among tea cultivars from China, Japan and Kenya revealed by ISSR markers and its implication for parental selection in tea breeding programmes. *Plant Breeding*, (***127***), 166-172.

Yoğurtçu, B. (2019). *Türkiye'de Yetiştirilen Çay (Camellia sinensis L.) Genotiplerinin ISSR Markörleri Yardımıyla Ayrımı*. Yüksek Lisans Tezi, Ordu Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ziraat ABD.

Vijayan, K., Zhang, W.J. & Tsou, C.H. (2009). Molecular taxonomy of *Camellia* (Theaceae) inferred from nrITS sequences. *American Journal of Botany*, (***96***), 1348-1360.

Zietkiewicz, E.A., Labuda, R. & Labuda, D. (1994). Genome fingerprinting by simple sequence repeat (SSR)-anchored polymerase chain reaction amplification. *Genomics*, (***20***), 176-183.

Journal of Anatolian Environmental and Animal Sciences
(*Anadolu Çevre ve Hayvancılık Bilimleri Dergisi*)
DOI: https://doi.org/10.35229/jaes.1571642

JAES
Year: 9, No: 4, 2024 (768-775)
AÇEH
Yıl: 9, Sayı: 4, 2024 (768-775)

ARAŞTIRMA MAKALESİ RESEARCH PAPER

Assessment of Ecological Status of Damsa Dam (Nevşehir, Türkiye) Using Trophic Classification Indexes, Geospatial and Statistical Techniques

Erkan KALIPCI[1]* Hüseyin CÜCE[2] Mehmet Ali DERELI[1]
[1*]*Giresun University, Deparment of Geomatics Engineering, Giresun/Türkiye*
[2]*Giresun University, Department of Environmental Engineering, Giresun/Türkiye*

Received: *22.10.2024* ***Accepted:*** *18.12.2024* ***Published:*** *31.12.2024*

How to cite: **Kalipci, E., Cüce, H. & Dereli, M.A. (2024).** Damsa Barajı'nın (Nevşehir, Türkiye) ekolojik durumunun trofik sınıflandırma indeksleri, mekansal ve istatistiksel teknikler kullanılarak değerlendirilmesi. *Anadolu Çev. ve Hay. Dergisi*, **9**(4), 768-775. https://doi.org/10.35229/jaes.1571642

Atıf yapmak için: **Kalipci, E., Cüce, H. & Dereli, M.A. (2024).** Assessment of ecological status of damsa dam (Nevşehir, Türkiye) using trophic classification indexes, geospatial and statistical techniques. *J. Anatolian Env. and Anim. Sciences*, **9**(4), 768-775. https://doi.org/10.35229/jaes.1571642

*: https://orcid.org/0000-0002-1908-5468
: https://orcid.org/0000-0002-3590-681X
: https://orcid.org/0000-0003-0575-1316

***Corresponding author's:**
Erkan KALIPCI
Giresun University, Deparment of Geomatics Engineering, Giresun, Türkiye
✉: erkankalipci@gmail.com

Abstract: In this study, the water quality and trophic status of Damsa reservoir were evaluated using spatial and multivariate statistical analysis. When the thematic spatial distribution maps created for each parameter were analysed, it was determined that the water quality of Damsa Dam was class I water (very good) in terms of temperature, pH and dissolved oxygen and class III water (moderate) in terms of total N concentration. In the study, the changes on eutrophic status were analysed by global index categorisations and it was determined that Carlson trophic status index was CTSI=66.6, Burns trophic level index was BTLI=6.2 and Shu trophic status index was STSI=64.7. The results showed that Damsa Reservoir can reach the limits of 'eutrophic' according to CTSI classification scale, 'eutrophic' according to STSI classification scale and 'hypereutrophic' according to TLI classification scale. For this reason, the water quality of Damsa reservoir should be monitored continuously in certain periods and necessary interventions should be made in case of pollution.

Keywords: Damsa dam, physico-chemical pollution, spatial analysis, trophic index.

Damsa Barajı'nın (Nevşehir, Türkiye) Ekolojik Durumunun Trofik Sınıflandırma İndeksleri, Mekansal ve İstatistiksel Teknikler Kullanılarak Değerlendirilmesi

***Sorumlu yazar:**
Erkan KALIPCI
Giresun Üniversitesi, Geomatik Mühendisliği Bölümü, Giresun/Türkiye
✉: erkankalipci@gmail.com

Öz: Yapılan bu çalışmada; Damsa baraj gölü su kalitesi ve trofik durumu mekansal ve çok değişkenli istatistiksel analiz kullanılarak değerlendirilmiştir. Her bir parametre için oluşturulan tematik mekânsal dağılım haritaları incelendiğinde, Damsa Barajının sıcaklık, pH ve çözünmüş oksijen yönünden su kalitesinin I. sınıf su (çok iyi), toplam N konsantrasyonu bakımından III. sınıf su (orta) olduğu belirlenmiştir. Araştırmada, ötrofik durum üzerindeki değişiklikler, küresel indeks kategorilendirmeleriyle incelenmiş olup Carlson trofik durum indeksi'nin CTSI=66.6, Burns trofik seviye indeksi'nin BTLI=6.2 ve Shu trofik durum indeksi'nin STSI=64.7 olduğu belirlenmiştir. Sonuçlar; Damsa Baraj gölünün CTSI sınıflandırma ölçeğine göre "ötrofik", STSI sınıflandırma ölçeğine göre "ötrofik", TLI sınıflandırma ölçeğine göre "hipereutrofik" sınırlarına ulaşabileceğini göstermiştir. Bu nedenle, damsa baraj gölünde belirli dönemlerde tekrarlanmak suretiyle su kaliteleri sürekli olarak izlenmeli ve kirlenme durumunda gerekli müdahalelerin yapılması sağlanmalıdır.

Anahtar kelimeler: Damsa barajı, fiziko-kimyasal kirlilik, mekansal analiz, trofik indeks.

INTRODUCTION

Today, increasing water demand with rapid population growth, global warming, increasing pollution load with the development of industry and differentiation of waste composition discharged to the ecosystem adversely affect the quality of water resources. Pollutants arising from domestic, industrial and agricultural activities firstly mix into rivers and reach lakes, dams and even seas through rivers. Since reservoirs are continuous receiving environments, they are affected by environmental pollution at the first degree. The parameters constituting the

physicochemical structure of waters vary from source to source depending on the geological structure of the water bed and the anthropogenic activities affecting the source. For this reason, each water source requires effective monitoring within itself and the quality of water is of great importance as well as the existence of water in order to ensure the continuity of ecological balance (Karadavut et al., 2011; Karadavut et al., 2012; Mdee et al., 2024; Mutlu & Güzel, 2024; Yılmaz, 2004). As of 2021, 861 dams are operating in our country and these dams may experience more pollution problems depending on their morphological structures, short water retention period and the quality and quantity of the water discharged into the lake (Küçükönder et al., 2022). Pollution observed in surface waters is divided into two as point and diffuse. Point source pollution occurs when wastewater is discharged from a single point. Diffuse pollution is the type of pollution caused by pollutants that reach the receiving environment by passing through large areas in different time periods depending on meteorological events and the structure of the land. Since the structure of the waters forming diffuse pollution depends on climate, surface shape, hydrology, land use and soil structure, detection and control of diffuse pollution is much more difficult (Yıldız & Karakuş, 2018). Rapid pollution and depletion of water resources have led people to find new water resources. Therefore, artificial ponds are constructed in many river basins and ponds are tried to be filled by utilising both surface runoff and rainfall from the atmospheric water cycle. However, these artificial ponds should also provide water quality for drinking and irrigation (Cüce et al., 2020). Physical and chemical evaluation of water quality is very important in terms of providing information about the current status of water in the studies to determine the pollution and its effects (Bağdatlı et al., 2017). For this reason; in recent years, the importance and number of studies on pollution parameters affecting water quality and ecological health risk assessment in aquatic environments have been increasing (Cüce et al., 2022a; Cüce et al., 2022b; Fındık & Aras, 2023; Ustaoğlu et al, 2020). In order to ensure the continuity of ecological balance and to benefit from water resources efficiently, water quality should be monitored repeatedly in certain periods, important factors affecting pollution should be determined and appropriate measures should be taken. In particular, point and non-point pollutant sources around the dams used as drinking and utility water should be taken under control (Kalıpcı et al., 2020). In this context, a proper assessment and prediction of possible changes in water quality is necessary. The first step towards this goal is to analyse the dam lakes determination of trophic levels. Trophic status of water in reservoirs, biological It is used as an important indicator in terms of productivity, pollution protection, eutrophication risk. Determination of the trophic level will also enable the classification of the lakes and the making of healthy and valid plans for fisheries (Ayvaz et al., 2011; Aslantürk & Çetinkaya, 2022). This study is important in terms of providing data for the proper use of water and protection of water quality. Therefore, in this study, the physicochemical parameters of Damsa dam, which is used as drinking and irrigation water, were determined and the trophic status of the dam lake was evaluated according to different indices by multivariate statistical analysis and geographic information systems (GIS).

MATERIAL AND METHOD

This study was carried out in Damsa Dam Lake, which was constructed within the borders of Nevşehir province. In this comprehensive study, monitoring and evaluation studies were carried out in three stages in order to determine the trophic water quality in the central part of Anatolia where the effects of water pollution, drought and agricultural drainage waters are intense. Firstly, multidimensional statistical analyses (clustering, correlation, PCA) were performed on all results and the periodic dimension of physico-chemical pollution in water was addressed. Secondly, the trophic status of the reservoir water was calculated using various ecological status indices (Burns et al., 1999; Carlson, 1977; Shu, 1993). Thirdly, the trophic status of the reservoirs was assessed through spatial analysis using geographic information systems (ArcGIS).

Study Area and Sampling: Damsa Dam, which was selected as the study area, was constructed between 1965 and 1971 for irrigation purposes on Damsa Stream in Ürgüp district of Nevşehir province (Figure 1). The dam has a body volume of 862000 m^3, a lake volume of 7.12 hm^3 at normal water level and a lake area of 0.82 km^2 at normal water level. The dam provides irrigation service to an area of 1390 hectares and 1 hm^3 of drinking-utility water per year. At the same time, the dam is also used as a picnic area with its appearance and forested surroundings. It is 30 km to the city centre and 9 km to the district centre (Ürgüp). The coordinates of Damsa Dam, which was determined as the study area, are 38° 32‘North latitude and 34° 55’ East longitude, and the province of Nevşehir in the Central Anatolia Region has a continental climate and the average water height is 32.50 metres. It has been revealed that temperatures are in an increasing trend due to global climate change around Nevşehir Damsa Dam and precipitation is gradually decreasing in the region, which triggers the decrease in the water amount of Damsa Dam (Bağdatlı et al., 2015; Kalıpcı et al., 2017).

Sampling was carried out during the spring mixing period (March, April, May) in 2020. Surface water samples were collected from 12 stations at Damsa Dam using Nansen bottle in plexiglass sample containers (Figure 1). The coordinates of the sampling stations were taken with a

Magellan Exp710 GPS device. Real-time field measurements of water quality parameters such as temperature, pH, dissolved oxygen (DO), total suspended solids (TSS) and electrical conductivity (EC) were performed using a portable Hach 40dQ multi-meter probe. In addition, fluorometric analysis was performed to determine chlorophyll-a concentrations in surface water samples. Concentrations of anionic surfactant, TP, TN and Cl- in samples stored at +4 ˚C were quantitatively determined using laboratory test kits (Hach-Lange) and conventional procedures (APHA, AWWA, WEF, 2012). In all experimental studies carried out in the laboratory, pure chemicals of Merck and Sigma Aldrich brand quality were used and all sets were carried out in three replicates. Spectrophotometric measurements were performed in the laboratory using a Hach Lange DR3900 thermo-reactor.

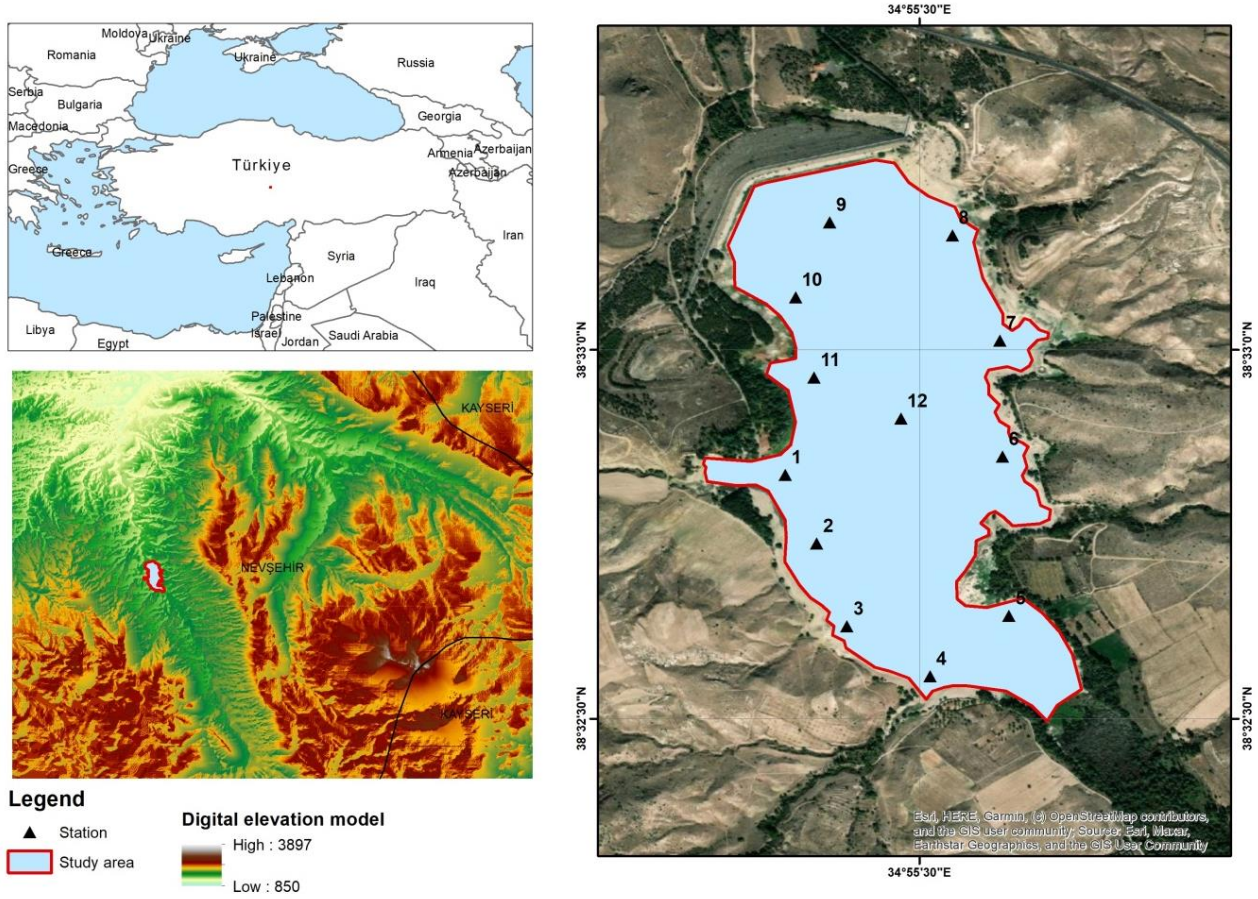


Figure 1. Sampling points in the Damsa dam lake.

Eutrophical Assessment: In this research, Carlson Trophic Status Index, CTSI (Carlson, 1977), Burns Trophic Level Index, BTLI (Burns et al., 1999) and Shu Trophic State Index, STSI (Shu, 1993) values were computed to assess the periodical change in th e trophic status of the dam surface water. The Carlson index is widely used by government officials and researchers to indirectly estimate algal biomass and a key indicator of the health of aquatic ecosystems for the extent of lentic system eutrophication (Jeppesen et al., 2000). It is calculated mathematically based on the relevant equations for three parameters (chlorophyll-a, Secchi depth, and total P). In this study, Carlson Trophic Status Index was obtained from periodic Chl-a values. Equation 1 is as follows:

$$TSI(Chla) = 10(6 - \frac{2.04 - 0.68 \ln Chla}{ln2}) \quad (1)$$

Carlson trophic state index (CTSI) value; A value below 40 indicates an oligotrophic water quality, between 40 and 60 a mesotrophic quality, between 60 and 70 an eutrophic quality, and a value above 70 an hypertrophic quality (Carlson & Havens, 2005). Burns et al. (Burns et al., 1999) developed the Burns Trophic Level Index, BTLI to determine the trophic status of lakes in New Zealand. This required changing the Carlson TSI, which meant getting rid of the TN parameter. In this study, the seasonal trophic level in the dam lakes were based on the average value parameter of Chl-a for the BTLI. Burns Trophic Level Index (BTLI) value; The classification of water quality levels is as follows: levels below 3 are oligotrophic, 3–4 are mesotrophic, 4–5 are eutrophic, 5–6 are super-oligotrophic, and levels above 7 are hypertrophic (Burns et al, 2005).

$$TLI(Chl_a) = 2.22 + 2.54\log(Chl_a) \quad (2)$$

The method developed by Shu (Shu, 1993) to assess the periodic eutrophication of lakes, defined as the Shu model, calculates index values reflecting the current trophic state of the lake based on the algorithm defined below (equation 3), focusing on chlorophyll-a concentration. The unit of chlorophyll a concentration is µg/L. Shu Trophic State Index (STSI) value; ≤20 indicates oligotrophic, ≤40 mesotrophic, ≤70 eutrophic, ≤80 hypertrophic and ≤100 extremely hypertrophic water quality (Shu, 1993).

$$TSI(Chl-a) = 10(2.46 + \frac{\ln(chl-a)}{\ln(2.5)} \quad (3)$$

The trophic status of the Damsa dam lake was constructed in accordance with the relevant legislation of Türkiye. This ordinance, "Surface Water Quality Management Regulations (SWQR)" was reported in the Official Gazette of the Republic of Türkiye (2012 / 28483). Table 1 shows the SWQR trophic classes (SWQR, 2012). However, by using the trophic status classification of lakes and ponds determined by the National SWQ regulations of Türkiye, the trophic level of the irrigation/energy dam with CTSI, BTLI and STSI values has been revealed.

Table 1. Trophic classifications based on SWQR according to the legislation of Türkiye (SWQR, 2012).

Trophic Classes	TP (µg/L)	TN (µg/L)	Chl_*a* (µg/L)	Secchi Depht (m)	DO (mg/L)
Oligotrophic	<10	<350	<3.5	>4	>7
Mesotrophic	30-50	650-1000	9-15	2.0-1.5	6-4
Eutrophic	100	1500	25	1	3
Hypereutrophic	>100	>1500	>25	<1	<3

Statistical and Geospatial Analyses: All data calculations and statistical analyses used in the research were calculated using SPSS 22 software. Thematic geospatial analyses were performed using ArcGIS 10.8 software. Tercan & Dereli (2020) stated that the IDW (Inverse Distance Weighted) method allows the evaluation of the effect of each point on the other based on the inverse of the distance between the points. For this reason, the maps produced to compare the effects of Damsa reservoir on trophic/water quality were created using the IDW (Inverse Distance Weighted) distance-weighted interpolation technique.

RESULTS AND DISCUSSION

Damsa Dam Lake water's physical and chemical results: The average concentrations of physicochemical pollution parameters determined as a result of in-situ and laboratory measurements in Damsa Dam surface water during the three-month sampling period are shown in Figure 2, and the geo-spatial distribution maps of surface water quality are shown in Figure 3. Thematic geospatial maps prepared with geographical information system offer important opportunities in positioning and water quality analysis studies related to surface waters. They represent a fast and effective approach in the assessment of water quality. Due to the geological structure of Damsa reservoir environment, conductivity was determined as 419 µS/cm on average (Figure 2). The lowest EC values were determined at the measurement station no. 6 (394 µS/cm) and it was evaluated that it reached the highest value (445 µS/cm) as it approached the northern parts of the dam. According to the Turkish SWQ Regulation (SWQR, 2012), Damsa Dam has 'very good' category water quality in terms of EC. In addition, in terms of irrigation water, the dam pond is in the category of "water suitable for use as irrigation water and where no harmful effect will be noticed" and it was determined that it has permissible water quality. As seen in Figure 3, the pH value (<9) reached the highest level (8.51) in the southern parts of the dam. The water quality in terms of pH was determined as Class I water (very good). The temperature parameter, which is among the quality elements that should be monitored in surface waters, was excluded from the Turkish SWQ Regulation. However, during this study, the temperature value was measured in all samplings and monitored to evaluate the inter-station variation in the dissolved oxygen level in the lake and the stability of the trophic state of the reservoir.

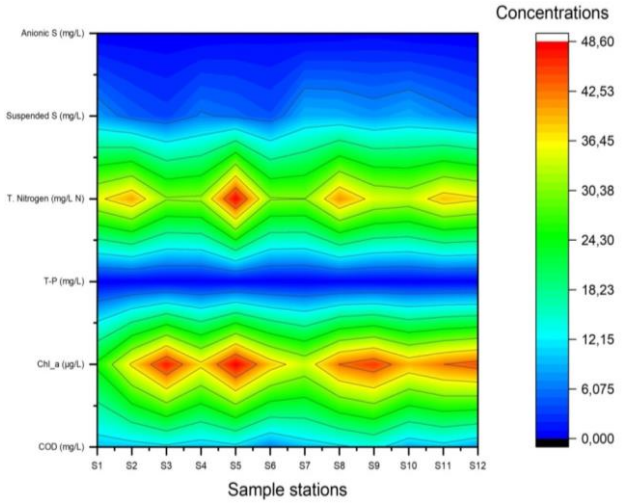


Figure 2. The distribution of average physico-chemical parameters according to sampling stations.

The mean variation of surface water temperature values according to the stations is between 12.5 - 13.03 °C. The lowest temperature recorded for surface water in the reservoir was 12.5 °C (at station no. 5 during the rainy season) and the highest temperature recorded for surface water was 13.03 °C (at station no. 12). Although there was a low temperature in the north-eastern part of the reservoir, the temperature value was found to increase in the southern parts (Figure 3).

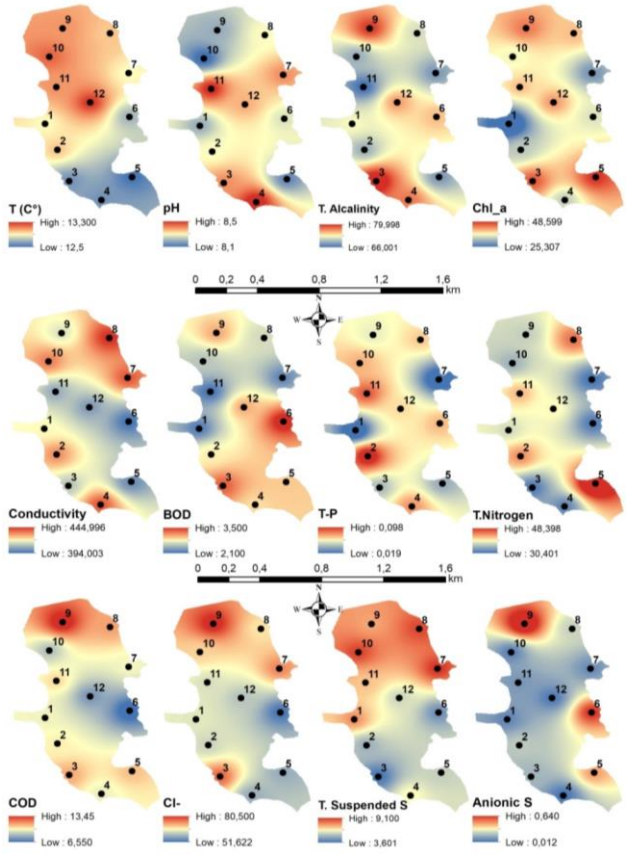


Figure 3. Geo-spatial distribution maps of surface water quality parameters (T, pH, EC, BOD, COD, Cl^-, DO, TA, Chl_*a*, TP, TN, TSS, AS).

It was determined that the average suspended solids (TSS) concentration in the measurement stations of the lake was 6.6 mg/L and the highest values were found in stations 7, 8 and 10. It is hypothesised that TSS load is caused by agricultural drainage and erosion of upper soil layers into the water environment. According to the average dissolved oxygen (DO) concentrations obtained from 12 measurement stations; the lowest DO concentration in the dam lake was 8.1 mg O2/L (at sample station 4) and the highest DO concentration was 9.2 mg O2/L (at sample stations 11 and 12). Damsa Dam is used for irrigation purposes and aquaculture activities are also carried out in the dam. Dissolved oxygen concentration in the water should be 4-5 mg O2/L for the continuation of living activities. During the analyses conducted at 12 measurement stations, no dissolved oxygen (DO) concentration below 4 mg O2/L was found. According to the Turkish SWQ Regulation (SWQR, 2012), the quality of waters with dissolved oxygen concentration greater than 8 mg/L is stated as Class I. Since the dissolved oxygen concentration in 12 stations measured in the dam surface water was greater than 8 mg/L, it was determined that this value was sufficient for the survival of aquatic organisms in the dam and this value was determined to be in the 'very good' class waters in terms of quality criteria according to the Turkish SWQ Regulation. The results of EC, pH, temperature and DO determined in this study were similar to the results of the previous study by Kalıpcı et al. (2017).

During this research, the concentrations of TP and TN levels in the reservoir according to the measurement stations and the chlorophyll-a value in all samplings were measured to evaluate the stability of the trophic state of the reservoir. The highest mean chlorophyll-a (Chl_a) concentration in the reservoir was determined at the measurement station 5 (48.6 µg/L), while the lowest (25.3 µg/L) was determined at the measurement station 1 (Figure 3).

Many factors in the lake environment affect the changes in total nitrogen and phosphorus concentrations. In the dam water, where the highest total N concentration was detected at station 5 (48.4 mg/L N), the increase in nutrient input is considered to be the most important factor affecting the trophic status of the lake. Since Total N > 11.5 mg/L N determined in all measurement stations, Damsa dam water was determined to be in 'medium' class waters according to Turkish SWQ Regulation (SWQR, 2012). The highest total phosphorus was observed at stations 2 (0.098 mg/L) and 11 (0.085 mg/L), respectively (Figure 3). It is suggested that the cause of this pollution is caused by sewage discharge, garbage and solid wastes, wastes of industrial facilities in the region. Since the total phosphorus concentration in the dam lake is < 0.08 except for measurement stations 2 and 11, Damsa dam water is classified as 'very good' according to the Turkish SWQ Regulation (SWQR, 2012). The sudden increase in the levels recorded at the measurement stations 2 and 11 in the dam is thought to be caused by the leaching of phosphate fertilisers into the water.

The highest alkalinity was determined at measuring station 3 (80 mg/L) and the lowest alkalinity was determined at measuring station 11 (66 mg/L) (Figure 3). Especially in the central-northern parts of the lake, Chemical Oxygen Demand (COD) values are extremely high for an irrigation dam and indicate an interference. According to the classification standards of continental surface water resources (SWQR, 2012), the surface water quality of the lake can be classified as 'very good' class water quality when evaluated in terms of COD and Biochemical Oxygen Demand (BOD).

Evaluation of the trophic status of the Damsa dam lake: Eutrophication is a very common water quality problem seen all over the world. Since it is a problem in both developing and developed countries, it is very important to detect, rank and determine the course of eutrophication. In order to evaluate the risk of eutrophication, trophic status should be determined as an important indicator (Akyüz, 2016; Aslantürk & Çetinkaya, 2022). The eutrophication index is an important criterion in the assessment of lake water quality and indicates a

significant degree of pollution in the lake by showing a significant change in trophic levels throughout the year. The definition of the Carlson Trophic Status Index (CTSI) classification scale ranges from 0 to 100 and the findings of this regional study show that the mean CTSI for periodic Chl_a is 66.6. According to this result, Damsa reservoir is classified as 'eutrophic'.

Burns Trophic Level Index (TLI) classification hierarchy ranges from 0 to 7. According to the results of this regional study, the average TLI for Chl_a was calculated as 6.28. This result indicates that the lake may reach the regional hypereutrophic limits (Figure 4).

The Shu Trophic State Index (STSI) classification scale ranges from 0 to 100, and according to the findings of this regional study, the average STSI for periodic Chl_a was calculated as 64.78. According to these results, the lake is becoming eutrophic. Overall, the index values (CTSI, BTLI and STSI) indicate that Damsa Reservoir is hypereutrophic, which is evidenced by the high amount of phosphorus (P) and nitrogen (N) in the surface water.

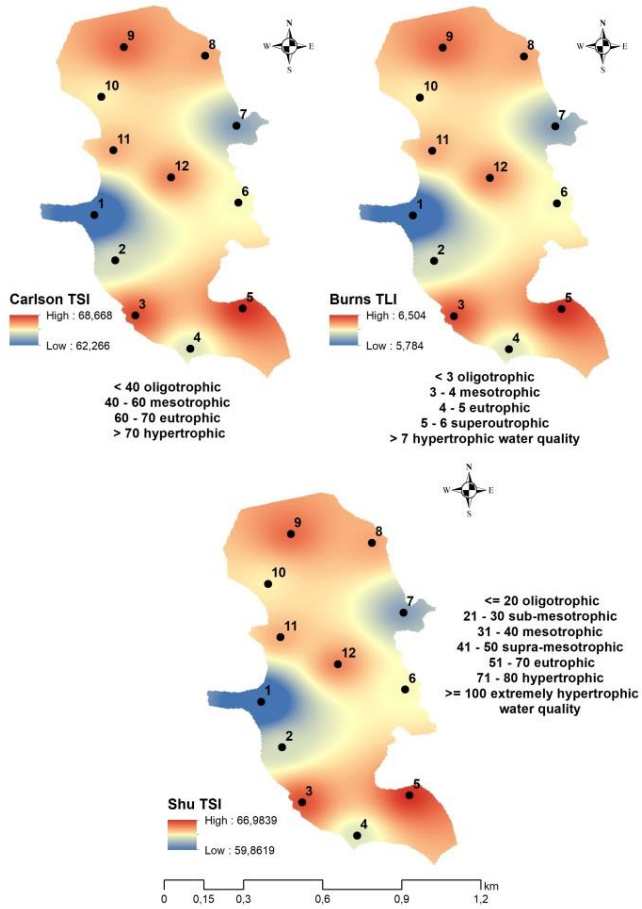


Figure 4. Geographical analysis of trophic status index values in the Damsa dam lake.

Statistical observations: The Spearman correlation analysis of the content of physicochemical pollution parameters in the surface water of the dam lake spring mix season is shown in Figure 5. While Chl_a values have a weak relationship with the temperature and pH, it was observed that there was a relatively high correlation between BOD, COD and total alkalinity. The significant correlation suggests that the majority of these organic compounds may have a common pollution source at the surface of the lake water. There is a positive correlation between this variable and TN, COD and Chl_a, while the relationship with TP is relatively limited. However, the water environment is in a state of constant change due to the activities of animals and plants and human intervention, which can result in greater variability in the stability of nutrient content in surface water environments during the mixing period.

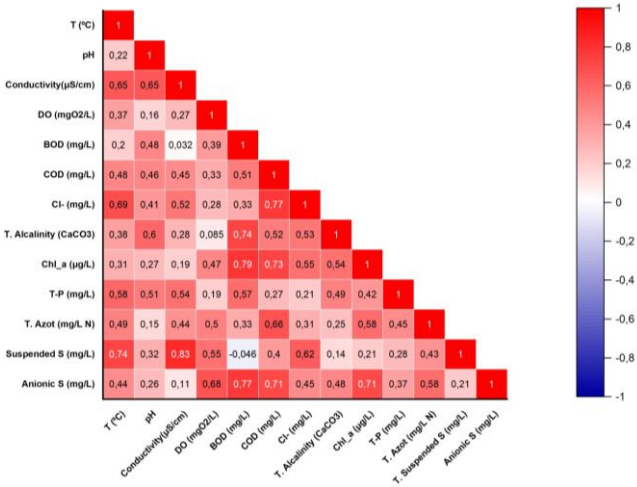


Figure 5. Spearman's correlation between physicochemical parameters.

Principal component analysis (PCA) was employed to investigate the potential sources of organic/chemical contamination. The concentration of high -level nutrients and surfactants in water is an indication of the current pollution state. For the water columns, the two principal components extracted accounted for 46.5% of the total variance (Figure 6).

The principal component was predominantly characterised by EC, TSS, COD and TA. There is a notable positive correlation between physiochemical parameters and oxygen consumption rate and chloride content in the lake, which suggests that they may have a common origin. In particular, COD plays a pivotal role in the functioning of pesticides, while TA and Cl^- serves as a vital indicator of domestic pollution. It can therefore be concluded that PC1 is indicative of pollution resulting from the domestical and chemical industries. The principal component 2 (PC2) is characterised by elevated levels of AS, BOD and TP/TN. The concentration of Chl_a is regarded as an indicator of excessive nutrient input. As a result, PC2 can be attributed to chemical industry and agricultural pollution.

The same data used in PCA were analysed to understand the similarities. The results of the double clustering analysis demonstrate the formation of two

fundamental fixed clusters between the conductivity value and other physical/chemical parameters based on the variance weighted distance lines between the cluster centre points. Among the measured chemical parameters are TA – Cl^- and Chl_a - TN, which form a cluster among themselves, while the remaining parameters form a pile cluster. Upon examination of the subsets of the two main groups between the stations, S3-S4-S7 and S1-S9 and S3-S9 cluster between S1-S1-S7 and S11-12 and S5 (Figure 7).

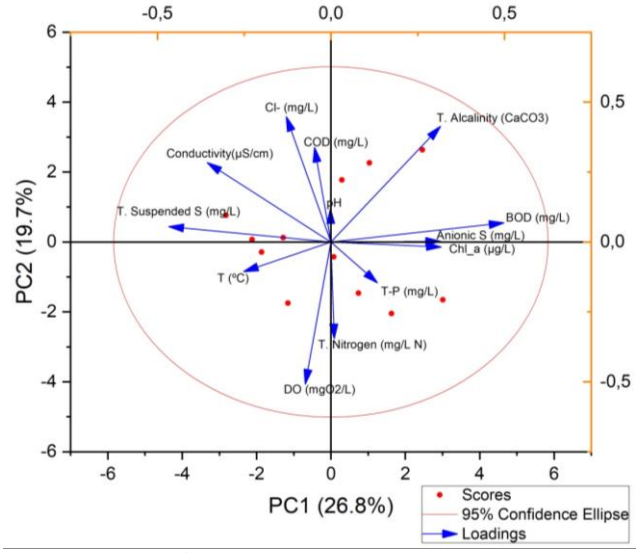


Figure 6. PCA/FA of measured physico-chemical parameters.

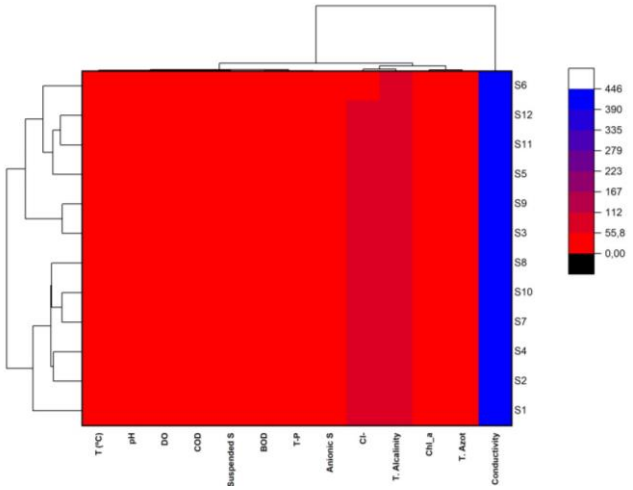


Figure 7. Dendrogram for hierarchical clustering study water samples from the Damsa Dam.

CONCLUSION

In this study, the eutrophication status of Damsa reservoir, which is subjected to the intense pressure of global warming and the possibility of agricultural drainage, and the changes in water quality according to the measuring stations were evaluated by statistical, ecological indices and thematic geo-spatial analyses. The results show that Damsa reservoir is hypereutrophic and the results of thematic maps and multiple statistical analyses indicate that extreme fluctuations in nutrients can be caused by agricultural irrigation discharges, which directly affect the eutrophication of lakes. The most important finding indicating eutrophication in the dam was the minimum and maximum values of chlorophyll-a (Chl_a), which ranged from a minimum of 25.3 µg/L to a maximum of 48.6 µg/L. Although this study reflects the current situation in the dam lake, it is necessary to increase the number of measured parameters in future comprehensive studies and seasonal monitoring of the change in the trophic state of the lake together with ecological evaluation should be carried out at certain period intervals. It is of utmost importance to carry out detailed research on the determination of the concentrations of potentially toxic elements that may accumulate in fish due to freshwater fishing in Damsa Dam. It should be ensured that the pollution in water quality is prevented by switching to good agricultural practices by ensuring the controlled use of chemical-based pesticides used intensively in the region. It is also recommended to take measures in accordance with the protection status to restrict the discharge of solid wastes, domestic and industrial wastewater into the reservoir. It is clear that improved pollution control in the reservoir system is essential to achieve optimum chemical and ecological status. This can be achieved by implementing wastewater treatment facilities while maintaining a minimum level of agricultural pollution within the system. Therefore, it is necessary to prevent sewage and solid wastes from entering the rivers through effective removal and control techniques, thus preventing potential pollutants from entering the reservoir. As a result, the findings obtained in this study will guide future studies within the framework of the sustainability of the reservoir for energy, fish farming and irrigation. It is essential to carry out anti-pollution training studies in order to use Damsa Dam Lake, which is located in the Central Anatolia region where the effect of global warming is intensely experienced, for agricultural irrigation purposes and to continue freshwater fishery in the lake area.

REFERENCES

Aslantürk, A. & Çetinkaya, O. (2022). Sücüllü Baraj Gölü'nün (Isparta) trofik durumunun belirlenmesi. *Acta Aquatica Turcica*, ***18***(1), 1-12.

Akyüz, D.E. (2016). Trofik durum indeksi ile anahtar sınırlayıcı parametrelerin değerlendirilmesi: Taihu Gölü örneği. *Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, ***7***(Ek (Suppl. 1), 194-201.

APHA, AWWA, WEF. (2012). Rice, E. W., Bridgewater, L., & American Public Health Association (Eds.). Standard methods for the examination of water

and wastewater (Vol. 10). Washington, DC: American public health association.

Aslantürk, A. & Çetinkaya, O. (2022). Sücüllü Baraj Gölü'nün (Isparta) Trofik Durumunun Belirlenmesi. *Acta Aquatica Turcica*, ***18***(1), 1-12.

Ayvaz, M., Tenekecioğlu, E. & Koru, E. (2011). Afşar baraj gölü'nün (Manisa-Türkiye) trofik statüsünün belirlenmesi. *Ekoloji*, ***20***(81), 37-47.

Bağdatlı, M.C., Kalipci, E. & İpek, G.G. (2017). Bilecik-Osmaneli ilçesi içme ve kullanma sularının kalite parametreleri açısından coğrafi bilgi sistemleri (CBS) ile değerlendirilmesi. *Nevşehir Bilim ve Teknoloji Dergisi*, ***6***, 149-162.

Bağdatlı, MC., Savci, S., Ucak, AB. & Gökdoğan, O. (2015). Evaluation of agricultural drought with GIS in some irrigation areas: The sample of Nevsehir province in Turkey. *International Conference on Civil and Environmental Engineering (ICOCEE), 20-23 May 2015*, 1978-1986, Cappadocia-Turkey.

Burns, N.M., Rutherford, J.C. & Clayton, J.S. (1999). A monitoring and classification system for New Zealand lakes and reservoirs. *Lake and Reservoir Management*, ***15***(4), 255-271.

Burns, N., McIntosh, J. & Scholes, P. (2005). Strategies for managing the lakes of the Rotorua District, New Zealand. *Lake and Reservoir Management*, ***21***(1), 61-72.

Carlson, R.E. (1977). A trophic state index for lakes 1. *Limnology and Oceanography*, ***22***(2), 361-369.

Carlson, R.E. & Havens, K.E. (2005). Simple graphical methods for the interpretation of relationships between trophic state variables. *Lake and Reservoir Management*, ***21***(1), 107-118.

Cüce, H., Kalıpcı, E., Taş, B. & Yılmaz, M. (2020). Rakım farklılığı nedeniyle oluşan meteorolojik değişimlerin su kalitesine olan etkilerinin CBS ile değerlendirilmesi: Morfolojik olarak farklı iki göl için bir karşılaştırma. *Karadeniz Fen Bilimleri Dergisi*, ***10***(1), 1-26.

Cüce, H., Kalipci, E., Ustaoğlu, F., Dereli, M.A. & Türkmen, M. (2022a). Multivariate statistical and spatial assessment of water quality from a dam threatened by drought at the mid-Anatolia, Cappadocia/Turkey. *Arabian Journal of Geosciences*, ***15***(5), 1-16.

Cüce, H., Kalipci, E., Ustaoğlu, F., Kaynar, İ., Baser, V. & Türkmen, M. (2022b) Multivariate statistical methods and GIS based evaluation of the health risk potential and water quality due to arsenic pollution in the Kızılırmak River. *International Journal of Sediment Research*, ***37***(6), 754-765.

Fındık, Ö. & Aras, S. (2023). Application of the metal pollution indices on surface waters for assessment of environmental risk: a case study for Damsa reservoir (Cappadocia, Türkiye). *International Journal of Environmental Science and Technology*, ***20***(2), 1689-1698.

Jeppesen, E., Peder Jensen, J., Søndergaard, M., Lauridsen, T. & Landkildehus, F. (2000). Trophic structure, species richness and biodiversity in Danish lakes: changes along a phosphorus gradient. *Freshwater Biology*, ***45***(2), 201-218.

Karadavut, İ.S., Saydam, AC., Kalıpcı, E., Karadavut, S. & Özdemir, C. (2011). A research for water pollution of Melendiz stream in terms of sustainability of ecological balance. *Carpathian Journal of Earth and Environmental Sciences*, ***6***(1), 65-80.

Karadavut, S., Delibas, L., Kalıpcı, E., Özdemir, C. & Karadavut, İ.S. (2012). Evaluation of irrigation water quality of Aksaray region by using geographic information system, *Carpathian Journal of Earth and Environmental Sciences*, ***7***(2), 171-182.

Küçükönder, M., Kalkan, E. & Cırık, K. (2022). Kılavuzlu baraj gölü (Kahramanmaraş) su kalitesi ve Kanada su kalite indeks sınıfı. *Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, ***5***(1), 118-142.

Kalıpcı, E., Varol, S. & Cüce, H. (2020). Evaluation of water quality and trophic condition of Yuvacık (Kocaeli-Turkey) drinking water dam reservoir. *Mugla Journal of Science and Technology*, ***6***(2), 128-139.

Kalıpcı, E., Cüce, H. & Toprak, S. (2017). Damsa barajı Nevşehir yüzey suyu kalitesinin coğrafi bilgi sistemi ile mekansal analizi. *Karaelmas Fen ve Mühendislik Dergisi*, ***7***(1), 312-319.

Mutlu, E. & Güzel, A.E. (2024). Tekirler baraj gölü (Nallıhan–Ankara)'nün su kalitesi parametreleri üzerine araştırma. *Menba Kastamonu Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi Dergisi*, ***10***(2), 105-114.

Mdee, O.J., Mndolwa, B. & Sadiki, N. (2024). Water quality assessment and spatial distribution of water quality parameters of Dodoma Urban, Tanzania. *African Journal of Aquatic Science*, ***49***(2), 95-105.

Shu, J.H. (1993). Evaluation of eutrophication degree of main lakes in China. *Journal of Oceanology and Limnology*, ***6***, 616-620.

SWQR. (2012). Surface Water Quality Regulation. *Official Gazette* Number: 28483 (Environmental quality standards for some parameters in surface water masses and their usage purposes).

Tercan, E. & Dereli, M.A. (2020). Development of a land suitability model for citrus cultivation using GIS and multi-criteria assessment techniques in Antalya province of Turkey. *Ecological Indicators*, ***117***, 106549.

Ustaoğlu, F., Tepe, Y. & Taş, B. (2020). Assessment of stream quality and health risk in a subtropical Turkey river system: A combined approach using statistical analysis and water quality index. *Ecological Indicators*, ***113***, 105815.

Yılmaz, F. (2004). Mumcular Barajı (Muğla-Bodrum)'nın fizikokimyasal özellikleri. *Ekoloji*, ***13***(50), 10-17.

Yıldız, S. & Karakuş, C.B. (2018). Sivas 4 Eylül Barajı su kalitesi-seviye ilişkisinin coğrafi bilgi sistemi (CBS) ile haritalanması. *Academic Platform-Journal of Engineering and Science*, ***6***(1), 64-75.

Journal of Anatolian Environmental and Animal Sciences
(*Anadolu Çevre ve Hayvancılık Bilimleri Dergisi*)
DOI: https://doi.org/10.35229/jaes.1582936

JAES
Year: 9, No: 4, 2024 (776-784)
AÇEH
Yıl: 9, Sayı: 4, 2024 (776-784)

ARAŞTIRMA MAKALESİ RESEARCH PAPER

Artvin Maden Köyü'nün Doğal - Kültürel Mirasının Korunması, Tanıtılması ve Ekolojik Turizme Kazandırılması [*]

Reyhan AKAT[1]* Birgül ÇAKIROĞLU[2]
[1]*Mimarlık Bölümü, Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi, Yozgat Bozok Üniversitesi, Yozgat, Türkiye*
[2]*Artvin Çoruh Üniversitesi, Sanat ve Tasarım Fakültesi, Mimarlık Bölümü, Artvin, Türkiye*

Received: *11.11.2024* ***Accepted:*** *18.12.2024* ***Published:*** *31.12.2024*
Atıf yapmak için: **Akat, R. & Çakıroğlu, B. (2024).** Artvin Maden Köyü'nün doğal - kültürel mirasının korunması, tanıtılması ve ekolojik turizme kazandırılması. *J. Anatolian Env. and Anim. Sciences, 9*(4), 776-784. https://doi.org/10.35229/jaes.1582936
How to cite: **Akat, R. & Çakıroğlu, B. (2024).** Protection and Promotion of the Natural and Cultural Heritage of the Artvin Maden Village and Ecological Tourism. *Anadolu Çev. ve Hay. Dergisi*, *9*(4), 776-784. https://doi.org/10.35229/jaes.1582936

*: https://orcid.org/0009-0002-0820-8669
: https://orcid.org/0000-0003-2709-5997

***Sorumlu yazar:**
Reyhan AKAT
Yozgat Bozok Üniversitesi, Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi, Mimarlık Bölümü, Yozgat, Türkiye.
✉: reyhan.akat@yobu.edu.tr

Öz: Artvin ilinin Şavşat ilçesinde yaklaşık 1900 m. yüksek rakımlı dağlık alandaki Maden Köyü doğal güzelliği, geleneksel sosyo-kültürel yaşam tarzı, yerel konut mimarisi ve özellikle de ahşap işçiliğiyle kırsal ekolojik turizm açısından önemli bir potansiyele sahiptir. Çalışmanın amacı, coğrafi konum olarak ulaşılması zor zirveye yakın bu köyün özgün doğal, ekolojik ve kültürel değerlerinin belirlenip tanıtımının yapılması, mevcut sorunlarla birlikte doğal mirasın acilen korunması ve sürdürülebilirliğin gerekliliğini ortaya koymaktır. Bu kapsamda, verilerin tespit edilmesi için yerinde yapılan gözlem, inceleme ve fotoğraflama yöntemlerinden yararlanılmıştır. Yapılan araştırmada; doğa yürüyüşü yapabilme, tarihi ve kültürel eserleri görebilme, yaban hayatı gözleme ve doğal güzellikleri seyredebilme, fotoğraflama amacıyla doğal ve kültürel etkinliklerin günübirlik, hafta sonu ya da daha uzun süreli gerçekleştirilebileceği alanlar tespit edilmiştir. Ayrıca, bu alana gelen ziyaretçilerin katı atıklarıyla çevreye verdikleri çeşitli kirlilikler belirlenmiştir. Ahşap malzemenin çevresel etkiler ile bozulmalara uğradığı gözlemlenmiştir. Ahşap yapıların korunarak restorasyonunun yapılması düşünülmelidir. Ekolojik turizme kazandırılması amacıyla yöreye ait doğa ve yapı ilişkisindeki dengenin sağlanması amacıyla tasarım ve uygulama ölçütlerinin belirlenmesi, koruma amaçlı imar planlarının yapılması, yerel yönetim ve halk işbirliğiyle çalışılması gereklidir.

Anahtar kelimeler: Artvin, Maden köyü, doğal ve kültürel miras, ekolojik turizm, koruma.

Protection and Promotion of the Natural and Cultural Heritage of the Artvin Maden Village and Ecological Tourism

***Corresponding author's:**
Reyhan AKAT
Yozgat Bozok University, Faculty of Engineering and Architecture, Department of Architecture, Yozgat, Türkiye.
✉: reyhan.akat@yobu.edu.tr

Abstract: Maden Village, located in a mountainous area with an altitude of approximately 1900 m. in Şavşat district of Artvin province, has an important potential in terms of rural ecological tourism with its natural beauty, traditional socio-cultural lifestyle, local housing architecture and especially woodwork. The aim of the study is to determine and promote the unique natural, ecological and cultural values of this village, which is geographically close to the summit that is difficult to reach, and to reveal the urgent need for protection and sustainability of the natural heritage together with the existing problems. In this context, on-site observation, examination and photography methods were used to determine the data. In the research conducted; areas where natural and cultural activities can be carried out for a day, weekend or longer were determined for the purpose of hiking, seeing historical and cultural artifacts, observing wildlife and watching natural beauties, and photographing. In addition, various pollutions given to the environment by the solid wastes of visitors coming to this area were determined. It was observed that the wooden material was deteriorated due to environmental effects. It is mandatory to protect and restore the wooden structures. In order to provide balance in the relationship between nature and structure in the region in order to bring it to ecological tourism, In order to ensure the balance in the relationship between nature and building in the region, it is necessary to determine the design and implementation criteria, to make conservation zoning plans and to work in cooperation with the local administration and the public in order to provide ecological tourism.

Keywords: Artvin, Maden village, conservation, ecological tourism, natural and cultural heritage.

GİRİŞ

Ekolojik turizm, doğal çevrenin gözlemlenmesine imkan veren bir turizm çeşididir. Ekoturizm, yeşil turizm ve doğa turizmi olarak da adlandırılan ekolojik turizm; genelde flora, fauna ve kültürel kırsal miras gibi etkinlikleri görmek, incelemek ve o anı yaşamak amacıyla turistlerin doğal alanlara seyahat etmesidir. Bu çeşit turizmin önceliğinde ekosistemlerin ve ekolojik alanların korunması ile doğayla bütünlük içindeki devamlılık gelmektedir. Kentin kirli havası, gürültüsü ve özellikle de yeşil alan eksikliğinden biraz olsun kurtulup temiz hava almak, sakin bir ortamda doğa ile baş başa kalıp dinlenmek ve sonuçta yeniden yaşama sarılmak isteyenler için yaylalardaki rekreasyonel etkinlikler vazgeçilmezdir. Gedikli (1998) tarafından yapılan bir araştırmada, insanların özellikle sosyo-kültürel ve ekonomik düzeyleri arttıkça kentin gürültüsü, hava, su ve görsel kirliliği ile yetersiz açık yeşil alan gereksinimini karşılamak amacıyla doğal alanlarda vakit geçirme isteklerinin de arttığı bulunmuştur. Dolayısıyla, ekolojik turizme değer verilmesi ve yaygınlaşmasına etki eden birden fazla etmen olduğu, bu etmenlerin de birbirleriyle ilişkili olduğu söylenebilir. Aynı zamanda doğal alanların korunması, ekolojik dengenin sağlanıp sürdürülebilirliği açısından da önemlidir. Bu amaçla, ekolojik turizm alanlarının tespit edilmesi ve bu yönde çalışmalar yapılması, bölgesel ve yöresel kalkınmada ve refah düzeyinin artmasında etkili olacağı gibi, dengeli bir ekonominin gelişmesi noktasında da katkı sunacağı ifade edilmektedir. Tekin ve Kasalak (2014) tarafından yapılan bir araştırmada ekolojik turizme verilecek önem sayesinde yerli ve yabancı ziyaretçi sayısında artış olacağı ve bu artışın gelir potansiyelinin yükselmesine ve işletmelerin büyümesine doğrudan katkı sunacağı bulunmuştur. Kapsamlı ekolojik alanın bir parçası olan ekolojik turizm, tamamen doğanın denge ve yapısını bozacak müdahalelerden sakınılmasını amaç edinmiştir. Ekolojik turizm, doğal yapılarda meydana gelebilecek tahribatları önlemeye ve uzun dönemde ekonomik çıkarların gözetilmesini ön planda tutmaktadır. Ayrıca, bu turizm çeşidiyle, bireysel ve küçük çaplı gruplar halinde doğanın tanınmasına, yerel özellikleri hissederek keşfedilmesine olanak sağlanır. Kuter ve Ünal (2009) tarafından yapılan bir araştırmada, denetimli gezi turlarıyla gerçekleştirilen bu seyahatler sayesinde doğal alanlarda olabilecek tahribat ve çevresel bozulmaların en aza indirgenebileceği ortaya konulmuştur.

Ekolojik turizm 80'li yıllarda kullanılmaya başlanmışsa da ilk tanımı 1990 yılında Uluslararası Ekoturizm Topluluğu tarafından yapılmıştır. O yıllarda ekolojik turizm; çevreyi koruyan ve yerel halkın refahını artıran doğal alanlara sorumlu seyahat olarak tanımlanmaktaydı (Ergün, 2022). Fakat 1990'lı yıllarda artan etkinlikler sonucu tanımı daha genişletilerek genellikle korunan, hassas ve bozulmamış alanlarda yapılan ve çoğunlukla küçük ölçekli olması amaçlanan seyahat olarak tanımlanmıştır. Günümüzde ise; doğanın, geçmişini ve günümüzdeki her an oluşan çevresel oluşumları izlemek, zevkine varmak, beğenmek, ruhsal arınmak amacıyla doğal alanlara seyahat etmek veya onları ziyaret etmekten oluşan, korumayı teşvik eden, yerel halk için sosyo-ekonomik yönden faydalı, çevreyi koruma ve bu yöndeki sorumluluk bilinci yüksek olan bir turizm olarak tanımlanabilir. Doğal alanlara seyahat edenin çevre hakkında bilgilenmesine yardımcı olur, doğal çevrenin korunmasına maddi açıdan destek verir ve her şeyden önemlisi farklı kültürlere, insanlara ve diğer canlılara saygıyı, kısacası var olan tüm canlıların güzelliğini görüp, inceleyip, özümseyerek yaşama hakkının olması bilincine varabilir. Her an doğanın gizemli müziklerini içinde hissederek, eşsiz manzara tablolarını seyrederek ruhuyla baş başa kalabileceği, yaşamla muhakemesini yapıp, negatif enerjilerden uzaklaşarak pozitif enerjiyle tazelenebileceği ve elbette ki yeniden güçlenip yaşama bağlanabileceği bir ortamda bulunabilir.

Ekolojik turizmin doğaya zarar vermeden gerçekleştirilmesi amacıyla yerine getirilmesi gerekenler, Dünya Turizm Örgütü (UNWTO) tarafından belirlenmiştir. Bunlar;

-Ekolojik turizmin doğal ve geleneksel çevreye verdiği tahribatın en alt düzeye indirilmesi,

-Turistler ve yerel halkın bilinçlenmesi amacıyla, doğanın ve geleneksel sosyo-kültürel çevrenin korunmasına yönelik eğitimin verilmesi,

-Ekolojik turizmin yerel halkın ihtiyaçlarını karşılayan, yerel yönetim ve halkla işbirliği içinde gelişen sorumlu bir ticaret olarak özendirilmesinin sağlanması,

-Yönetimlerce, koruma kapsamındaki doğal ve sosyo-kültürel alanların yönetimi için ekonomik açıdan kaynak ayrılması,

-Ekolojik turizm faaliyetlerinin doğaya verebileceği zararların en alt düzeye indirilmesi amacıyla sosyo-kültürel ve doğal çevreye yönelik uzun vadeli takip ve değerlendirme programlarının hazırlanıp, desteklenmesi,

-Turizmin yerel halkın geçimine katkıda bulunmasını sağlayacak şekilde geliştirilmesine yönelik programların hazırlanması ve uygulanması,

-Çevreyle uyumlu, doğal ve geleneksel sosyo-kültürel yaşamla iç içe, yöresel bitki örtüsünü ve yaban hayatını koruyan turizmin altyapı yatırımlarının gerçekleştirilmesi şeklindedir (Kılıç Benzer, 2006; Kunter & Unal, 2009; Kaypak, 2010; Tetik, 2012; Ergün, 2022).

Doğanay ve Orhan (2014) tarafından Artvin İli Şavşat İlçesi'nin köy yerleşimlerinin (Maden Köyü de dahil) ekolojik, yerel, kültürel ve kırsal mimarisiyle ilgili veriler elde edilerek başlıca sorunlarına dikkat çekilmiştir. Orhan

(2014a) tarafından Artvin ili Şavşat ilçesindeki Bazgiret (Maden Köyü) Köyü'nün ekolojik turizm çekiciliği açısından vurgu yapmak üzere köyün tarihi, kültürel ve sosyal yönleri araştırılmıştır. Orhan (2014b) tarafından Artvin ilinin sosyal ve beşeri açıdan belirlenmesi amacıyla iklimsel, hidrografik, toprak, doğal bitki örtüsü, nüfus ve yerleşim özellikleri araştırılmıştır. Tırnakçı (2017) tarafından Artvin Şavşat ilçesinin ekolojik turizm potansiyelini belirlemek üzere doğal, sosyal ve kültürel yapısıyla ilgili veriler elde edilmiştir. Orhan ve Doğanay (2017) tarafından Artvin Şavşat ilçesinin ekolojik turizm açısından değerlendirmesi yapılmıştır. Gümüş ve Kishalı (2018) tarafından tarihi öneme sahip yöresel kalıtımın devamlılığında Göynük Hisarözü köyü kültürel, sosyal, mimari ve ekolojik açıdan incelenmiştir. Hacıoğlu (2019) tarafından Artvin ilinin kırsal turizm potansiyelinin belirlenmesine yönelik Artvin ilinin kırsal ekolojik turizm açısından olumlu ve olumsuz taraflarıyla ilgili bir araştırma yapılmıştır. Albayrak ve Yılmaz (2020) tarafından kırsal mimarinin sürdürülebilirliği amacıyla Artvin Şavşat ilçesi, ekolojik açıdan incelenmiştir. Akyol (2020) tarafından Artvin destinasyon örneğinde Doğu Karadeniz'de ekolojik turizm potansiyeli incelenmiş ve bu yörenin önemi vurgulanmıştır. Albayrak ve Yılmaz (2022) tarafından Artvin yaylacılık kültüründe doğa ile uyumlu yaşama ve fiziksel çevrenin sürdürülebilir kullanımıyla ilgili ekolojik veriler sunulmuştur. Keskin (2022) tarafından Artvin ekolojik turizminde İbrikli İskelesi'nin göl, doğa ekolojik turizm potansiyelini belirlemede sosyo-kültürel, coğrafi ve ekolojik özelliklerine vurgu yapılmıştır. Dağdelen ve Çinbilgel (2022) tarafından birçok doğal, tarihi ve kültürel zenginliğe sahip olan İbradı İlçesi'nin ekolojik turizm potansiyeli ile yöre halkının ekolojik turizme yönelik algısı ve tutumları araştırılmıştır. Çorbacı vd. (2022a) tarafından inanç turizmi örneğinde doğal, kültürel ve tarihi öneme sahip turizm alanlarının geçmişin sosyo-kültürel ve etnik yapılarını yansıtan önemli ekolojik alanları vurgulamak üzere Diyarbakır Hz.Süleyman Camii ve çevresi incelenmiştir. Çorbacı vd. (2022b) tarafından doğal ve kültürel faktörlerin ekolojik turizm açısından önemini vurgulayarak Rize Ziraat / Botanik Çay Bahçesi örneğinde veriler sunulmuştur. Eruz (2023) tarafından Doğu Karadeniz dağlarından Ağaçbaşı, Barma ve Yılantaş yüksek rakım turbalıklarının coğrafi, iklimsel ve ender görülen ekolojik özelliklerinin tanıtımı yapılmış ve doğal miras açısından korunması gerektiği vurgulanmıştır.

Ekolojik turizm; genellikle öğrenme, eğlenme, dinlenme ve negatif enerjilerden arınıp yeniden canlanma yenilenme ve yaşama bağlanmayı sağlayabilen aktivitelerden oluşmaktadır. Bunlardan botanik ve yaban hayatı gözlemleme doğal yaşamı öğrenmeye dayalı etkinlikler iken, dağcılık, bisiklet kullanma, atlı doğa yürüyüşü ve yamaç paraşütü gibi etkinlikler spor ve eğlenmeye yönelik doğa etkinliklerindendir. Ekolojik turizm kapsamında botanik etkinlikleri, yaban hayvan gözlemciliği, doğada yürüyüş ve fotoğrafçılık, geleneksel tarım ve çiftlik etkinliklerini izlemek ve yapmak, doğal oluşan mağaraları ziyaret gibi faaliyetler yer almaktadır. Örneğin, dağcılıkta heyecan verici spor etkinlikleri (yürüme, tırmanma vb.) yapılırken fiziksel yorgunluk olsa da ruhun ve zihnin arınıp temizlenmesi sağlanabilmektedir. Bu turizm türünü cazip hale getirmek üzere ilgi çekici yol rotaları (mevcut doğa ve tarihi değere sahip kültürel miras kapsamındaki geleneksel yapıları içeren) oluşturulmaktadır. Konaklayarak yapılan uzun süreli (bir iki geceli ya da daha fazla süreli) dağcılık etkinliklerinde konaklama ihtiyacını karşılamak üzere bir alternatif olarak mevcut yerel miras özelliği taşıyan ve kullanılmayan yayla konutlarından yararlanılabilmektedir. Böylece ziyaretçilerin doğal ortamları keşfetmesine, yeni kültürlerle tanışmasına ve temiz havayla buluşmasına olanak tanınırken sessiz bir ortamın verdiği huzuru da tatmaları sağlanmaktadır. Diğer bir alternatif ise, uygun göl ve dağ eteklerinde kendi imkanlarıyla (çadır ve karavan gibi hareketli konaklama üniteleriyle) oluşturdukları konaklama türüdür. Çeşitli mağaralar, vadiler ve boşluklar gibi yer altı sularıyla şekillenen ilginç doğal alanlar kültürel rota kapsamında ilgi çekici hale getirilmektedir. Tarım ve çiftlikler ziyaret edilerek, yöresel çiftçilik teknikleri ve uygulamaları keşfedebilmektedir. Göl ve nehir gibi sulak alanlarda, ağaç ve bitkilerden oluşan kara ormanlık alanlarında avcılık faaliyetleri gerçekleştirebilmektedir. Turistler bir taraftan doğal alanlarda gezinirken aynı zamanda bu alanlara özgü yabani hayvan türlerini de gözlemlemektedir. Doğal ve kültürel mirasın sürdürülebilirlik kavramı, UNESCO tarafından 1972'de Dünya Kültürel ve Doğal Mirasın Korunması Sözleşmesi kapsamında kabul edilmiştir (UNESCO, 1972; Bayram, 2021). Bu sözleşmeye göre kültürel mirasın kapsamı:

-Anıtsal yapılar diye ifade edilen; nitelikli ve özgün evrensel değerlere sahip mimari yapılar ve çalışmalar, anıtsal öğeler, mağara yapıları, tarih, sanat, bilim gibi üstün değerlere sahip varlıklar bütünü,

-Kendine özgü mimarisiyle, birliktelik ve homojenliğiyle veya sahip olduğu kültürel peyzaj değerleriyle tekil veya bitişik, bağlantılı bina toplulukları; tarih, sanat, bilim gibi üstün değerlere sahip bina grupları,

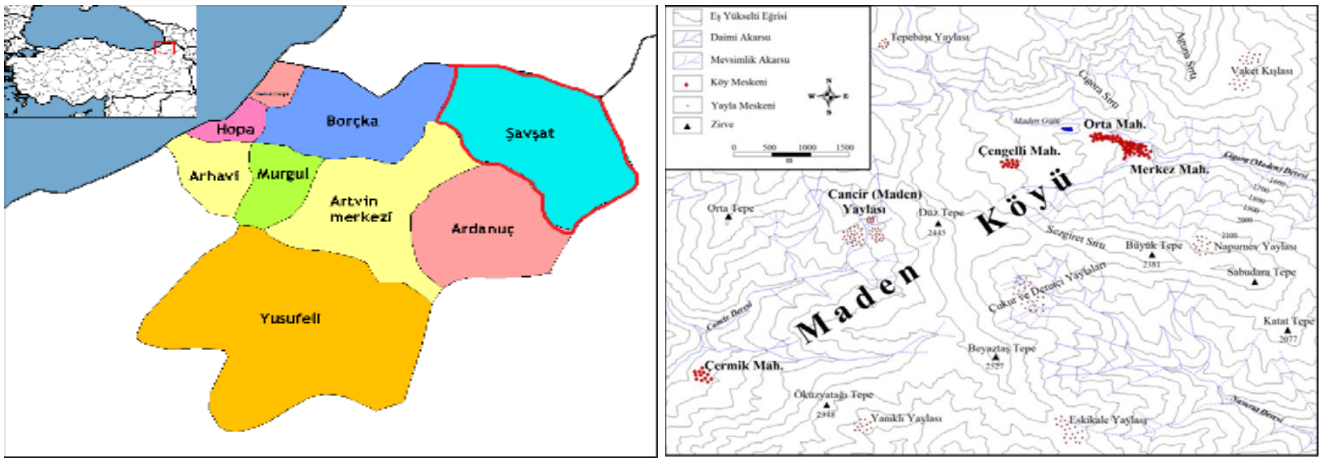
-Bireylerin veya hem bireylerin hem de doğanın etkileşimi sonucu oluşmuş üstün değerlere sahip estetik, antropolojik, tarihi, etnolojik nitelikleri barındıran arkeolojik alanlardır (UNESCO, Madde 1, 1972). Bu sözleşmeye göre doğal ve kültürel mirasın kapsamı somut değerlerden oluşurken daha sonraki süreçlerde somut olmayan kültürel miras değerleri de konuya dahil olmuştur. Doğal ve kültürel mirasın sürdürülebilirlik kavramı, 1987 yılında Çevre ve Kalkınma Komisyonu'nun yayınladığı raporda; "Bugünün ihtiyaç ve gereksinimlerini, gelecek

nesillerin de kendi gereksinimlerini karşılayabilme yetisinden taviz vermeksizin karşılamaktır" diye tanımlanmıştır (Tosun, 2009; Bayram, 2021). Bu doğrultuda sosyo-kültürel mirasın kaybolup unutulmadan geleceğe aktarılması, bu değerlerin korunup geliştirilmesi, doğal çevrenin dikkatli kullanılmasıyla ekolojik dengenin bozulmaması ve böylece sürdürülebilirliğinin sağlanması mümkündür. Doğal ve sosyo-kültürel değerler; toplumun kültürel, tarihsel, bilimsel ve sosyal yaşantısı ile doğal flora ve faunası hakkında bilgi vermesi ve geçmişin ürünleri olmasından dolayı insanların dikkatini çekmektedir. Bu doğrultuda doğal ve kültürel mirasa sahip olan dağlık alanlar, yaylalar, vb. gibi kırsal yerleşmeler, kültürel ekolojik turizme uygun nitelikte çalışmalarla turist ağırlamaya başlayacaktır. Bu da o alandaki doğal ve kültürel mirasın korunması ve bu değerlerin tanıtımının yapılmasıyla mümkündür. Böylece hem doğal ve kültürel miras değerleri hem de yerel halk, sürdürülebilirlik bağlamında birbirine uyum içinde yaşamlarını devam ettireceklerdir. Bu çalışmada Maden köyünün özgün doğal, ekolojik ve kültürel değerlerinin belirlenip tanıtımının yapılması, mevcut durumundaki sorunlarına dikkat çekerek yöresel mirasın acilen korunması gerekliliği ortaya koyulmuştur.

MATERYAL VE METOT

Araştırmanın materyalini Maden köyünün doğası, (var olan bitkiler, jeolojik yapısı vb.) ve yöresel geleneksel yapılar oluşturmaktadır. Mevcut durumdaki verilerin tespit edilmesi için yerinde yapılan gözlem, inceleme ve fotoğraflama yönteminden yararlanılmıştır.

Çalışma alanı hakkında genel bilgiler: Artvin ili, Şavşat ilçesine bağlı olan köyün, eski ismi Bazgiret, yeni ismi Maden Köyü'dür. İlçe merkezine uzaklığı 35 km olup, yerleşimin rakımı 1700 m ile 1900 m arasındadır (Orhan, 2014a) (Şekil 1).



Şekil 1. Şavşat İlçesi (https://en.wikipedia.org) ve Maden Köyü Konumu (Orhan 2014b) Erişim tarihi 19.09.2024
Figure 1. Location of Şavşat District (https://en.wikipedia.org) and Bazgiret Village (Orhan 2014b) Erişim tarihi 19.09.2024

BULGULAR

Bu çalışmada yüksek rakımlı Maden Köyü'nün muhteşem fiziksel ve ekolojik özelliklerinin etkisiyle sonsuzluğa, derinliğe, sakinliğe, duruluğa ve arınmışlığa katkı sağlayan doğal yapısı, geleneksel sosyo-kültürel yaşam tarzı-konut mimarisi hakkında veriler elde edilmiştir.

Tarihsel gelişimi: Maden köyünün ilk yerleşim alanı, Çağlayan- Maden yolu üzerindeki Sazgirel sırtında gözetleme ya da dini amaçlı inşa edilmiş kalenin çevresinde yer almaktadır. Günümüzde Maden köyü kalesi, yalnızca temel kalıntılarına sahip bir yığın görünümündedir (URL 1). Maden köyünün adı; vadide yetişen çalılık, çiçeklik anlamına gelen Bazgiret bitki örtüsünden esinlenerek verildiği tahmin edilmektedir (URL 2). Günümüzde ise adını, köyün içinde yer alan maden yataklarından almış olup, Maden Köyü olarak bilinmektedir. Tarih boyunca farklı dönemlerde işletilen maden yatakları, son 40 yıldan beri kullanılmamaktadır.

Coğrafi konumu: Maden köyü, Düz Tepe ve Büyük Tepe ile Cigora ve Agona Sırtı ile çevrelenmiş bir dağ köyü karakterine sahiptir. Köyün merkez mahallesi ve orta mahallesi, Maden Deresi'nin güneyindeki sırtın yamacında inşa edilmiştir. Maden köyü; Merkez Mahallesi, Orta Mahalle, Çengelli Mahallesi ve Çermik Mahallesi olmak üzere dört mahalleden oluşmaktadır. Bunlardan Merkez Mahallesi, Orta Mahalle ve Çengelli Mahallesi köyün merkezi yerleşimini oluştururken, Çermik mahallesi köyün merkezine yaklaşık 13 km uzaklıkta yer almaktadır. Köy yerleşim alanına yaklaşık 8 km uzaklıkta olan Cancir yaylası, ortalama 2150m yüksekliktedir. Her iki yerleşme arasında 2445m yükseltiye sahip Düz Tepe bulunmaktadır. Maden Köyü, Karçal Dağları'nın en yüksek yerini oluşturan 3415m deki Karçal zirvesinin kuş uçuşu yaklaşık 8-10 km batısındadır (Orhan, 2014a).

İklim: Köy ve çevresinde çoğunlukla Karadeniz Bölgesi'nin iklimi egemen olmakla birlikte, merkeze doğru gidildikçe Doğu Anadolu Bölgesi ikliminin etkileri yaşanmaktadır. Köy, aşırı eğimli dağlık araziye sahip ve bol yağışlı olmasından dolayı muhteşem doğal şelaleler ile göllere sahiptir. Özellikle köyün içindeki Maden Gölü, alanın doğal güzelliklerine ayrı bir çekicilik katmaktadır (Şekil 2).

Flora ve fauna: Köy ve çevresi kendine özgü zengin bitki ve hayvan çeşitliliğine sahiptir (URL 1). Buranın karakterini yansıtan çok çeşitli bitki, çalı ve çiçeklerin yetişmesine olanak tanımaktadır. Genellikle soğuk iklimlerde yetişen *Fritillaria sp.* (ters lale), *Paeonia sp*. (şakayık) ve *Lilium monadelphum* (bey zambağı) adlı doğal miras açısından oldukça değerli çiçekler burada da bulunmaktadır (Şekil 3 ve 4).

Şekil 2. Maden gölünden görünüşler.
Figure 2. Views from the mine lake.

Şekil 3. *Paeonia sp.* (şakayık), *Fritillaria sp*. (ters lale), *Lilium monadelphum* (bey zambağı) (Tüfekçioğlu, 2024)
Figure 3. *Paeonia sp.* (peony), *Fritillaria sp.* (inverted tulip), *Lilium monadelphum* (lily of the lord) (Tüfekçioğlu, 2024)

Şekil 4. Maden köyünde doğal çiçeklerden kesitler (Rhododendron luteum, Sweet, Helichrysum arenarium, Medicago arborea, vb)
Figure 4. Sections of natural flowers in Maden village (Rhododendron luteum, Sweet, Helichrysum arenarium, Medicago arborea, vb)

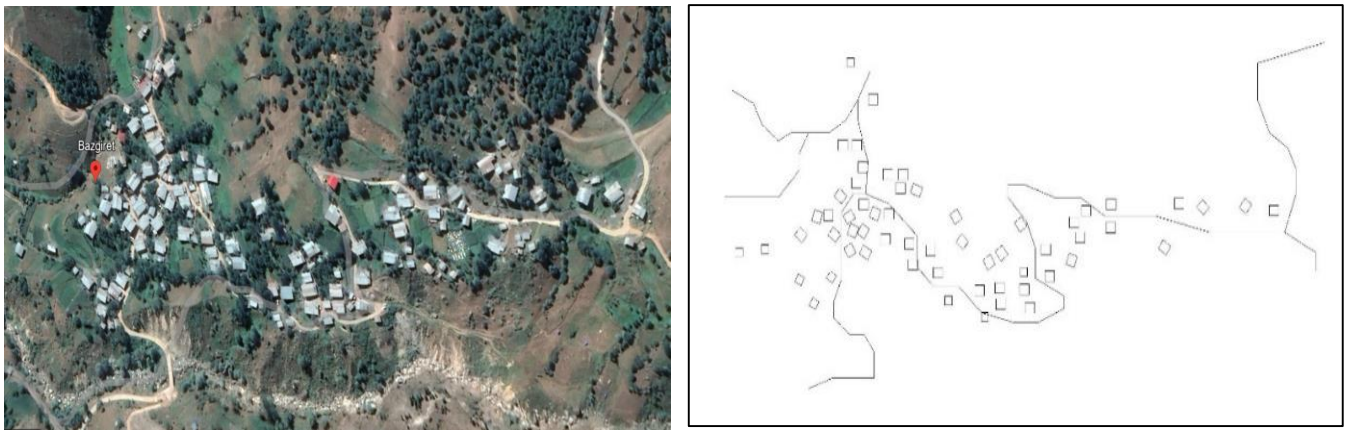
Maden Köyü, üç tarafı kayalarla çevrili ve ormanlarla kaplı bir vadide şekillenmiştir. Vadi alanının güney tarafında Büyük Tepe ve Sezgiret Tepesi bulunmaktadır. Bu tepelerin yamaçları çoğunlukla *Abies nordmanniana (Steven) Spach* (göknar) ve *Picea orientalis sp.* (ladin) Peterm ağaçlarının hakim olduğu iğne

yapraklı ağaçlardan oluşan gür ormanlarla kaplıdır. Yerleşimin diğer alanlarındaki ormanlar, küçük gruplar halinde oluşmuştur. Bu küçük orman gruplarında *Abies nordmanniana (Steven) Spach* (göknar) ve *Picea orientalis sp.* (ladin) Peterm ağaçlarının dışında az da olsa *Pinus sylvestris* (Sarıçam) yer almaktadır. Köy yerleşiminin özellikle batı yamacındaki ormanlar gittikçe azalmaktadır. Bu azalmanın nedenleri arasında burada yaşayan yerel halkın yakacak odun temin etme ihtiyacın karşılamak ve tarım arazisi oluşturmak amacıyla ağaçları kesmek zorunda olduğu söylenebilir (Şekil 5).

Şekil 5. Maden köyünün yerleşimi ve yakın çevresinden görüntüler
Figure 5. Images of the settlement of Maden village and its immediate surroundings

Geleneksel sosyal yapı: Maden köyünde yaşayan Gürcü kökenli Türk vatandaşları, Gürcüce dilini hala kendi aralarında kullanmakta olup, bu özgünlüklerini yitirmemişlerdir. "Mariyoba" adı verilen yayla şenliği de yine gelenek ve görenekleriyle bozulmadan günümüze kadar gelmiş önemli bir sosyo-kültürel etkinlik türüdür. Bu yayla şenliği, köyün Maden (Cancir yaylası) yaylasında, ağustos ayının'un ilk veya ikinci hafta sonuna denk getirilerek gerçekleştirilir. Son yıllarda bu etkinliğe katılım oranı oldukça yüksektir. Geçim kaynağı tarım ve hayvancılıktır.

Geleneksel konut özellikleri: Yerleşme ölçeğinde Maden köyü, aşırı engebeli bir arazi yapısına sahip olmasından dolayı mahalleler arasındaki uzaklık fazladır. Köyün tümüne bakıldığında gruplar halinde yerleşim dokusu egemendir. Yapı ölçeğinde araziye yerleşim açısından konutlar gruplar halinde olup çevrelerinde bahçeler yer almaktadır. Konum açısından konutlar, eğime dik olarak yerleştirilmiştir. Konutlar iki kattan oluşmaktadır. Genellikle ocak, soba, tandır gibi birimlerin yer aldığı bölüm taş döşeme olarak yapılmış, geriye kalan bölümler ise ahşap döşeme ile kaplıdır. Girişte çoğunlukla ahşaptan yapılmış bir giriş sofası yer almaktadır. Giriş sofasına zemin katta bir ahşap merdivenle ya da rampayla çıkılmaktadır. Sofanın kenarları ahşap, çapraz kafeslerle oluşturulmuş korkulukla çevrilmiştir. Konutlarda ahşap yığma sistem ağırlıktadır (Şekil 6,7,8,9).



Şekil 6. Maden köyü yerleşimi (Google earth), Maden gruplar halinde yerleşme
Figure 6. Maden village settlement (Google earth), Maden is a settlement in groups

Şekil 7. Maden köyündeki konutların araziye yerleşme görüntüleri
Figure 7. Images of the settlement of houses in Maden village on the land

Şekil 8. Maden köyündeki mereklerden örnekler.
Figure 8. Examples of the mereks in Maden village.

Şekil 9. Köy konutları ve iki yöne eğimli, saç kaplamalı çatı görüntülerinden örnekler.
Figure 9. Examples of images of village houses and two-way sloped, sheet metal-coated roofs.

TARTIŞMA VE SONUÇ

Bu araştırmada yüksek rakımlı Maden Köyü'nün olağanüstü fiziksel ve ekolojik özelliklerinden dolayı sonsuzluk, sakinlik, berraklık, arınmışlık ve duruluk adeta başka yaşamlara sürükleyen gizemli havasını solumak amacıyla, doğal güzellikleri, kültürel yapısı, geleneksel yaşam tarzı, geleneksel konut mimari ve yapısında kullanılan ahşap malzemesi ve işçiliği incelenmiştir. Kaypak (2012) tarafından ekolojik turizmin sürdürülebilir kırsal kalkınmadaki yeri ve önemi hakkında bilgi verilmiş ve bu konudaki farkındalığın artmasına vurgu yapılmıştır. Çorbacı (2014) tarafından Amasra örneğinde doğal ve kültürel peyzaj değerleri analiz edilerek ekolojik planlamadaki kriterler ortaya konulmuştur. Akyol vd. (2014) tarafından Artvin ili Arhavi ilçesinin tarihi, kültürel ve yöresel değerleri ile bozulmamış doğal yapısıyla ekolojik turizm potansiyeli belirlenmiştir. Bu çalışmada ise erişilmesi oldukça zor yüksek rakımlı dağlık alandaki Maden Köyü'nün ekolojik turizme kazandırılması amacıyla, olağanüstü gizemli doğal ve kültürel değerleriyle ayrıcalıkları belirlenmiştir. Genellikle Maden köyündeki yerli halk, konutlarını kendi imkanları ölçüsünde geleneksel yöntemlerle onarıp korumaya çalışmaktadır. Geleneksel konutlar, ahşabın olağanüstü şekillendirilip mimari ve süslemelerinde özgün kullanıldığı bir kültürel miras örneğidir. Bu denli önemli değere sahip yerleşmenin bütünüyle korumaya alınıp yapıların acilen restorasyonlarının yapılması gerekmektedir. Oluşturulacak konaklama birimlerinde yerel mimarinin karakteristik özellikleri dikkate alınmalıdır. Mevcut yayla konutlarının özgünlüğünü korumak şartıyla modernize edilerek kullanıma açılabilir. Temiz su yönünden zengin olan bölgede; suyun konut içine taşınması sağlanmalıdır. Aydınlatma elemanları, elektrik ve haberleşme (telefon, faks, uydu sistemi) sistemleri de konutların gereksinimleri arasında yer almaktadır. Maden Köyünün yerleşim alanının heyelan bölgesinde olması sebebiyle zeminde kaymaların olduğu tespit edilmiştir. Bu mimari ve kültürel değerlerin özenle değerlendirilip gelecek nesillere aktarımının sağlanması amacıyla zemin etüdlerinin yapılıp güçlendirilmesi gerekmektedir. Köye gelen ziyaretçilerin çevreye zarar vermeyecek şekilde bilgilendirilmesi gerekmektedir. Nitekim yapılan incelemelerde günübirlik ve kamp kurup geceleyen kullanıcılar tarafından çevrenin tahrip edildiği, kullanılan ve doğada kısa sürede çözünüp yok olmayan katı atıkların ve çöplerin yerlere atılmasıyla doğaya ekolojik açıdan zarar verildiği tespit edilmiştir. Ayrıca, bu olumsuz görüntüler görsel kirliliğe de sebebiyet vermektedir.

Sonuç olarak; doğa yürüyüşü yapabilme, yayla yaşamını teneffüs edebilme, yerel tarihi ve kültürel eserleri görebilme, yaban hayatı gözleme ve gizemli tepe ve vadilerden doğal güzellikleri seyredebilme ve fotoğraflama, doğal müzik terapisi yapabilme, sinir sistemini rahatlatıcı ve ruhu tazeleyip yeniden yaşam sevinci kazanabilme amacıyla doğal ve kültürel etkinliklerin günübirlik, hafta içi ya da hafta sonu daha fazla süreli gerçekleştirilebileceği bu muhteşem alan, ekolojik turizme kazandırılabilir. Dolayısıyla, Maden Köyü'ne ait doğa ve yapı ilişkisindeki dengenin sağlanması için tasarım ve uygulama ölçütlerinin belirlenmesi, koruma amaçlı imar planlarının yapılması, yerel yönetim ve halk işbirliğiyle alan yönetim planlarının hazırlanması ve uygulanması önerilmektedir.

KAYNAKLAR

Akyol, C. (2020). *Doğu Karadeniz turizminin geliştirilmesine yönelik bir araştırma: Artvin destinasyon örneği*, Sakarya Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Sakarya, Türkiye, 149 s.

Akyol, C., Güner, S., Oğan, Y., Aydın, E., vd. (2014). Kırsal alanların turizm potansiyelinin belirlenmesi-Artvin ili Arhavi ilçesi örneği. *Atatürk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, ***18***(1), 249-271.

Albayrak, L. & Yılmaz, C. (2020). Kültürel miras bağlamında geleneksel kır mimarisinin yaşatılmasına bir örnek: Bahçeciler evi (Şavşat, Artvin). *Ondokuzmayıs İnsan Bilimleri Dergisi*, 1-2, Aralık, Samsun.

Albayrak, L. & Yılmaz, C. (2022). Artvin yaylacılık kültüründe kadının yeri ve yerel ekolojik bilgi. *Türk Dünyası Araştırmaları, **130***(257), 383-406.

Bayram, F. (2021). *Çavdarhisar yerleşimi kültürel miras değerlerinin korunması ve tanıtılması açısından öğrencilerin farkındalığına ilişkin bir durum çalışması, Kütahya Çavdarhisar Mesleki ve Teknik Anadolu Lisesi örneği*. Eskişehir Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Eskişehir, Türkiye, 204 s.

Çorbacı, Ö.L., Oğuztürk, T., Oğuztürk, G.E., Üçok, M. & Aydın, F. (2022a). Diyarbakır Hz. Süleyman Camii'nin inanç turizmi açısından değerlendirilerek rekreasyonel olanaklarının belirlenmesi. *Journal of Academic Tourism Studies*, ***2***(2), 106-115.

Çorbacı, Ö.L., Oğuztürk, T., Oğuztürk, G.E., Üçok, M. & Aydın, F. (2022b). Doğal ve kültürel peyzaj değerinin turizm potansiyeline etkisi: Rize Ziraat/Botanik Çay Bahçesi örneği. *Journal of Humanities and Tourism Research, **12***(1), 56-67.

Çorbacı, Ö.L. (2014). *Doğal ve kültürel değerleri ile Amasra'nın peyzaj planlaması,* Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, Türkiye, 456 s.

Dağdelen, Ö. & Çinbilgel, İ. (2022). Yerel halkın ekoturizme yönelik algısı ve tutumları: İbradı Örneği (Local people's perception and attitudes towards ecotourism: The case of İbradı). *Journal of Tourism & Gastronomy Studies, **10***(4), 3262-3286.

Doğanay, H., & Orhan, F. (2014). Şavşat'ta geleneksel köy meskenleri ve başlıca sorunları. *Atatürk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, ***18***(1), 273-298.

Eruz, C. (2023). Natural heritages of the Southeast Black Sea Mountains: Agaçbaşı, Barma and Yılantaş High Altitude Peatlands, Trabzon, Türkiye. *Journal of Anatolian Environmental and Animal Sciences, **8***(3).

Ergün, B. (2022). *Ekoturizmde hizmet kalitesinin ölçülmesi: Gümüşhane örneği*, Gümüşhane Üniversitesi. Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Gümüşhane, Türkiye, 116 s.

Gedikli, R. (1998). *Kentlerde kişi başına düşmesi gereken yeşil alan büyüklüğünün değerlendirilmesinde kullanılabilecek matematiksel bir model önerisi: Trabzon örneği.* Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon, Türkiye, 205 s.

Gümüş, D., & Kishalı, E. (2018). Kırsal mirasın sürekliliği üzerine bir inceleme: Göynük Hisarözü köyü örneği. *İdealkent, **9***(25), 909-940.

Hacıoğlu, Y. (2019). *Bir destinasyon olarak bilinen Artvin ilinin kırsal turizm potansiyelinin belirlenmesine yönelik bir çalışma*. İstanbul Kültür Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, İstanbul, Türkiye, 99s.

Kaypak, Ş. (2012). Ekolojik turizm ve sürdürülebilir kırsal kalkınma. *Karamanoğlu Mehmetbey Üniversitesi Sosyal ve Ekonomik Araştırmalar Dergisi, **2012***(1), 11-29.

Kaypak, Ş. (2010). Ekolojik turizmin sürdürülebilirliği. *Uluslararası Alanya İşletme Fakültesi Dergisi*, ***2***(2), 93-114.

Keskin, M. A. (2022). Gelenekten geleceğe Artvin kültür turizminde İbrikli. *Folklor Akademi Dergisi, **5***(1), 141-152.

Kılıç Benzer, A. N. (2006). *Bolu-Göynük ve yakın çevresi doğal ve kültürel kaynaklarının ekoturizm açısından değerlendirilmesi*. Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, Türkiye, 296 s.

Kuter, N. & Ünal, H.E. (2009). Sürdürülebilirlik kapsamında ekoturizmin çevresel, ekonomik ve sosyo-kültürel etkileri. *Kastamonu University Journal of Forestry Faculty*, ***9***(2), 146-156.

Orhan, F. & Doğanay, H. (2017). Türkiye'nin sakin şehirlerinden biri olan Şavşat'ın turizm potansiyelinin belirlenmesi ve değerlendirilmesi. *Iğdır Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi,* (12), 303-326.

Orhan, F. (2014a). Kırsal turizm çekicilikleri yönünden Maden Köyü ve yaylası (Şavşat). *Doğu Coğrafya Dergisi, **19***(32), 101-122.

Orhan, F. (2014b). *Şavşat'ın beşeri ve ekonomik coğrafyası.* Atatürk Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Erzurum, Türkiye, 465 s.

Tekin, M. & Kasalak, M. A. (2014). Ekoturizm girişimciliğinin bölgesel kalkınmadaki rolü. *Selçuk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, (32), 129-136.

Tetik, N. (2012). *Turist rehberlerinin ekoturizm alanındaki yeterlilikleri: Doğu Karadeniz Örneği*. Balıkesir Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Balıkesir, Türkiye, 419 s.

Tırnakçı, A. (2017). Kırsal peyzaj kimliğinin sürdürülebilirliği ve yavaş şehir (cittaslow) hareketi: Artvin-Şavşat Örneği, Paradoks: *The Journal of Economics, Sociology ve Politics, **13***(1).

Tosun, K.E. (2009). Sürdürülebilirlik olgusu ve kentsel yapıya etkileri, *Sosyoloji ve Politika Dergisi (e-dergi), **10***(2).

Tüfekçioğlu, A. (2024). Aydın Tüfekçioğlu fotoğraf arşivinden.

UNESCO. (1972). "Dünya Kültürel ve Doğal Mirasın Korunması Sözleşmesi". 14.02.1983 tarih ve 17959 sayılı Resmî Gazete.

URL. 1. https://www.savsat.bel.tr/tr/koy/622affa52bf26b0ea877ef4f/maden-koyu-bazgiret Erişim tarihi 19.09.2024

URL. 2. https://www.savsat.bel.tr/tr/p/62b30e923b092e0bd66f43b7/maden-bazgiret-koyu Erişim tarihi 19.09.2024

Journal of Anatolian Environmental and Animal Sciences
(*Anadolu Çevre ve Hayvancılık Bilimleri Dergisi*)
DOI: https://doi.org/10.35229/jaes.1533333

JAES
Year: 9, No: 4, 2024 (785-794)
AÇEH
Yıl: 9, Sayı: 4, 2024 (785-794)

ARAŞTIRMA MAKALESİ **RESEARCH PAPER**

Monitoring Sea Level Changes Along the Coast of Rize, Turkey Throughout the Year

Veli SÜME[1] **Hasan Oğulcan MARANGOZ**[1]*
[1]*Recep Tayyip Erdogan University, 53100, Rize, Türkiye*

Received: *14.08.2024* ***Accepted:*** *23.12.2024* ***Published:*** *31.12.2024*
How to cite: **Süme, V. & Marangoz, H.O. (2024).** Monitoring sea level changes along the coast of Rize, Turkey throughout the year. *J. Anatolian Env. and Anim. Sciences, 9*(4), 785-794. https://doi.org/10.35229/jaes.1533333
Atıf yapmak için: **Süme, V. & Marangoz, H.O. (2024).** Rize, Türkiye Kıyılarında Deniz Seviyesi Değişimlerinin Yıl Boyunca İzlenmesi. *Anadolu Çev. ve Hay. Dergisi, 9*(4), 785-794. https://doi.org/10.35229/jaes.1533333

*: https://orcid.org/0000-0003-0215-6159
: https://orcid.org/0000-0001-8251-2461

***Corresponding author's:**
Hasan Oğulcan MARANGOZ
Recep Tayyip Erdogan University, 53100, Rize, Türkiye
✉: hasanogulcan.marangoz@erdogan.edu.tr

Abstract: Global climate change is leading to significant environmental challenges, with sea level rise being one of the most critical. This study focuses on monitoring sea level changes along the Rize coastline in Turkey, a region particularly vulnerable due to its high rainfall and strategic location along the Black Sea. Data from mareograph stations located at İyidere, Çayeli, and Riport Port were collected throughout 2020, providing a detailed analysis of sea level fluctuations. The study used time-series analysis to interpret these changes and identify their relationships with local meteorological factors such as rainfall and atmospheric pressure. The findings reveal short-term fluctuations in sea level that correspond with periods of heavy rain, posing risks to coastal infrastructure and economic activities. While the data is limited to a single year, the study underscores the need for continuous monitoring and adaptive planning in response to local meteorological events and broader climate change trends. This research offers valuable insights for infrastructure planning and disaster management strategies in coastal areas like Rize, where the impacts of sea level rise are becoming increasingly pronounced.
Sea level rise, Climate change, Rize, Tide gauge, Coastal management, Meteorology

Keywords: Sea level rise, climate change, Rize, tide gauge, coastal management, meteorology.

Rize, Türkiye Kıyılarında Deniz Seviyesi Değişimlerinin Yıl Boyunca İzlenmesi

***Sorumlu yazar:**
Hasan Oğulcan MARANGOZ
Recep Tayyip Erdoğan University, 53100, Rize, Türkiye
: hasanogulcan.marangoz@erdogan.edu.tr

Öz: Küresel iklim değişikliği, deniz seviyesindeki yükselme gibi ciddi çevresel sorunlara yol açmaktadır. Bu çalışma, Karadeniz kıyısında yer alan Rize sahil şeridi boyunca deniz seviyesindeki değişimlerin izlenmesine odaklanmaktadır. Yoğun yağış alan bu bölge, coğrafi konumu nedeniyle iklim değişikliklerine karşı savunmasızdır. İyidere, Çayeli ve Riport Limanı'nda bulunan mareograf istasyonlarından 2020 yılı boyunca elde edilen veriler kullanılmış ve deniz seviyesindeki dalgalanmalar ayrıntılı olarak analiz edilmiştir. Bu değişimler, yerel meteorolojik faktörler (yağış, atmosfer basıncı gibi) ile ilişkilendirilmiş ve zaman serisi analizi kullanılarak yorumlanmıştır. Bulgular, yoğun yağış dönemlerinde deniz seviyesinin kısa vadeli dalgalanmalar gösterdiğini ve bunun kıyı altyapısı ile ekonomik faaliyetler için riskler oluşturduğunu ortaya koymaktadır. Verilerin yalnızca bir yıl ile sınırlı olmasına rağmen, çalışma yerel meteorolojik olaylar ve daha geniş iklim değişikliği eğilimlerine yanıt olarak sürekli izleme ve uyumlu planlama gerekliliğini vurgulamaktadır. Bu araştırma, deniz seviyesindeki yükselmelerin etkilerinin giderek daha belirgin hale geldiği Rize gibi kıyı bölgelerinde altyapı planlaması ve afet yönetim stratejileri için önemli bulgular sunmaktadır.

Anahtar kelimeler: Deniz seviyesi yükselmesi, iklim değişikliği, Rize, mareograf, kıyı yönetimi, meteoroloji.

INTRODUCTION

Global climate change has become an increasingly significant concern worldwide in recent years and has emerged as one of the most critical environmental issues (IPCC, 2021). This change is largely due to the increase in greenhouse gases in the atmosphere. In particular, the rise in concentrations of gases like carbon dioxide (CO_2), methane (CH_4), and nitrous oxide (N_2O) is causing global temperatures to rise (NASA, 2020; NOAA, 2021). This situation is leading to the rapid melting of glaciers in polar regions, consequently resulting in a rise in sea levels (Greenland Ice Sheet Project, 2018; Antarctic Ice Sheet Study, 2019).

Turkey, a country surrounded by seas on three sides, is among the nations directly experiencing the effects

of these changes (Turkish State Meteorological Service, 2020). The rise in sea levels poses serious threats, especially for the population living in coastal areas, and negatively impacts economic activities in these regions (Turoğlu, 2017; Çakıcı, 2015). Coastal areas, characterized by high population density and intense economic activities, are significantly affected by such environmental changes (Demir, 2002; Yıldız, 2005). Structures in these regions, including residential areas, tourism facilities, agricultural lands, fishing harbors, and ports, are directly impacted by sea level changes, which could potentially lead to even greater problems in the future (Gürdal, 1998; Sezen, 2006).

Therefore, monitoring sea level changes and taking necessary precautions have become critical requirements for infrastructure and settlement projects in coastal areas (Simav, 2012; Süme, 2011). Particularly in regions with heavy rainfall, like Rize, it is crucial to closely monitor sea level changes (Baltacı, 2010; Polat & Sunkar, 2017). Monitoring and evaluating these changes in Rize is extremely important for both the sustainability of the local economy and the preservation of the community's quality of life (Dağ, 2007; Yalçın & Bulut, 2007).

Some recent studies have investigated the impacts of sea level changes in Turkey, particularly in its vulnerable coastal regions. Similarly, a study by Uludağ et al. (2021) focused on the Mediterranean coast, where rising sea levels and more frequent storm surges threaten key tourist areas like Antalya and agricultural regions. Çelik and Güler (2019) highlighted the Marmara Sea, particularly Istanbul, suggesting that sea level rise, combined with rapid urbanization, puts critical infrastructure at risk, including transportation networks and residential areas. Moreover, Yalçın et al. (2022) explored the Aegean coastline, where coastal erosion and saltwater intrusion are becoming more common, impacting agricultural lands and freshwater resources. These recent studies emphasize the growing need for Turkey to adopt adaptive strategies such as constructing coastal defenses and revising urban planning to mitigate the potential damage caused by sea level rise.

In this study, data obtained from mareograph stations established at İyidere Port on the Rize-Trabzon highway, Çayeli Port on the Rize-Artvin highway, and Riport Port in Rize Center were analyzed (Süme, 2007; TUDES, 2021). The data from these stations aim to reveal the trends in sea level changes over time and their relationship with meteorological events (Simav & Türkezer, 2011; Sezen, 2006). These analyses indicate that sea level changes are closely related not only to regional but also to global climate change (IPCC, 2019; Pugh, 2004)

***Factors Affecting Sea Level Changes*:** Sea level changes are caused by many different factors, which can be effective both globally and locally (Pugh, 2004; IPCC, 2021). On a global scale, factors such as climate change, tidal events, tectonic movements, and ocean currents lead to fluctuations in sea level, while local conditions can also significantly affect these changes (Pugh, 2004; Simav, 2012).

Water level changes are influenced by a complex interplay of global and local factors. On a global scale, climate change is a major driver, as the warming of the planet due to increased greenhouse gases leads to the melting of glaciers and ice caps, contributing to a rise in sea levels (IPCC, 2021). This is further compounded by thermal expansion, where warming water expands and raises sea levels (NASA, 2020). Tidal events, caused by the gravitational forces of the moon and the sun, generate predictable fluctuations in water levels (Pugh, 2004), while tectonic activities, such as undersea earthquakes or land subsidence, can cause sudden shifts, either raising or lowering sea levels (Simav, 2012).

Oceanographic factors also play a significant role. Ocean currents, variations in water temperature, and changes in salinity can lead to regional differences in water levels (Pugh, 2004). Warmer water expands, contributing to higher sea levels, and variations in salinity, due to freshwater input from melting ice or changes in evaporation, can affect water density and sea levels (Geymen & Dirican, 2016).

On a more local scale, meteorological factors such as atmospheric pressure, wind patterns, and precipitation are critical. Low atmospheric pressure systems, such as those associated with storms, can cause temporary sea level rises, known as storm surges (Polat & Sunkar, 2017). Wind can drive water towards coastlines, elevating local sea levels, while heavy rainfall can increase water volumes in rivers and coastal areas, leading to localized flooding (Simav, 2012). Additionally, human activities, including coastal development, land reclamation, and the construction of dams or sea walls, can alter natural water levels, either by directly modifying coastlines or disrupting natural water flow patterns (Sezen, 2006).

Tides are periodic events that cause the sea level to regularly rise and fall, and the gravitational forces of the moon and the sun form the basis of this process (Pugh, 2004; Turoğlu, 2017). The movement of the moon around the earth pulls the seas, causing the sea level to rise; when the moon moves away, the sea level drops again (Yıldız, 2005). While these events are particularly noticeable on ocean coasts, these effects can also be observed in countries surrounded by seas, like Turkey (Sezen, 2006; Gürdal, 1998).

Meteorological conditions are also among the significant factors affecting sea level (Polat & Sunkar, 2017). Changes in atmospheric pressure, the strength and direction of the wind, can cause temporary fluctuations in

sea level (Simav, 2012). For instance, low atmospheric pressure causes the sea level to rise, while high pressure leads to a drop in this level (Pugh, 2004). The force exerted by the wind over the sea can cause water to accumulate, especially in shallow areas, leading to coastal flooding (Demir, 2002).

Tectonic movements can cause sudden changes in sea level due to changes in the earth's crust (Simav, 2012). Undersea earthquakes can lead to the rapid rise or fall of sea levels (Demir, 2002). Countries like Turkey, located on active fault lines, are at greater risk of being affected by such tectonic events (TUDES, 2021). Additionally, vertical movements such as the uplifting or sinking of land masses can also trigger changes in sea level (Yıldız, 2005).

Oceanographic factors are among the other important causes of sea level changes. Ocean currents and changes in the physical properties of seawater, particularly fluctuations in temperature and salinity, can lead to significant changes in sea level (Pugh, 2004; Sezen, 2006). For example, an increase in seawater temperature can cause the water to expand, leading to a rise in sea level (Geymen & Dirican, 2016).

Global warming leads to the rise in global temperatures due to the increase in greenhouse gases accumulated in the atmosphere (IPCC, 2021; NASA, 2020). This situation causes glaciers in polar regions to melt, and the flow of melted glaciers into the seas contributes to rising sea levels (Greenland Ice Sheet Project, 2018; Antarctic Ice Sheet Study, 2019). Additionally, climate change can create short-term fluctuations in precipitation patterns and temperatures, leading to temporary changes in sea level (Turoğlu, 2017). For instance, excessive rainfall can temporarily raise sea levels, while drought periods can lead to a drop in sea levels (Polat & Sunkar, 2017).

Finally, human activities, particularly in coastal areas, can be a direct cause of changes in sea level (Gürdal, 1998). Filling works, port constructions, dams, and other structures in coastal areas can disrupt the natural balance of sea levels (Sezen, 2006). Furthermore, human activities such as fossil fuel use and deforestation increase greenhouse gas emissions, accelerating global warming and consequently contributing to the rise in sea levels (IPCC, 2021; NASA, 2020). The dominant factor influencing water level changes varies depending on the specific geographical context, but in general, climate change is considered the most significant overarching driver. However, several specific factors contribute to water level changes, and their dominance can differ by region.

Global climate change is inextricably linked to human activities, particularly since the Industrial Revolution. The burning of fossil fuels, deforestation, and industrial processes have significantly increased the concentration of greenhouse gases such as carbon dioxide (CO_2), methane (CH_4), and nitrous oxide (N_2O) in the atmosphere (IPCC, 2021). These activities, primarily driven by energy production, transportation, agriculture, and manufacturing, have altered the Earth's natural climate systems, leading to rising global temperatures, shifts in weather patterns, and an increase in the frequency and intensity of extreme weather events (NASA, 2020). Human-induced climate change has far-reaching consequences for ecosystems, sea levels, food security, and public health. The acceleration of melting polar ice caps and glaciers, the warming of oceans, and more acidic seas are direct outcomes of human influence (IPCC, 2021). Additionally, shifts in precipitation patterns and the increasing prevalence of droughts and floods are putting pressure on water resources, agriculture, and infrastructure (WMO, 2022).

Introduction of the Study Area: The Rize coastline, particularly the area between the districts of İyidere and Çayeli, was selected as the study area, and the impact of sea level changes on this region was examined in detail. This coastline is situated in a geography that is directly exposed to the temperate and variable climatic conditions of the Black Sea and hosts various structures due to its geographical and strategic importance. Along this coastal strip, 25 T-groins have been constructed to prevent the sea from eroding the land and to control coastal erosion. These engineering structures contribute to the preservation of the shoreline by dissipating wave energy while also protecting other structures along the coast. Figure 1 presents a scaled map of the study area, showing the locations of the mareograph stations and district centers.

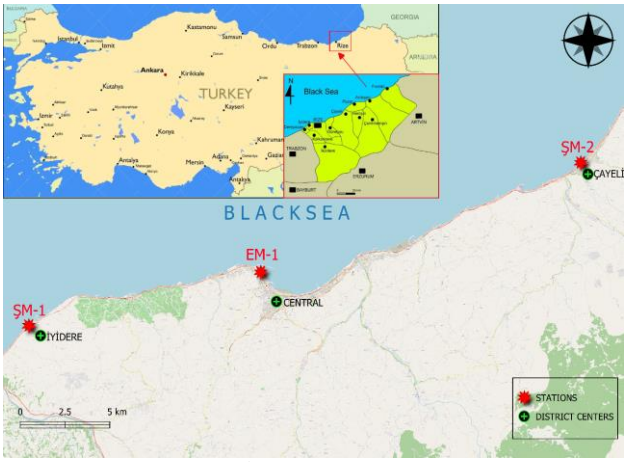


Figure 1. The appearance of the stations and district centers in the study area (ŞM-1, EM-1, and ŞM-2 represent the Iyidere, Central and Çayeli stations).

One of the significant features of the region is its extensive logistics fill areas. These fill areas allow for the revitalization of trade in the region and the concentration of various economic activities. These logistics areas are

particularly critical for port operations and enhance the economic vitality of the region. The tourism sector also plays an important role along this coastline. The tourist facilities built along the coast serve visitors who wish to experience the natural beauty of Rize, thus increasing the tourism potential of the region.

Additionally, major ports are among the important elements of this region. In particular, Rize Port and Ünye Cement Port serve as central hubs for both local and international trade, contributing significantly to the region's economy. These ports enable the concentration of commercial activities in the region while also providing critical logistical support for other structures in the area. This coastline also features fishing shelters for those engaged in fishing, which plays a vital role in sustaining the fishing activities that are a significant livelihood for the local population. Furthermore, social facilities belonging to Recep Tayyip Erdoğan University are located in this region, contributing to the cultural and social life of the area by hosting academic and social events. All these structures are directly impacted by changes in sea level, making the monitoring and assessment of sea level changes crucial for the protection and sustainability of the structures in this region.

In this context, the Rize coastline has become the focal point of this study, creating a complex and dynamic environment with its natural and structural features. The coastal structures and economic activities in the region are sensitive to changes in sea level, providing critical data for future planning of structures in the area.

MATERIAL AND METHOD

This study utilized sea level data recorded from mareograph stations located at İyidere, Çayeli, and Riport Port in Rize, Turkey. These stations provide continuous measurements of sea level fluctuations at high temporal resolution. The dataset spans from beginning of the 2020 to end of the 2020, providing detailed information on short-term and long-term sea level changes. The sea level data are represented as a time series SL(t), where t denotes the time (e.g., daily or hourly intervals).

To monitor sea level changes and understand their impacts, mareograph stations have been established at strategic coastal points in Rize. These mareograph stations, located at İyidere Port, Çayeli Port, and Riport Port in Rize Center, are equipped with advanced technology devices that continuously monitor and record changes in sea level. While these devices record both short- and long-term trends in sea level changes in detail, the data is stored for regular analysis. The mareograph stations not only collect sea level measurements but also analyze the connection between these changes and weather events. This allows for a clearer understanding of how sea level changes are related to seasonal variations, storms, sudden weather changes, and other meteorological events. The rainfall-induced changes in sea level are illustrated in Figure 2 below.

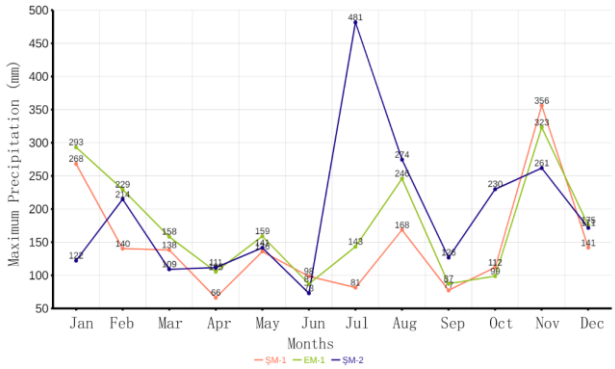


Figure 2. Annual Maximum Rainfall Data Considered in Level Measurements (for all station areas) (ŞM-1, EM-1 and ŞM-2 represent the Iyidere, Central and Çayeli stations).

In this context, monitoring sea level changes along the Rize coastline and systematically analyzing these data are crucial for enhancing the resilience of coastal structures and infrastructure against future environmental risks in the region. The complex and often unpredictable climate of the Black Sea can lead to sudden and unexpected changes in sea level. Such changes can result in serious environmental issues like coastal erosion, floods, and seawater intrusion. Monitoring these environmental changes is also critically important for the sustainability of economic activities in the region. For instance, economic activities such as agriculture, tourism facilities, and fishing are directly affected by sea level changes, and the regular monitoring of these changes plays a vital role in ensuring the continuity and safety of these activities.

The data obtained from mareograph stations help us understand the short-term fluctuations, seasonal trends, and long-term patterns in sea level changes, thereby clarifying the relationship between sea level and meteorological events. Particularly in regions with heavy rainfall, like Rize, sudden increases in sea level can pose significant flood risks along the coastal areas. These risks can create serious threats to both the natural ecosystems and human life in the region. In this context, the data from mareograph stations provide critical information not only for scientific research but also for local governments in their disaster management and risk reduction strategies.

Mareograph data also play a crucial role in developing predictive models to forecast future sea level changes and assess their potential impacts. By integrating historical records with advanced statistical techniques, such as time series decomposition and multiple regression analyses, it is possible to identify patterns and trends that may not be immediately apparent. These predictive models can simulate various scenarios, including extreme weather

events and long-term climate shifts, enabling authorities to prepare more effective adaptation strategies. Moreover, combining mareograph data with meteorological inputs, such as wind patterns and atmospheric pressure variations, enhances the accuracy of these predictions, providing a more comprehensive understanding of the factors influencing sea level dynamics. This integrated approach supports proactive decision-making and helps mitigate the adverse effects of sea level fluctuations on both natural and human systems.

Continuous monitoring of sea level changes and the use of this data in long-term planning processes are vital for enhancing the safety of infrastructure projects in the region. For example, considering the data obtained from mareograph stations while constructing coastal protection structures against sea level rise can increase the effectiveness of these structures and provide protection against potential environmental disasters. Additionally, the use of this data can help better understand the impacts of sea level changes on agricultural lands, allowing for more informed planning of agricultural activities.

Determination of the Sea Level Changes: Coastal regions are highly sensitive to fluctuations in sea levels, especially in areas characterized by intense rainfall and variable climatic conditions. Rize, located along Turkey's Black Sea coast, is a prime example of such a region where heavy rainfall and seasonal changes significantly influence sea level dynamics. Understanding these variations is crucial for assessing flood risks, protecting infrastructure, and planning sustainable development. This study focuses on analyzing sea level changes along the Rize coastline, highlighting the impact of seasonal rainfall patterns on fluctuations observed in the data. By utilizing measurements from mareograph stations, the research aims to evaluate the extent of sea level changes and their implications for flood management and disaster mitigation strategies.

Research has found that sea level changes along the Rize coastline are particularly noticeable during rainy seasons. During these periods, intense rainfall has led to sudden and significant rises in sea level, considerably increasing the risk of flooding in coastal areas. The research has shown that increases in rainfall, particularly in July, August, and November, have led to notable rises in sea levels. This indicates that the high-rainfall climatic conditions of Rize have a direct and significant impact on sea level fluctuations.

Figures 3, 4, and 5 show the maximum, minimum, mean-maximum, and average sea level values obtained from the mareograph stations. According to these figures, the scales at all stations showed minimum levels in November and maximum levels in July.

Figure 3. Data Graph of the SM-2(Çayeli) Mechanical Float Mareograph Station for the Year 2020.

The impact of rainfall on sea levels in these regions is also related to the geographical and climatic characteristics of the area. Rize, which has a coastline along the Black Sea, is one of the provinces in Turkey with the highest annual average rainfall. This intense rainfall, particularly during the summer and autumn months, causes the sea level to rise rapidly. These seasonal rises increase the risk of flooding for economically significant structures such as settlements, agricultural lands, and tourism facilities located along the coastline. In this context, the risks posed by sea level changes in coastal areas are critical factors that must be considered in infrastructure projects carried out in these regions. Floods resulting from rising sea levels can pose a serious threat to economic activities and residential areas in coastal regions, leading to both economic losses and social problems.

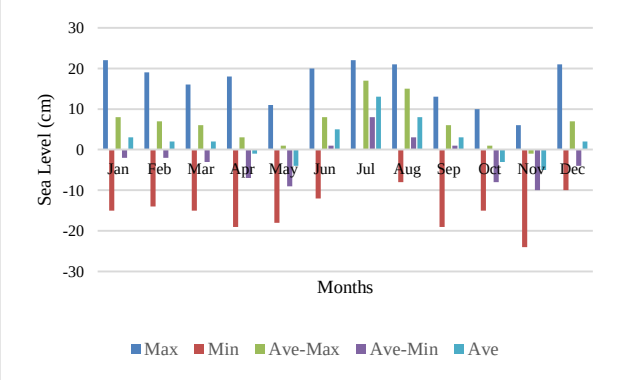


Figure 4. Data Graph of the EM-1(Central) Electronic Float Mareograph Station for the Year 2020.

Sectors that are particularly dependent on the coast, such as tourism and fishing, are directly affected by sea level rises, which in turn create negative impacts on the regional economy. Moreover, failure to consider these changes in sea level during the planning and implementation of coastal infrastructure projects could lead to greater environmental problems and costs in the future. Therefore, in regions with rainy climate conditions like Rize, it is crucial to continuously monitor sea level changes and to develop strategic plans accordingly. This is

vital not only for the safety of the local population but also for the economic sustainability of the region.

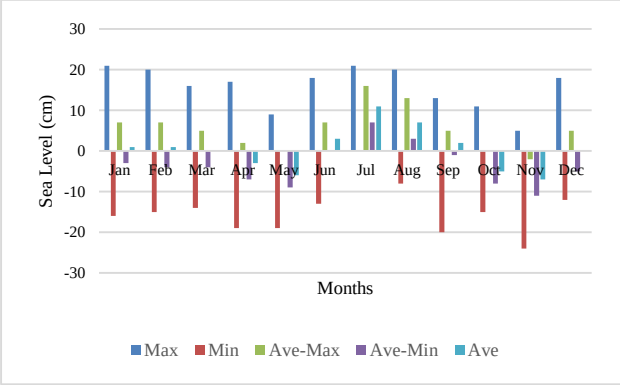


Figure 5. Data Graph of the SM-1(Iyidere) Mechanical Float Mareograph Station for the Year 2020

These findings indicate that the changes in sea level in the region are not merely temporary events but also serve as an important data source for long-term planning. Therefore, monitoring sea level changes and developing infrastructure projects based on this data will contribute to making the region more resilient to future natural disasters. This is an indispensable requirement for ensuring sustainable development in sensitive coastal areas like Rize.

In addition to sea level data, meteorological data, including rainfall R(t)), wind speed W(t), and atmospheric pressure P(t), were collected from [local meteorological sources]. The meteorological variables provide insight into local climatic conditions that may influence sea level.

To compare local trends with global phenomena, global sea level data GSL(t) were obtained from global sources such as [e.g., NOAA, NASA]. These datasets offer a global baseline for assessing long-term climate change impacts on sea levels.

Data Preprocessing

Data Cleaning: Outliers in the sea level data, resulting from sensor errors or environmental noise, were removed using statistical filtering techniques. Anomalies were detected by calculating the Z-score for each observation is showed on Equation 1:

$$Z = \frac{SL(t) - \mu}{\sigma} \qquad (1)$$

where μ is the mean sea level over the period and σ is the standard deviation. Any values of SL(t) with |Z|>3 were flagged as potential outliers and removed from the dataset. The equation was used to standardize sea level data and ensure comparability in the analyses. The term SL(t) represents the sea level value at a specific time, while μ denotes the average sea level value, and σ represents the standard deviation. In our study, the average sea level value (μ) was taken in the range of 5–13 cm, based on long-term observational data and considering the region's hydrodynamic characteristics. The standard deviation (σ) was used to explain variations in the measurements, providing a better representation of fluctuations in sea levels. This approach allowed the modeling of sea level changes in response to temporal and atmospheric influences, thereby enhancing the reliability of the obtained results

Gap Filling: During the one-year period of sea level measurements, certain gaps emerged in the dataset due to occasional instrument malfunctions, sensor errors, and unintentional operational mistakes. These interruptions resulted in incomplete data records, which posed challenges for continuity and analysis. To address these gaps and ensure the integrity of the dataset, interpolation techniques were employed, as demonstrated in Equations 2 and 3 below. These methods allowed for the estimation of missing values by utilizing the trends and patterns observed in the surrounding data points, thereby restoring the completeness of the dataset. By filling in the gaps with interpolated values, the data was made more consistent and suitable for further analysis, enabling a more accurate assessment of sea level variations and long-term trends. For short gaps (e.g., one or two missing values), linear interpolation was applied in equation 2 and 3:

$$SL(t) = SL(t-1) + \frac{SL(t+1) - SL(t-1)}{2} \qquad (2)$$

For longer gaps, cubic spline interpolation or autoregressive integrated moving average (ARIMA) models were employed to estimate missing values:

$$SL(t) = \sum_{i=1}^{p} \phi_i SL(t-i) + \sum_{j=1}^{q} \phi_j \epsilon(t-j) + \epsilon(t) \qquad (3)$$

where p is the autoregressive order, q is the moving average order, ϕ and θ are model coefficients, and ϵ(t) is the error term at time t.

Separation of Local Meteorological Factors from Global Climate Effects: To separate the local effects from global influences on sea level changes, a combination of correlation analysis, regression modeling, and time series decomposition was employed.

Correlation Analysis: To quantify the relationship between sea level SL(t) and local meteorological variables R(t), W(t), P(t), Pearson's correlation coefficient (r) was calculated for each pair of variables showed in equation 4:

$$r = \frac{\sum(X_i - \bar{X})(Y_i - \bar{Y})}{\sqrt{\sum(X_i - \bar{X})^2 (Y_i - \bar{Y})^2}} \qquad (4)$$

Where X_i and Yi represent the values of two variables (e.g., SL(t) and R(t), and $\bar{X}$ and $\bar{Y}$ are their respective means.

This analysis revealed the extent to which sea level changes were influenced by local meteorological

factors, particularly during heavy rainfall periods and storm events.

Multiple Linear Regression: In order to maintain continuity in the formulation and account for certain unknown terms and parameters, multiple linear regression was utilized. This method allowed for the estimation of missing or uncertain values by establishing relationships between the dependent variable and multiple independent variables. By leveraging observed patterns and correlations within the dataset, multiple linear regression provided a systematic approach to predict unknown parameters and refine the formulation. This approach not only improved the reliability and accuracy of the model but also ensured that the equations used in the analysis could effectively represent the underlying processes and variations observed in the data. To further quantify the contributions of local meteorological factors and global climate change to sea level variations, multiple regression models were constructed. The model takes the form in equation 5;

$$SL(t) = \beta_0 + \beta_1(t) + \beta_2 W(t) + \beta_3 P(t) + \beta_4 GSL(t) + \epsilon(t) \quad (5)$$

where:

- β_0 is the intercept,
- β_1,β_2,β_3 are coefficients for the local meteorological variables (rainfall, wind speed, and pressure),
- β_4 is the coefficient for the global sea level trend, and
- ϵ(t) is the error term.

The values of β_1,β_2,β_3 indicate the strength of local effects, while β_4 represents the impact of global sea level rise on the observed changes in Rize. β parameters used to model sea level changes were carefully selected based on the region's climatic, hydrological, and meteorological characteristics, and reasonable values were determined for each parameter. The intercept (β_0) represents the initial conditions and the baseline value of sea level in the model. This parameter, based on the region's average sea level data, was selected in the range of 20–50 cm to initiate the model with reference to sea level variations. The temporal trend (β_1) represents long-term changes in sea level over time and typically takes positive values as a result of global warming effects. Considering Rize's location along the Black Sea coast and observed annual increases, a value in the range of 1.5–3.0 mm/year was selected. Wind speed (β_2) represents the effect of prevailing wind conditions on water surges and surface currents. Taking into account the influence of northerly winds in the Black Sea, this parameter was determined to be in the range of 0.2–0.5 cm/(m/s). Atmospheric pressure (β_3) explains the impact of changes in air pressure on sea level as a negative parameter, where low pressures increase and high pressures decrease sea levels. Based on meteorological data from Rize, this parameter was assigned a value in the range of -0.4–-0.7 cm/hPa. Global sea level change (β_4) accounts for the influence of global trends on local sea level and is a critical factor in long-term variations. Assuming that the region exhibits changes aligned with global trends, this parameter was selected in the range of 0.8–1.2 cm/cm. All these parameters were validated through detailed statistical analyses considering the hydrological and meteorological conditions of Rize and optimized to enhance the reliability of the model. Particularly in modeling the effects of frequent storms and heavy rainfall observed along the Black Sea coast, selecting the parameters in this manner has enabled the model to more accurately reflect real-world conditions.

Time Series Decomposition: Seasonal-Trend Decomposition (STL) was used to analyze the sea level data collected over a one-year period in the Rize region. This method was applied to separate the data into three main components—trend, seasonality, and residual—allowing for a more detailed examination of long-term changes and short-term variations. To further distinguish between long-term trends and short-term local influences, the sea level data were decomposed using Seasonal-Trend Decomposition (STL) in equation 6:

$$SL(t) = T(t) + S(t) + R(t) \quad (6)$$

where:

- T(t) is the long-term trend component,
- S(t) is the seasonal component, and
- R(t) is the residual (noise) component.

The trend component (T(t)) captures gradual changes in sea level, such as the effects of climate change or tectonic shifts, and was modeled based on observed long-term patterns, showing a steady increase of 1.5–3.0 mm/year. The seasonal component (S(t)) reflects periodic fluctuations caused by factors such as tides, temperature, and atmospheric pressure changes, and was analyzed with monthly and seasonal cycles, highlighting variations of 5–15 cm depending on the time of year. The residual component (R(t)) represents irregular variations and noise, accounting for short-term anomalies that cannot be attributed to trends or seasonal influences. By decomposing the data, this approach ensured that the effects of each component were isolated and analyzed separately, providing a clearer understanding of sea level dynamics in the region. This method also allowed for the identification of missing values, anomalies, and trends, improving the overall reliability and accuracy of the dataset used for further modeling and forecasting.

Comparative Analysis with Other Regions: To contextualize the Rize findings, comparisons were made with sea level data from other Turkish coastal regions, such as the Aegean and Mediterranean coasts. Sea level trends

from these regions were modeled using the same approach, and the results were compared to Rize's trends. Additionally, global comparisons were made with similar coastal regions affected by climate change, such as other Black Sea coasts and European coastal cities.

Limitations and Uncertainty: Several limitations and uncertainties were identified in this study:

Measurement Errors: The presence of sensor noise or malfunctions during extreme weather events can introduce biases in the sea level measurements. These errors were modeled as random noise ϵ_{meas} added to the true sea level in equation 7:

$$SL_{observed}(t) = SL_{true}(t) + \epsilon_{meas}(t) \quad (7)$$

This approach was used to quantify the uncertainty introduced by environmental factors, sensor limitations, and operational issues during data collection. The random noise component $\epsilon_{meas}(t)$ was estimated by analyzing deviations from expected values, based on statistical measures such as standard deviation and variance. In this study, noise levels were modeled with a mean value of zero and a standard deviation in the range of 1–5 cm, reflecting realistic variations observed in the field. Incorporating measurement errors into the analysis allowed for a more robust interpretation of the data, ensuring that biases did not distort trend analysis or parameter estimation. This method also enhanced the reliability of the model by accounting for uncertainties, enabling more accurate predictions and evaluations of sea level changes in the Rize region.

Gaps in Data: Despite interpolation techniques, long gaps in the dataset introduce uncertainty in the overall trend. The uncertainty U due to missing data was estimated as in the equation 8:

$$U = \frac{(Interpolaed - Actual)^2}{n} \quad (8)$$

Where n is the number of interpolated points.

The multiple regression models assume linear relationships between variables, which may not capture all the nonlinear effects of meteorological factors on sea level. Future studies could improve this by applying nonlinear models such as generalized additive models (GAMs). While multiple regression models effectively capture linear relationships, they may fail to account for the nonlinear and complex interactions between meteorological factors and sea level variations. For instance, phenomena such as storm surges, rapid pressure drops, and wind-driven currents often exhibit nonlinear behaviors that cannot be fully represented by linear models. As a result, future studies could enhance the accuracy and reliability of predictions by incorporating nonlinear approaches such as generalized additive models (GAMs) or machine learning techniques. These advanced methods allow for more flexible modeling of relationships, capturing intricate patterns and dependencies in the data. Additionally, integrating higher-resolution meteorological inputs and real-time observations could further reduce uncertainty and improve the performance of predictive models, making them more applicable for long-term sea level monitoring and management strategies.

DISCUSSION AND CONCLUSION

The results of this study underscore the direct relationship between climate-induced sea level changes and their impact on the Rize coastline. Periods of heavy rainfall, particularly during July, August, and November, lead to significant sea level rises, which exacerbate risks to coastal infrastructures, agricultural lands, and tourism facilities. These findings align with previous research that highlights the vulnerability of the Black Sea region, particularly Rize, to drastic sea level fluctuations due to its unique meteorological and oceanographic conditions.

Factors such as rainfall intensity, climate changing, tidal variations, and atmospheric pressure were found to contribute to these sea level changes, as evidenced by data from mareograph stations along the coastline. The role of climate change is particularly pronounced, not only influencing long-term coastal stability but also posing immediate threats to human life and property. Sea level rise in Rize mirrors the broader global challenge, indicating that this region serves as a microcosm for other coastal areas facing similar risks. Given these findings, a proactive approach to managing sea level changes is crucial. Continuous and real-time monitoring of sea levels, alongside infrastructure planning that integrates these data, will be essential in mitigating future risks. Moreover, disaster management strategies should incorporate these insights to better prepare for potential flooding events. Local governments must also take preventive measures, such as reinforcing coastal protection structures and implementing comprehensive early-warning systems. The evidence suggests that sea level rises in Rize are not merely temporary but are likely to persist as global climate change accelerates. Therefore, adapting infrastructure to accommodate both current and projected sea level changes is vital. This includes integrating continuous data collection and analysis into long-term urban and regional planning processes to ensure the sustainability of both natural and man-made environments.

In conclusion, this study provides essential insights into the significant impacts of global climate change on sea levels, specifically along Turkey's Rize coastline. It lays a foundation for future research and regional policy development aimed at addressing climate-induced sea level changes. By enhancing our understanding and monitoring of these variations, we can

develop more resilient coastal infrastructures, ultimately protecting communities, their economies, and the environment from the growing threat of rising sea levels.

ACKNOWLEDGEMENTS

This study was financially supported by the Recep Tayyip Erdoğan University Scientific Research Committee under project number FYL-2020-1061.

REFERENCES

Baltacı, H. (2010). *Examination of Landslide-Rainfall Relationships and Determination of Minimum Threshold Values in the Eastern Black Sea Region (Rize, Trabzon, Giresun).* Master's Thesis, Istanbul Technical University, Istanbul.

Batan, N., Atamov, V., Ekşi, S. & Erata, H. (2018). Contrubition to the bryophyte flora of the İkizdere district (Rize, Turkey). *Phytologia Balcanica*, ***24***(1), 9-15.

Çakıcı, A. (2015). *Identification of Behaviors in Mareograph Stations Using Time Series Analysis: The Case of TUDES Mareograph Stations.* Master's Thesis, Aksaray University, Aksaray.

Dağ, S. (2007). *Landslide Susceptibility Analysis of Çayeli (Rize) and Its Surroundings Using Statistical Methods.* PhD Thesis, Karadeniz Technical University, Trabzon.

Demir, C. & Yıldız, H. (2002). Investigation of Vertical Crustal Movements Using Sea Level and Geodetic Measurements at Erdek Mareograph Station and Its Surroundings. *Mapping Journal*, ***127***, 9-18.

Gürdal, M.A. (1998). *Sea Level Measurements and Mareograph Stations Operated by the Mapping General Command. Mapping Journal*, ***119***, 1-14.

IPCC. (2019). *Special Report on the Ocean and Cryosphere in a Changing Climate.* Intergovernmental Panel on Climate Change.

IPCC. (2021). *Climate Change 2021: The Physical Science Basis.* Intergovernmental Panel on Climate Change.

NASA. (2020). *Global Climate Change: Vital Signs of the Planet.* Retrieved from https://climate.nasa.gov/

NOAA. (2021). *National Oceanic and Atmospheric Administration Annual Climate Report.* Retrieved from https://www.noaa.gov/

Polat, P. & Sunkar, M. (2017). Climate Characteristics of Rize and Trend Analyses of Long-Term Temperature and Precipitation Data in the Rize Region. *Fırat University Journal of Social Sciences*, ***27***(1), 1-23.

Pugh, D. (2004). *Changing Sea Levels: Effects of Tides, Weather, and Climate.* Cambridge University Press.

Sezen, E. (2006). *Investigation of Sea Level Changes at Antalya-1 (1935-1977) and Antalya-2 (1985-2005) Mareograph Stations.* Master's Thesis, Afyon Kocatepe University, Afyonkarahisar.

Simav, M. (2012). *Investigation of the Possible Effects of Sea Level Rise on Coastal Areas in Istanbul.* PhD Thesis, Istanbul Technical University.

Simav, M. & Türkezer, A. (2011). Data Quality Control and Management System of the Turkish National Sea Level Monitoring Network. *Mapping Journal*, ***145***, 15-28.

Süme, V. (2007). Examination of "T" Groins for Coastal Protection Between İyidere and Çayeli in Rize. *6th National Coastal Engineering Symposium*, Izmir.

Süme, V. (2011). *Sea Level Change in Rize.* Recep Tayyip Erdoğan University, Scientific Research Project, Rize.

Turoğlu, H. (2017). *Coastlines in Legal and Scientific Dimensions.* Publication of the Geomorphology Association, Istanbul.

Yalçın, A. & Bulut, F. (2007). Landslide Susceptibility Mapping Using GIS and Digital Photogrammetric Techniques: A Case Study from Ardeşen (NE-Turkey). *Natural Hazards*, ***41***(1), 201-226.

Yıldız, H. (2005). *Investigation of Long-Term Absolute Sea Level Changes Using Mareograph and Fixed GPS Time Series Analysis.* PhD Thesis, Istanbul Technical University.

Demir, C. & Yıldız, H. (2002). Investigation of Vertical Crustal Movements Using Sea Level and Geodetic Measurements at Erdek Mareograph Station and Its Surroundings. *Mapping Journal*, ***127,*** 9-18.

Geymen, A. & Dirican, A.Y. (2016). Analysis of Sea Level Changes Due to Climate Change Using Geographic Information Systems. *Electronic Journal of Mapping Technologies*, ***8***(2), 65-74.

Greenland Ice Sheet Project. (2018). *Global Climate Change and the Greenland Ice Sheet.* Retrieved from https://greenland-ice-sheet-project.org/

Gürdal, M.A. (1998). Sea Level Measurements and Mareograph Stations Operated by the Mapping General Command. *Mapping Journal*, ***119***, 1-14.

IPCC. (2021). *Climate Change 2021: The Physical Science Basis.* Intergovernmental Panel on Climate Change.

NASA. (2020). *Global Climate Change: Vital Signs of the Planet.* Retrieved from https://climate.nasa.gov/

Polat, P. & Sunkar, M. (2017). Climate Characteristics of Rize and Trend Analyses of Long-term Temperature and Precipitation Data in the Rize Region. *Fırat University Journal of Social Sciences*, ***27***(1), 1-23.

Pugh, D. (2004). *Changing Sea Levels: Effects of Tides, Weather, and Climate.* Cambridge University Press.

Sezen, E. (2006). *Investigation of Sea Level Changes at Antalya-1 (1935-1977) and Antalya-2 (1985-2005) Mareograph Stations.* Master's Thesis, Afyon Kocatepe University, Afyonkarahisar.

Simav, M. (2012). *Investigation of the Possible Effects of Sea Level Rise on Coastal Areas in Istanbul.* PhD Thesis, Istanbul Technical University.

TUDES. (2021). *Turkish National Sea Level Monitoring System (TUDES).* Retrieved from https://tudes.harita.gov.tr/

Turoğlu, H. (2017). *Coastlines in Legal and Scientific Dimensions.* Publication of the Geomorphology Association, Istanbul.

Yıldız, H. (2005). *Investigation of Long-Term Absolute Sea Level Changes Using Mareograph and Fixed GPS Time Series Analysis.* PhD Thesis, Istanbul Technical University.

World Meteorological Organization. (2022). State of the global climate 2021. https://public.wmo.int/en/our-mandate/climate

Uludağ, S., Demir, A. & Şahin, F. (2021). Sea level rise impacts on the Mediterranean coast of Turkey. *Environmental Science and Policy*, ***114***, 98-107. DOI: 10.1016/j.envsci.2021.05.004

Çelik, M. & Güler, H. (2019). The risks of sea level rise on Istanbul's coastal infrastructure. *Marine Geodesy*, ***42***(3), 213-227. DOI: 10.1080/01490419.2019.1612787

Yalçın, E., Erdem, E. & Korkmaz, M. (2022). Coastal erosion and saltwater intrusion along Turkey's Aegean coastline. *Ocean & Coastal Management*, *212*, 105789. DOI: 10.1016/j.ocecoaman.2022.105789

Journal of Anatolian Environmental and Animal Sciences
(*Anadolu Çevre ve Hayvancılık Bilimleri Dergisi*)
DOI: https://doi.org/10.35229/jaes.1553541

JAES
Year: 9, No: 4, 2024 (795-805)
AÇEH
Yıl: 9, Sayı: 4, 2024 (795-805)

ARAŞTIRMA MAKALESİ RESEARCH PAPER

Environmental Literacy of Generations X, Y, and Z in a Provincial Center in Türkiye: A Descriptive-Comparative Study

Deniz Sümeyye YORULMAZ DEMİR[1]* Tuğba Nur Karakış[1] Esra YAVUZ[1]
[1]*Artvin Çoruh University, Faculty of Health Sciences, Nursing Depertmant, Artvin, Türkiye*

Received: *20.09.2024* ***Accepted:*** *21.12.2024* ***Published:*** *31.12.2024*
How to cite: **Yorulmaz Demir, D.S., Karakış, T.N. & Yavuz, E. (2024).** Environmental literacy of generations X, Y, and Z in a provincial center in Türkiye: A descriptive-comparative study. *J. Anatolian Env. and Anim. Sciences,* ***9***(4), 795-805. https://doi.org/10.35229/jaes.1553541
Atıf yapmak için: **Yorulmaz Demir, D.S., Karakış, T.N. & Yavuz, E. (2024).** Türkiye'de bir il merkezinde X, Y ve Z kuşaklarının çevre okuryazarlığı: Bir tanımlayıcı-karşılaştırmalı çalışma. *Anadolu Çev. ve Hay. Dergisi,* ***9***(4), 795-805. https://doi.org/10.35229/jaes.1553541

*: https://orcid.org/0000-0001-7115-5673
: https://orcid.org/0009-0007-2148-893X
: https://orcid.org/0009-0002-4176-3920

***Corresponding author's:**
Deniz Sümeyye YORULMAZ DEMİR
Artvin Çoruh University, Faculty of Health Sciences, Nursing Depertmant, Artvin, Türkiye
✉: denizyrlmz.20144@gmail.com

Abstract:
Objective: This research was conducted to determine the environmental literacy and behaviors of Generations X, Y, and Z.
Method: This descriptive-comparative study involved a total of 1,148 participants, comprising 376 from Generation X, 399 from Generation Y, and 373 from Generation Z. Data were collected using the Demographic Characteristics Form and the Environmental Literacy Scale for Adults.
Results: A study revealed that 67.8% of participants had not received any education on environmental issues. Additionally, 81.8% disposed of used cooking oil either in the trash or down the sink, while 43.6% discarded waste batteries in the trash. Furthermore, 62.1% of the participants were unfamiliar with the concept of an ecological footprint. The environmental literacy of Generation Z was significantly lower than that of Generations X and Y. The following factors were identified as influencing environmental literacy among all participants: the nuclear family structure, the perception of high income, lack of social security, willingness to receive environmental education, proper disposal of waste cooking oil, appropriate disposal of waste batteries in designated units, and the use of recycling bins.
Conclusion: The results revealed insufficient environmental behaviors in the sample and lower environmental literacy in Generation Z compared to Generations X and Y. It is recommended to conduct informative and educational programs and prepare public service announcements in order to enhance community environmental awareness and promote appropriate environmental health behaviors.

Keywords: Environment, literacy, generations, community-based participatory research, public health.

Türkiye'de Bir İl Merkezinde X, Y ve Z Kuşaklarının Çevre Okuryazarlığı: Bir Tanımlayıcı-Karşılaştırmalı Çalışma

***Sorumlu yazar:**
Deniz Sümeyye YORULMAZ DEMİR
Artvin Çoruh Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Fakültesi, Hemşirelik Bölümü, Artvin, Türkiye
✉: denizyrlmz.20144@gmail.com

Öz:
Amaç: Bu araştırma X, Y ve Z kuşaklarının çevre okuryazarlığı ve çevre davranışlarını belirlemek amacıyla gerçekleştirilmiştir.
Yöntem: Tanımlayıcı-karşılaştırmalı araştırma olarak yürütülen bu çalışma, X kuşağından 376 kişi, Y kuşağından 399 kişi ve Z kuşağından 373 kişi olmak üzere toplam 1148 katılımcı ile tamamlanmıştır. Veri toplama aracı olarak tanıtıcı özellikler soru formu ve Yetişkinler için Çevre Okuryazarlığı Ölçeği kullanılmıştır.
Bulgular: Yapılan araştırma, katılımcıların çevre konusunda herhangi bir eğitim almadığını ortaya koydu. Ayrıca, %81,8'i kullanılmış yemeklik yağlarını çöpe veya lavaboya atarken, %43,6'sı atık pilleri çöpe atıyordu. Ayrıca, katılımcıların %62,1'i ekolojik ayak izi kavramına aşina değildi. Z kuşağının çevre okuryazarlığın X ve Y kuşaklarına göre anlamlı olarak düşük olduğu tespit edilmiştir. Tüm katılımcılar arasında çevre okuryazarlığını etkileyen faktörler olarak aşağıdaki faktörler belirlendi: çekirdek aile yapısı, yüksek gelir algısı, sosyal güvence eksikliği, çevre eğitimi alma isteği, atık yemeklik yağların uygun şekilde bertaraf edilmesi, atık pillerin belirlenmiş birimlerde uygun şekilde bertaraf edilmesi ve geri dönüşüm kutularının kullanılmasıdır.
Sonuç: Değerlendirmeler sonucu toplumun çevre davranışlarının yetersiz olduğu ve Z kuşağının çevre okuryazarlığının X ve Y kuşağına göre düşük olduğu sonucuna varılmıştır. Toplumun çevre farkındalığının artırmak ve uygun çevre sağlığı davranışlarına teşvik etmek amacıyla bilgilendirme ve eğitimlerin yapılması, kamu spotlarının hazırlanması önerilmektedir.

Anahtar kelimeler: Çevre, okuryazarlık, nesiller, toplum tabanlı katılımcı araştırması, halk sağlığı.

INTRODUCTION

Environment, in its broadest definition, refers to the interactions between living and non-living entities. Living organisms engage in biological, physiological, social, and cultural activities that sustain and perpetuate their lives in specific areas (Suryawati et al., 2020). The rapid advancement of technology, population growth, and uninformed environmental interventions have brought about numerous global environmental problems, including climate change, deforestation, the extinction of plant and animal species, and pollution of air, water, and soil (Çelik et al., 2018). Environmental issues, initially perceived as local problems in the early 1900s, gained global dimensions by the 1950s due to changing and evolving world conditions. In 1972, the United Nations (UN) established the UN Environment Programme (UNEP) to address environmental issues globally. The 2012 World Summit underscored the increasing environmental challenges, emphasizing the heightened importance of a clean and safe environment (McBride et al., 2013; Purvis et al., 2019; Kayabek, 2021). The escalation of environmental problems has prompted the initiation of local, regional, national, and international efforts aiming to ensure sustainable living standards (Rowe, 2002; Akıllı & Genç, 2015).

The solution to environmental problems is multifaceted, yet the first step in preventing these issues is to enhance people's knowledge about the environment and develop their responsibilities (Maurer & Bogner, 2020). Among the methods developed for solving environmental problems, environmental education is considered the most effective. The goal of environmental education is to cultivate individuals' environmental literacy, creating environmentally literate individuals who are conscious of environmental issues (Kışoğlu et al., 2010; McBride et al., 2013). The concept of Environmental Literacy (EL) was initially defined by Charles E. Roth in 1968, expressing an individual's level of environmental knowledge and awareness (Roth, 1992). An environmentally literate individual is expected to possess knowledge related to the environment and environmental health, be able to perceive environmental problems, and utilize appropriate behavioral skills to prevent these problems. Furthermore, environmentally literate individuals are anticipated to contribute to raising awareness about environmental issues in society by discussing environmental topics (McBride et al., 2013; Febriasari & Supriatna, 2017; Fettahlıoğlu, 2018). Therefore, increasing awareness of the globally escalating environmental issues, preventing and resolving these problems, leaving a sustainable life for future generations, and instigating appropriate behavioral changes at the individual level regarding environmental responsibility are crucial, making EL highly important (Bahar & Kiras, 2017; Ardoin et al., 2023).

When examining the demographic composition of society by age cohorts, often referred to as generations, three distinct groups emerge: Generations X, Y, and Z (Gıcır et al., 2020). X generation individuals, born between 1965 and 1979, are characterized as being sensitive to social events but having a reserved demeanor. Y generation individuals, born between 1980 and 1999, experienced political silence due to political pressures until adolescence, encountered technological changes, addictions, radical changes in the workplace, and a consumption culture outside the norm. They are described as individuals inclined towards independence and freedoms. Z generation individuals, born in 2000 and after, have faster access to information due to the technology age they live in, have a higher standard of living compared to previous generations, are aware of global agendas due to technological capabilities, and play an influential role in the spread of global developments. They are characterized as individuals who desire an easier and more effortless life being more impatient (Lin & Chen, 2022). Due to these characteristics, it is thought that X generation has high environmental literacy but less appropriate environmental behaviors. Y generation, due to being in a period immersed in a consumption culture, is considered less sensitive to environmental events and has lower environmental literacy compared to the X generation. As for the Z generation, it is expected to exhibit more environmentally sensitive behaviors than other generations, given that they live in a period where environmental issues are increasing and receiving more attention. However, their environmental literacy is anticipated to be lower than that of X and Y generation (Gıcır et al., 2020).

Environmental issues are a significant global problem, and environmental literacy is crucial for preventing and resolving them. It is also recognized that different generations may approach and behave toward societal events differently. Research on Environmental Literacy (EL) primarily focuses on university students, teacher candidates, and middle school students (Karatekin & Aksoy, 2012; Kıyıcı et al., 2014; Akıllı & Genç, 2015; Şenyuva & Bodur, 2016; Bahar & Kiras, 2017; Gürbüz & Kışoğlu, 2017; Demirtaş et al., 2018; Koç et al., 2018; Ulu Kalın, 2018; Veise et al., 2019; Nurwidodo et al., 2020). Studies aiming to determine environmental literacy in society are found to be very limited (Kayabek, 2021). Moreover, an analysis of environmental studies specific to Generations X, Y, and Z reveals a predominant emphasis on researching the environmental behaviors exhibited by these generations (Gıcır et al., 2020). The evaluation of environmental literacy across generations in society as a whole is found to be

lacking in the literature, highlighting a significant gap in research (Gıcır et al., 2020; Volkova et al., 2020).

In light of this context, the present study was designed to evaluate the environmental literacy and behaviors of Generations X, Y, and Z within a provincial center in Turkey, with the aim of making a meaningful contribution to the existing literature. The anticipated outcomes of this research are expected to provide valuable insights for formulating effective solutions to environmental challenges.

MATERIAL AND METHOD

Purpose and Type of Research: This study was conducted as a descriptive comparative study to determine the environmental literacy and environmental behaviors of Generations X, Y, and Z in a provincial center in Turkey. The descriptive comparative research design aims to compare differences in variables between two or more groups. Data are collected from each group, and statistical tests are employed to compare differences between the groups (Erdoğan et al., 2021). The preference for a descriptive comparative research design in this study is rooted in the belief that the perspectives of Generations X, Y, and Z on societal events may differ, and consequently, their environmental literacy and behaviors may also vary (Notaro & Paletto, 2022; Volkova et al., 2020). This research design was chosen to examine these differences and contribute to the existing literature.

Research Setting, Population, and Sample: The research was conducted in the province of Artvin, located in the Eastern Black Sea Region of Turkey. The reason for selecting Artvin as the research center stems from the fact that previous assessments of environmental literacy were limited to middle school students only in this region (Ulu Kalın, 2018). Furthermore, there was a lack of community-based research evaluating environmental literacy and behaviors among adults in the area. Consequently, the research focused on individuals residing in Artvin province.

To calculate the sample size for the study, a table commonly used to estimate population proportions with specific accuracy (Lemeshow et al., 2000) and relevant a research (Fettahlıoğlu, 2018) were utilized. This table is used to calculate the necessary sample size with 95% confidence for predicting within a certain absolute percentage point of p (expected population proportion) with a deviation of d (deviation in the frequency of the event) (Lemeshow et al., 2000). The sample size was determined as 369 individuals with a 95% confidence level, 5% relative risk, and an expected population proportion (p) of 0.40 (p=0.40=0.60). To enhance the generalizability of the study, the goal was to reach a total of 1,107 participants, with 369 participants from each generation. The research was completed with a total of 1,148 participants, including 376 from Generation X, 399 from Generation Y, and 373 from Generation Z.

Data Collection Tools: The research data were collected using the Demographic Characteristics Form and the Environmental Literacy Scale for Adults (ELSA).

The Demographic Characteristics Form: The form was developed based on a literature review (Demirtaş et al., 2018; Veise et al., 2019; Gıcır et al., 2020; Nurwidodo et al., 2020) and consists of two sections: Socio-demographic Characteristics and Environmental Knowledge and Experiences. The *Socio-demographic Characteristics* section includes 8 items assessing personal characteristics, including age, education level, marital status, family type, presence of social security, and presence of children. The *Environmental Knowledge and Experiences* section includes 13 items evaluating aspects such as receiving environmental education, willingness to receive environmental education, awareness of the location of recycling bins in the region, disposal of waste batteries, disposal of waste cooking oil, knowledge of the definition of ecological footprint, and understanding of the definition of carbon footprint.

Environmental Literacy Scale for Adults (ELSA): The scale was developed by Atabek-Yiğit et al. (2014) to assess the environmental literacy of adults. It consists of 20 items, answered on a five-point Likert scale (1: Strongly Disagree, 2: Disagree, 3: Neutral, 4: Agree, 5: Strongly Agree). Items 3 and 16 are reverse-scored. The total scale score is obtained by summing the responses to each item. The minimum score is 20, and the maximum score is 100, with a higher score indicating higher environmental literacy. The Cronbach's Alpha reliability coefficient for the scale is 0.88 (Atabek-Yiğit et al., 2018). In this study, Cronbach's Alpha was calculated as 0.85 (Generation X: 0.76, Generation Y: 0.85, Generation Z: 0.85).

Data Collection Procedure: The research data were collected between December 1, 2022, and July 1, 2023, using the voluntary-based random sampling method. Information about the research topic and its content was disseminated to individuals in high-traffic public spaces, including markets, apartment complexes, parks, etc. They were invited to participate in the study, and those willing to participate voluntarily were provided with the data collection tools. The response time for completing the data collection forms was 5-6 minutes. The participants who completed the forms thoroughly were given an environmental handbook prepared by the researchers. This handbook provided information on environmental health, reliable sources of information about the environment, disposal of waste batteries and cooking oil, the location of recycling bins in the area, definitions of carbon footprint and ecological footprint, and individual practices that can be undertaken to reduce ecological and carbon footprints. Additionally, the participants received a seed pen as a token of appreciation.

Research Inclusion and Exclusion Criteria: Participants in the study were individuals aged 18 and older who lived in the central district of Artvin and voluntarily agreed to participate in the research. Residents from other districts within the province were excluded from the study because those living outside the city center are often unfamiliar with the locations of recycling bins in the area, which could lead to inaccurate findings.

Dependent and Independent Variables, Research Hypotheses and Questions: The independent variables of the research are the participants' sociodemographic characteristics, and the dependent variable is the environmental literacy of generations X, Y, and Z. The research hypothesis was formulated as "H_0: There is no difference in the environmental literacy of generations X, Y, and Z". Within the scope of the research, the following questions have been addressed:

- What environmental behaviors do generations X, Y, and Z exhibit?
- What is the level of environmental literacy of generations X, Y, and Z?
- Is there a difference in the environmental literacy levels of generations X, Y, and Z?
- What are the determinants of environmental literacy for generations X, Y, and Z?

Data Analysis: The research data were analyzed using the Statistical Package for Social Sciences (SPSS) 24.0 software. Descriptive statistics such as frequency, percentage, mean, and standard deviation were employed for the evaluation of descriptive data. The ability of the ELSA scale to meet the assumptions of normal distribution was assessed using skewness and kurtosis values. According to the literature, a range of +/-2 for these values is considered critical for establishing normal distribution assumptions (Blanca et al., 2013). Based on these evaluations, it was determined that the total score of the scale adheres to the assumptions of normal distribution (Skewness: -1.240, Kurtosis: 1.993), allowing for the use of parametric tests. Determinants of the ELSA for generations X, Y, Z, and all the participants were evaluated using multiple regression analysis (enter model). The independent variables included in the model were coded as dummy variables (0: zero), and factors predicting the level of environmental literacy and protective factors for environmental literacy were examined. There were no missing or incomplete data in the study, and no imputation method was used for missing data. All analysis results were interpreted considering a 95% confidence interval and a 5% error margin.

Ethical Considerations: This research was supported within the scope of the TÜBİTAK–2209-A University Students Research Projects Support Program, and it adhered to the research ethics rules defined by TÜBİTAK. Prior to the research, ethical committee approval (Number: E-18457941-050.99-52669, Date: 20.06.2022) and department chair approval (Date: 16.06.2022) were obtained. During the data collection process, the participants were informed about the research topic and content, and their written consent was obtained. This research was conducted in accordance with the principles of the Helsinki Declaration.

RESULTS

The mean age of Generation X is 49.8±4.5, Generation Y is 32.6±5.9, and Generation Z is 19.2±1.3, with an overall participant mean age of 33.9±13.1. In Generations X and Z, the majority of participants are high school graduates, while in Generation Y, the majority have a bachelor's degree or higher. In Generations X and Y, the participants are mostly married, while in Generation Z, the participants are mostly single. Across the entire study group, 46.4% of the participants are high school graduates, 74.5% had a nuclear family structure, 52.9% are married, and 56.2% have income equal to expenses (Table 1).

Table 1. The socio-demographic characteristics of Generations X, Y, Z, and all participants.

Characteristics	Gen X n (%)	Gen Y n (%)	Gen Z n (%)	Total n (%)
Age (M±Std)	49.8±4.5	32.6±5.9	19.2±1.3	33.9±13.1
Min – max	(44-62 age)	(23-43 age)	(18-22 age)	(18-62 age)
Education Level				
Primary school	86 (22.9)	23 (5.8)	2 (0.5)	111 (9.7)
Middle school	85 (22.6)	46 (11.5)	12 (3.2)	143 (12.5)
High school	115 (30.6)	113 (28.3)	305 (81.8)	533 (46.4)
Graduate and post-graduate	90 (23.9)	217 (54.4)	54 (14.5)	361 (31.4)
Family Type				
Nuclear family	223 (59.3)	318 (79.7)	314 (84.2)	855 (74.5)
Extended family	118 (31.4)	72 (18.0)	40 (10.7)	230 (20.0)
Single-parent family	35 (9.3)	9 (2.3)	19 (5.1)	63 (5.5)
Marital status				
Single	44 (11.7)	134 (33.6)	363 (97.3)	541 (47.1)
Married	332 (88.3)	265 (66.4)	10 (2.7)	607 (52.9)
Employment status				
Yes	271 (72.1)	304 (76.2)	29 (7.8)	604 (52.6)
No	105 (27.9)	95 (23.8)	344 (92.8)	544 (47.4)
Perceived Income				
Income less than expenses	108 (28.7)	73 (18.3)	86 (23.1)	267 (23.3)
Income equal to expenses	199 (52.9)	242 (60.7)	204 (54.7)	645 (56.2)
Income more than expenses	69 (18.4)	84 (21.1)	83 (22.3)	236 (20.6)
Social security				
Yes	360 (95.7)	358 (89.7)	192 (51.5)	910 (79.3)
No	16 (4.3)	41 (10.3)	181 (48.5)	238 (20.7)
Presence of Children				
Yes	347 (92.3)	238 (59.6)	9 (2.4)	594 (51.7)
No	29 (7.7)	161 (40.4)	364 (97.6)	554 (48.3)
Total	376 (100)	399 (100)	373 (100)	1148 (100)

M: Mean, Std: Standard deviation, n: number, %: percentage.

When examining the environmental education status of Generations X, Y, and Z, it is observed that Generations Y and Z have a higher frequency of receiving environmental education compared to Generation X. Regarding the willingness to receive environmental education, it was found that the desire for environmental education is higher in Generations X and Y compared to Generation Z. Evaluating the disposal of waste cooking oil and batteries, it is noted that individuals from Generation Y dispose of waste cooking oil and batteries in the respective

units more frequently than those from Generation X. Regarding awareness of the definitions of carbon footprint and ecological footprint, it is observed that in Generation X, a higher proportion is not aware of these terms compared to Generations Y and Z. When examining the perception of environmental responsibility among Generations X, Y, and Z, it is observed that in Generation Z, the belief that environmental responsibility should be shared by everyone is less prevalent compared to Generations X and Y (Table 2).

In the entire sample, it was determined that 67.8% of participants did not receive any environmental education, 84.8% did not join any environmental non-governmental organization, 50.3% did not read environmental reports related to their regions, 36.8% did not know the location of recycling bins in their regions, 59.1% were unfamiliar with the definition of carbon footprint, and 62.1% were unfamiliar with the definition of ecological footprint. When examining participants' environmental behaviors, it was found that 34.4% did not use recycling bins, 81.1% poured used cooking oil down the drain or into the trash, and 43.6% disposed of used batteries in the trash. Additionally, when participants' views on environmental health responsibility were examined, it was determined that 77.5% believed that environmental responsibility should be shared by everyone (Table 2).

Table 2. Environmental education and some environmental behaviors of X, Y, Z generations and the participants.

Characteristics	Gen X n (%)	Gen Y n (%)	Gen Z n (%)	Total n (%)
Having received environmental education				
Yes	66 (17.6)	153 (38.3)	151 (40.5)	370 (32.2)
No	310 (82.4)	246 (61.7)	222 (59.5)	778 (67.8)
Willingness to receive environmental education				
Yes	264 (70.2)	273 (68.4)	174 (46.6)	711 (61.9)
No	112 (29.8)	126 (31.6)	199 (53.4)	437 (38.1)
Being a member of an NGO				
Var	43 (11.4)	82 (20.6)	50 (13.4)	175 (15.2)
Yok	333 (88.6)	317 (79.4)	323 (86.6)	973 (84.8)
Participating in environmental activities				
Yes	92 (24.5)	161 (40.4)	153 (41.0)	406 (35.4)
No	284 (75.5)	238 (59.6)	220 (59.0)	742 (64.6)
Reading environmental reports				
Yes	211 (56.1)	226 (56.6)	134 (35.9)	571 (49.7)
No	165 (43.9)	173 (43.4)	239 (64.1)	577 (50.3)
Knowing the location of recycling bins				
Yes	268 (71.3)	272 (68.2)	185 (49.6)	725 (63.2)
No	108 (28.7)	127 (31.8)	188 (50.4)	423 (36.8)
Using the recycling bins				
Yes	259 (68.9)	291 (72.9)	215 (57.6)	765 (66.6)
No	117 (31.1)	108 (27.1)	158 (42.4)	383 (33.4)
Disposal of used cooking oil				
Pouring into the sink/trash	117 (31.1)	96 (24.1)	87 (23.3)	300 (26.1)
Collecting separately and throwing in the trash	194 (51.6)	221 (55.4)	213 (57.1)	628 (54.7)
Depositing in the waste oil container	65 (17.3)	82 (20.6)	73 (19.6)	220 (19.2)
Disposal of waste batteries				
Throwing in the trash	172 (45.7)	154 (38.6)	175 (46.9)	501 (43.6)
Waste battery collection unit	204 (54.3)	245 (61.4)	198 (53.1)	647 (56.4)
Knowing the definition of carbon footprint				
Yes	66 (17.6)	167 (41.9)	236 (63.3)	469 (40.9)
No	310 (82.4)	232 (58.1)	137 (36.7)	679 (59.1)
Knowing the definition of ecological footprint				
Yes	55 (14.6)	163 (40.9)	217 (58.2)	435 (37.9)
No	321 (85.4)	236 (59.1)	310 (41.8)	713 (62.1)

The mean ELSA score for generation X is 91.2±6.9. When determinants for generation X (enter model) were examined, it was found that perceived income level (β=-0.152) and the disposal of used batteries in designated recycling units (β=-0.139) were significant determinants of environmental literacy. These two variables account for approximately 9% of environmental literacy for generation X (Table 3).

The mean ELSA score for Generation Y is 89.3±9.1. When determinants (enter model) for Generation Y were examined, it was observed that willingness to receive environmental education (β=-0.181), reading environmental reports (β=-0.110), disposing of used cooking oil separately in the trash and depositing it in the waste oil container (β=-0.168), and disposing of used batteries in the waste battery collection units (β=-0.119) are the determinants of environmental literacy. These variables account for approximately 14% of environmental literacy for Generation Y (Table 4).

The mean ELSA score for Generation Z is 82.1±11.5. When determinants (enter model) for Generation Z were examined, it was seen that nuclear family type (β=-0.131), perception of income equal to or greater than expenses (β=-0.110), lack of social security (β=-0.169), willingness to receive environmental education (β=-0.168), and the use of recycling bins (β=-0.212) are determinants of environmental literacy. Specifically, having a nuclear family structure increases the scale score by 6.3 points, and using a recycling bin increases it by 4.9 points. These variables account for approximately 22.4% of environmental literacy for Generation Z (Table 5).

The mean ELSA score for all participants is 87.6±10.1. When determinants (enter model) of environmental literacy were examined for participants, it was found that being from Generation X and Y (β=-0.267), having a bachelor's degree or higher education level (β=-0.060), perceiving income equal to or greater than expenses (β=-0.100), lack of social security (β=-0.077), willingness to receive environmental education (β=-0.128), reading environmental reports (β=-0.089), using recycling bins (β=-0.129), disposing of used cooking oil in a separate container and depositing it in the waste oil container (β=-0.066), and disposing of waste batteries in the waste battery collection units (β=-0.060) are determinants of environmental literacy. Specifically, being from Generation X and Y increases the scale score by 5.7 points, recycling bin usage increases it by 2.7 points, and the willingness to receive environmental education increases it by 2.6 points. These variables explain approximately 23.1% of environmental literacy for participants (Table 6).

Table 3. Determinants of Environmental Literacy for Generation X.

Independent Variables	Unstandardized Coefficients					
	B	SE	*B*	t	p	95.0% CI
Level of Education (0: Graduate and post-graduate)	-1.125	0.935	-0.069	-1.203	0.230	-2.964 - 0.714
Family type (0: nuclear and single-parent family)	-1.451	0.826	-0.097	-1.756	0.080	-3.075 – 0.174
Employment status (0: Yes)	-0.745	0.812	-.048	-0.918	0.359	-.2341 – 0.851
Perceived income level (0: income equal to expenses)	-2.105	0.702	-0.152	-2.997	0.003	-3.487 - -0.724
Reading environmental reports (0: Yes)	-.1314	0.724	-0.094	-1.815	0.070	-2.279 – 0.110
Disposal of used cooking oil (0: Disposing separately)	-0.431	0.863	-0.029	-0.499	0.618	-2.127 – 1.266
Disposal of waste batteries (0: Throwing in the waste battery collection units)	-1.930	0.857	-0.139	-2.252	0.025	-3.616 - -0.245

Abbreviations: CI, confidence interval; SE, standard error; β, standardized regression coefficient.
Durbin–Watson = 1.586
F = 6.245, p < 0.001
R = 0.326 R^2 = 0.106 Adjusted R^2 = 8.9%
* The significance level was accepted as p < 0.05.

Table 4. Determinants of Environmental Literacy for Generation Y

Independent variables	Unstandardized Coefficients					
	B	SE	*β*	t	p	95.0% CI
Perceived income (0: Equal and more)	-1.846	1.119	-0.079	-1.649	0.100	-4.046 – 0.354
Willingness to receive education (0: Yes)	-3.521	0.963	-0.181	-3.657	0.000	-5.414 - -1.628
Reading environmental reports (0: Yes)	-2.008	0.905	-0.110	-2.219	0.027	-3.787 - -0.229
Using recycling bins (0: Yes)	1.422	0.989	0.073	1.438	0.151	-0.522 – 3.365
Disposal of used cooking oil (0: Disposing separately)	-3.570	1.107	-0.168	-3.225	0.001	-5.747 - -1.394
Disposal of used batteries (0: Using battery recycling unit)	-2.216	1.006	-0.119	-2.203	0.028	-4.193 - -0.239
Knowing the definition of carbon footprint (0: Yes)	-1.251	0.902	-0.68	-1.386	0.166	-3.024 – 0.523

Abbreviations: CI, confidence interval; SE, standard error; β, standardized regression coefficient.
Durbin–Watson = 1.704
F = 10.123, p < 0.001
R = 0.392 R^2 = 0.153 Adjusted R^2 = 13.8%
* The significance level was accepted as p < 0.05.

Table 5. Determinants of Environmental Literacy for Generation Z

Independent variables	Unstandardized Coefficients					
	B	SE	*β*	t	p	95.0% CI
Level of Education (0: Graduate and post-graduate)	-0.690	1.596	-0.021	-0.432	0.666	-3.828 – 2.448
Family type (0: Nuclear and single-parent)	-6.330	1.269	-0.132	-2.828	0.005	--6.085 - -1.093
Perceived income (0: income equal to or more than expenses)	-3.589	0.905	-0.110	-2.219	0.027	-3.787 - -0.229
Social security (0: No)	-3.890	1.085	-0.169	-3.584	0.000	-6.024 - -1.756
Willingness to receive education (0: Yes)	-3.878	1.134	-0.168	-3.419	0.001	-6.109 - -1.647
Reading environmental reports (0: Yes)	-2.204	1.1164	-0.092	-1.893	0.059	-4.493 – 0.086
Knowing recycling bins (0: Yes)	-1.103	1.186	-0.048	-0.929	0.353	-3.436 – 1.231
Using recycling bins (0: Yes)	-4.929	1.153	-0.212	-4.273	0.000	-7.197 - -2.661
Disposal of used cooking oil (0: Disposing separately)	-1.069	1.309	-0.039	-0.817	0.415	-3.643 – 1.505
Disposal of waste batteries (0: Using battery recycling unit)	-0.954	1.170	-0.041	-0.815	0.416	-3.255 - 1.347
Knowing the definition of carbon footprint (0: Yes)	-1.964	1.110	-0.082	-1.770	0.078	-4.147 - 0.218

Abbreviations: CI, confidence interval; SE, standard error; β, standardized regression coefficient.
Durbin–Watson = 1.641
F = 10.785, p < 0.001
R = 0.497 R^2 = 0.247 Adjusted R^2 = 22.4%
* The significance level was accepted as p < 0.05.

Table 6. Determinants of participants' environmental literacy

Independent variables	Unstandardized Coefficients					
	B	SE	*β*	t	p	95.0% CI
Generation (0: X and Y)	-5.760	1.005	-0.267	-5.570	0.000	-7.732 - -3.787
Level of Education (0: Graduate and post-graduate)	-1.315	0.657	-0.060	-2.000	0.046	-2.605 - -0.025
Perceived income (0: income equal to or more than expenses)	-2.399	0.631	-0.100	-3.799	0.000	-3.638 - -1.160
Employment status (0: Yes)	-0.098	0.706	-0.005	-0.139	0.890	-1.483 – 1.287
Presence of children (0: Yes)	-0.803	0.936	-0.40	-0.858	0.391	-2.640 – 1.034
Marital status (0: Married)	-0.660	0.932	-0.033	-0.707	0.479	-2.489 – 1.170
Social security (0: No)	-1.930	0.765	-0.077	-2.522	0.012	-3.431 - -0.428
Willingness to receive environmental education (0: Yes)	-2.667	0.578	-0.128	-4.614	0.000	-3.801 - -1.533
Reading environmental reports (0: Yes)	-1.794	0.575	-0.089	-3.120	0.002	-2.922 – -0.666
Knowing about recycling bins (0: Yes)	-0.295	0.624	-0.014	-0.472	0.637	-1.519 – 0.930
Using recycling bins (0: Yes)	-2.762	0.615	-0.129	-4.489	0.000	-3.969 - -1.555
Disposal of used cooking oil (0: Disposing separately)	-1.527	0.663	-0.066	-2.305	0.021	-2.827 – -0.227
Disposal of used batteries (0: Using battery recycling unit)	-1.219	0.613	-0.060	-1.987	0.047	-2.422 - -0.015
Knowing the definition of ecological footprint (0: Yes)	0.969	0.618	0.047	1.568	0.117	-0.244 – 2.183

Abbreviations: CI, confidence interval; SE, standard error; β, standardized regression coefficient.
Durbin–Watson = 1.617, F = 25.640, p < 0.001, R = 0.491, R^2 = 0.241, Adjusted R^2 = 23.1%
* The significance level was accepted as p < 0.05.

DISCUSSION

Due to the distinct eras that shape Generations X, Y, and Z within society, responsible environmental behaviors such as environmental knowledge, environmental awareness, the use of recycling units, and the use of waste batteries and oil units may vary. Despite

numerous studies in the literature evaluating environmental literacy in different groups, it has been observed that the environmental literacy and behaviors of society have not been examined specifically for generations X, Y, and Z. Based on this gap in the literature, this study was conducted to evaluate the environmental literacy and behaviors of generations X, Y, and Z. Variations in sociodemographic characteristics, including education level, marital status, employment status, and the presence of children among Generations X, Y, and Z, are interpreted as anticipated differences resulting from the transformations individuals undergo across age periods and life courses

The study found that high education levels and perceived income equal to or higher than expenses are the determinants of environmental literacy. The existing literature on the subject reports varying research results, such as students with parents having higher education levels having better environmental knowledge, attitudes, and behaviors (Akıllı & Genç, 2015), no difference in environmental literacy and behavior between children based on parental education levels (Koç et al., 2018), and no impact of income status on environmental literacy (Karatekin & Aksoy, 2012). Knowledge is acquired through various ways and processes, including the educational process, experiences, and interaction with peer groups. Individuals with higher education levels are thought to have higher environmental literacy due to their experiences of acquiring knowledge about environmental issues during their educational lives or participating in activities to increase environmental knowledge. Individuals with a higher income perception are believed to have higher environmental literacy due to factors such as using products that can be recycled within their economic means and having greater access to health-related information due to their higher technological capabilities. Additionally, education levels and economic status, which are social determinants of health, are expected to positively influence environmental literacy, as observed in various literacies (Atabek-Yiğit et al., 2013; Brevaman & Gottlieb, 2014).

While the study revealed that marital status and the presence of children are not determinants of environmental literacy, it is reported in contrast that the parents of Generation Z play a crucial role in enhancing environmental literacy and exhibiting responsible environmental behavior (Aktan & Kethüda, 2024). Due to various reasons such as the educational process, social media, and the increasing focus on environmental issues.

The study found that willingness to receive environmental education is a determinant of environmental literacy. In the literature, it is reported that individuals who consider themselves environmentally sensitive and have an interest in environmental issues tend to have higher environmental literacy (Çelik, 2016). Additionally, those who are curious about the environment and experience an increase in environmental curiosity also tend to have higher environmental literacy (Karatekin & Aksoy, 2012). Individuals with high knowledge, awareness, and literacy in a particular subject may feel responsible and inclined to take initiatives to acquire new information and adopt appropriate behaviors (Liu et al., 2022). Therefore, it can be interpreted that individuals with high environmental literacy are more likely to express a willingness to receive environmental education. Within this context, considering the shared responsibility for environmental and environmental health issues, it is recommended to enhance awareness and promote responsible environmental health and behavior for all individuals.

The study found that reading environmental reports is a determinant of environmental literacy. Considering that literacy is associated with skills such as information search, retrieval, reading, understanding, and analysis, individuals who read environmental reports are likely to have higher environmental literacy (McBride et al., 2013). Acknowledging that reading environmental reports supports environmental literacy and can contribute to the acquisition of responsible behavioral changes, it is recommended to provide information on how to access regional, national, and international environmental reports. Additionally, sharing reports through social media could be a significant initiative to increase the reading of reports (Aktan & Kethüda, 2024).

The study found that the use of recycling bins, disposing of waste batteries in battery units, and proper disposal of waste cooking oil in oil units or separately in the trash are determinants of environmental literacy. Disposing of waste batteries in the trash and pouring waste cooking oil down the drain or in the trash can lead to significant water and soil pollution, making the cleaning process difficult and expensive (Ministry of Environment and Urbanization, 2015). Proper disposal of waste batteries and cooking oil helps prevent soil and water pollution, reducing economic losses (Ministry of Environment and Urbanization, 2014). The recycling system contributes to preventing raw material and cost losses by enabling the recovery of waste materials such as paper, glass, plastic, and metal (Ministry of Environment and Urbanization, 2021). Individuals with high environmental knowledge and literacy are expected to exhibit responsible environmental behaviors, such as using recycling bins and properly disposing of waste batteries and cooking oil. Considering the potential positive impact of responsible environmental behaviors on preventing water and soil pollution and reducing raw material and financial losses, it is recommended to provide information for the acquisition

and maintenance of responsible environmental behaviors. Additionally, to support responsible environmental behaviors, widespread use of recycling bins, community-based education on responsible environmental behaviors at the local and national levels, organizing campaigns that encourage responsible environmental behaviors (such as coffee vouchers, financial incentives), and creating awareness through communication tools such as television and radio with informational messages and public service announcements are suggested (McBride, 2013).

Before the research, it was anticipated that generation X would have high environmental literacy but fewer appropriate environmental behaviors, generation Y would be less sensitive to environmental events and have lower environmental literacy compared to generation X, and generation Z would have higher awareness of responsible environmental behaviors but lower environmental literacy compared to generations X and Y. According to the research results, it was determined that the environmental literacy of generations X and Y is higher than that of generation Z, but responsible environmental behaviors such as using recycling bins, waste battery units, and waste cooking oil units are higher in generation Z compared to generations X and Y. In light of the research results, the research hypothesis (H0: There is no difference in environmental literacy among generations X, Y, and Z) was rejected, and it was found that the environmental literacy of the generations that make up society could be different. Individuals in generation X having high environmental literacy may be related to their sensitivity to societal events, but their cautious attitudes towards environmental behaviors such as using recycling bins and properly disposing of waste cooking oil and used batteries due to their reserved nature imposed by the era, they live in. Additionally, the high environmental literacy of individuals in generation X may be related to their knowledge about the environment throughout their lives, gaining information about the environment through various sources and different situations. The environmental literacy of generation Y is lower than that of generation X and higher than that of generation Z. Similarly, in terms of knowing the definitions of carbon footprint and ecological footprint, generation Y is better than generation X but worse than generation Z. Moreover, the higher membership in civil society organizations and participation in environmental activities of generation Y compared to generations X and Z may also be an indicator of their inclination towards independence. As for generation Z, their environmental literacy is considered to be lower than that of generations X and Y. However, their awareness of responsible environmental behaviors is higher, which can be attributed to the frequent discussion of environmental issues during the period they live in and their high awareness of appropriate environmental behaviors for solving environmental problems. Despite being more advantageous in knowing and implementing responsible environmental behaviors, their lack of deep and rich knowledge on the subject may lead to lower environmental literacy compared to generations X and Y. A literature review on purchasing environmentally friendly clothing across different generations indicates that younger generations hold more positive attitudes toward such purchases (Notaro ve Paletto, 2022). Additionally, research shows that Generation Z demonstrates more responsible behavior regarding environmental issues (Volkova et al., 2020). The research findings align with existing literature.

When evaluated both within generational contexts and for the entire participant group, responsible environmental behaviors such as using recycling bins, disposing of waste batteries in designated units, and depositing used cooking oil in collection units were found to be insufficient in society. Considering this inadequacy, it is recommended to raise awareness about environmental health in the community, support responsible environmental behaviors through environmental education initiatives, and implement plans to enhance and encourage the use of recycling bins, with a focus on local collaborations and sustainability. Additionally, it is suggested to conduct planning for promoting recycling, including financial incentives, coffee vouchers, and similar approaches. Leveraging the environmental knowledge of Generation X and Generation Z disseminating appropriate environmental behaviors, such as waste battery disposal and recycling utilization, throughout the entire community, could be facilitated through intergenerational interaction in social responsibility projects like 'Inform Someone in Your Environment' and 'Both Inform and Learn,' especially by capitalizing on the knowledge of Generation X and promoting initiatives that encourage interaction between generations.

Limitations: This research, while conducted with a broad sample group, has high generalizability to the broader community and provides significant contributions to the literature; however, it also encompasses certain limitations. Firstly, the study was exclusively conducted in the provincial center, possibly excluding individuals residing in districts. Another limitation is that the research included individuals aged 18 and over, thereby excluding the evaluation of environmental literacy and behaviors of children in middle and high school residing in the provincial center. Additionally, as there are no existing studies assessing the environmental literacy and behaviors of generations X, Y, and Z, the results have been discussed within the scope of the current literature. Despite these limitations, the research results present new insights indicating the community's need for education on

environmental matters and the necessity for collaboration between relevant institutions and local authorities to support appropriate environmental behaviors.

CONCLUSION

This study was conducted in a provincial center in Turkey with the aim of determining the environmental literacy and behaviors of generations X, Y, and Z. It was found that 17.6% of generation X, 38.5% of generation Y, and 40.5% of generation Z received environmental education, while a significant portion of the society, 67.8%, did not receive environmental education. Regarding reading environmental reports, 56.1% of generation X, 56.6% of generation Y, and 35.9% of generation Z were reported to read them. In terms of environmental responsibility, 81.1% of generation X, 85.7% of generation Y, and 64.9% of generation Z believed that environmental responsibility should be shared by everyone.

The research results support existing literature and contribute to it. Considering that environmental education is a key component in supporting environmental literacy, it is recommended to develop educational plans to increase environmental knowledge for every member of society. Periodic environmental education should be conducted in places where individuals gather in large numbers, such as schools, universities, and public institutions. In addition to the crucial role of environmental education in preserving and sustaining environmental health and supporting appropriate environmental behavior, fostering local and national collaborations on the subject will be an important approach. Increasing collaboration with local governments, organizing education programs based on community participation, widespread deployment of recycling bins to promote recycling, and enhancing the sharing of regional and local environmental reports and outcomes with public institutions and society are recommended. Creating public service announcements to support responsible environmental behaviors and initiating efforts to enhance the interaction between generations X, Y, and Z will also be essential. Generation Z may have higher awareness of the environment and responsible environmental behavior. Generation Z could serve as a means to transfer knowledge and raise awareness about environmental literacy and responsible environmental behavior to Generations X and Y. To enhance environmental knowledge, cultivate habits of responsible environmental behavior, and ensure sustainable environmental conditions, it is recommended to organize projects and campaigns aimed at increasing interaction between Generation Z and different individuals for the transfer of environmental knowledge and responsible environmental behavior to Generations X and Y. Future studies are recommended to evaluate the impact of environmental education provided to the community on environmental literacy and responsible environmental behaviors.

ACKNOWLEDGEMENTS

We would like to thank TÜBİTAK for supporting the research and all participants.

Conflict of Interest/Competing Interests: There is no.

Ethical Approval: Artvin Çoruh University (Number: E-18457941-050.99-52669, Date: 20.06.2022).

Consent to Participate: During the data collection process, the participants were informed about the research topic and content, and their written consent was obtained. This research was conducted in accordance with the principles of the Helsinki Declaration.

Consent to Publish: It was decided jointly by the authors that this manuscript could be published.

Data availability statement: Research data are available upon reasonable request from the corresponding author.

Author contributions: All authors contributed to the study conception and design.

Research design: Deniz Sümeyye YORULMAZ DEMİR, Tuğba Nur KARAKIŞ, and Esra YAVUZ.

Literature search: Deniz Sümeyye YORULMAZ DEMİR

Data collection: Tuğba Nur KARAKIŞ, and Esra YAVUZ.

Data analysis: Deniz Sümeyye YORULMAZ DEMİR.

Manuscript writing: Deniz Sümeyye YORULMAZ DEMİR, Tuğba Nur KARAKIŞ, and Esra YAVUZ.

Supervision-consultancy: Deniz Sümeyye YORULMAZ DEMİR.

REFERENCES

Akıllı, M. & Genç, M. (2015). Ortaokul Öğrencilerinin Çevre Okuryazarlığı Alt Boyutlarının Çeşitli Değişkenler Açısından İncelenmesi. *Sakarya University Journal of Education*, ***5***(2), 81-97.

Aktan, M. & Kethüda, Ö. (2024). The role of environmental literacy, psychological distance of climate change, and collectivism on generation Z's collaborative consumption tendency. *Journal of Consumer Behaviour*, ***23***(1), 126-140. DOI: 10.1002/cb.2159

Ardoin, N. M., Bowers, A. W., & Wheaton, M. (2023). Leveraging collective action and environmental literacy to address complex sustainability challenges. *Ambio*, ***52***(1), 30-44. DOI: 10.1007/s13280-022-01764-6

Atabek-Yiğit, E., Köklükaya, N., Yavuz, M. & Demirhan, E. (2014). Development and validation of environmental literacy scale for adults (ELSA). *Journal of Baltic Science Education*, ***13***(3), 425.

Bahar, M. & Kiras, B. (2017). Türkiye'de yayımlanan çevre eğitimi konulu makale ve tezlerin genel analizi. *Abant İzzet Baysal Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*. ***17***(4), 1702-1720. DOI: 10.17240/aibuefd.2017.17.32772-363962

Blanca, M. J., Arnau, J., López-Montiel, D., Bono, R., & Bendayan, R. (2013). Skewness and kurtosis in real data samples. *Methodology*. ***9***(2), 78-84. DOI: 10.1027/1614-2241/a000057

Braveman, P. & Gottlieb, L. (2014). The social determinants of health: it's time to consider the causes of the causes. *Public Health Reports*, ***129***(1-suppl.2), 19-31. DOI: 10.1177/00333549141291S206

Çelik, S. (2016). Hemşirelik ve tıp öğrencilerinin çevre sorunlarına yönelik tutumları. *Sağlık Bilimleri ve Meslekleri Dergisi*. ***3***(2), 91-98. DOI: 10.17681/hsp.79715

Demirtaş, N., Akbulut, M.C. & Özşen, Z.S. (2018). Üniversite öğrencilerinin çevre okuryazarlığı üzerine bir araştırma: Beypazarı Meslek Yüksekokulu örneği. *Journal of Anatolian Environmental and Animal Sciences*, ***3***(1), 27-33. DOI: 10.35229/jaes.392248

Erdoğan. S., Nahcivan, N. & Esin, M.N. (Eds.). (2015). *Hemşirelikte araştırma: süreç, ugulama ve kritik*. Nobel Tıp Kitabevi. Ankara. Türkiye.

Febriasari, L.K. & Supriatna, N. (2017). Enhance environmental literacy through problem based learning. *In Journal of Physics: Conference Series*, ***895***(1), 012163. DOI: 10.1088/1742-6596/895/1/012163

Fettahlıoğlu, P. (2018). Algılanan çevresel sorunların çevre okuryazarlık düzeyine göre analizi. *Mersin Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, ***14***(1), 404-425. DOI: 10.17860/mersinefd.400607

Gıcır, B., Oruç, I. & Özatlı, N.S. (2020). X, Y, Z kuşaklarının çevre davranış düzeylerinin farklı değişkenlere göre incelenmesi: Balıkesir örneği. *Eğitim ve Toplum Araştırmaları Dergisi*, ***7***(2), 491-516.

Gürbüz, H. & Kışoğlu, M. (2017). Biyoloji öğretmeni adaylarının çevre okuryazarlığını artırmaya yönelik öğrenci merkezli etkinlikler hakkındaki düşünceleri. *Erzincan Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, ***19***(2), 74-90. DOI: 10.17556/erziefd.312300

Kalın, ÖU. (2018). Ortaokul öğrencilerinin çevre okuryazarlık düzeylerinin belirlenmesi (Artvin il örneği). *Avrasya Uluslararası Araştırmalar Dergisi*, ***6***(13), 155-170. DOI: 10.33692/avrasyad.510012

Karatekın, K. & Aksoy, B. (2012). Sosyal bilgiler öğretmen adaylarının çevre okuryazarlık düzeylerinin çeşitli değişkenler açısından incelenmesi. *Electronic Turkish Studies*, ***7***(1), 1423-1438.

Kayabek, İ. (2021). *Environmental literacy, ecological footprint awareness, environmental behavior and related factors ın adults living ın both rural and urban regıons.* Master's thesis, TR Balıkesir University Institute of Health. Balıkesir, Türkiye, 100s.

Koç, A., Çorapçıgil, A. & Doğru, M. (2018). Fen bilgisi öğretmen adaylarının çevre okuryazarlık düzeylerinin incelenmesi. *Eğitim ve Yeni Yaklaşımlar Dergisi*, ***1***(1), 39-52.

Kışoğlu, M., Gürbüz, H., Sülün, A., Alaş, A., & Erkol, M. (2010). Çevre okuryazarlığı ve çevre okuryazarlığı ile ilgili Türkiye'de yapılan çalışmaların değerlendirilmesi. *International Online Journal of Educational Sciences*, ***2***(3), 772-791.

Kıyıcı, F.B., Yiğit, E.A. & Darçın, E.S. (2014). Doğa eğitimi ile öğretmen adaylarının çevre okuryazarlık düzeylerindeki değişimin ve görüşlerinin incelenmesi. *Trakya Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, ***4***(1), 17-27.

Lemeshow, S, Hosmer, Jr D.W., Klar, J. & Lwanga, S.K. (2000). *Sağlık Araştırmalarında Örneklem Büyüklüğünün Yeterliliği*. S. Oğuz Kayaalp (Ed.), Sağlık Araştırmalarında Örneklem Büyüklüğünün Yeterliliği, Ankara, Hacettepe TAŞ Kitapevi. P.143-6.

Lin, P.H. & Chen, W.H. (2022). Factors that influence consumers' sustainable apparel purchase intention: The moderating effect of generational cohorts. *Sustainability*, ***14***(14), 8950. DOI: 10.3390/su14148950

Liu, J., Chen, Q. & Dang, J. (2022). New intergenerational evidence on reverse socialization of environmental literacy. *Sustainability Science*, ***17***(6), 2543-2555. DOI: 10.1007/s11625-022-01194-z

Maurer, M. & Bogner, F.X. (2020). Modelling environmental literacy with environmental knowledge, values and (reported) behavior. *Studies in Educational Evaluation*, ***65,*** 100863. DOI: 10.1016/j.stueduc.2020.100863

McBride B., Brewer, C.A., Berkowitz, A.R. & Borrie, W.T. (2013). Environmental literacy, ecological literacy, ecoliteracy: What do we mean and how did we get here? *Ecosphere*, ***4***(5), 1-20. DOI: 10.1890/ES13-00075.1

Notaro, S. & Paletto, A. (2022). Attitude and willingness to pay of young generations toward bio-textile produced using wood fibers. *Annals of Silvicultural Research*, ***47***(1), 10-23. https://journals-crea.4science.it/index.php/asr

Nurwidodo, N., Amin, M., Ibrohim, I. & Sueb, S. (2020). The role of eco-school program

(Adiwiyata) towards environmental literacy of high school students. *European Journal of Educational Research*, ***9***(3), 1089-1103. DOI: 10.12973/eu-jer.9.3.1089

Pesaran, M.H. & Yamagata, T. (2008). Testing slope homogeneity in large panels. *Journal of Econometrics*, ***142***(1), 50-93. DOI: 10.1016/j.jeconom.2007.05.010

Purvis, B., Mao, Y. & Robinson, D. (2019). Three pillars of sustainability: in search of conceptual origins. *Sustainability Science*, ***14,*** 681-695. DOI: 10.1007/s11625-018-0627-5

Roth CE. (1992). Environmental literacy: its roots, evolution and directions in the 1990s. Columbus, OH: ERIC Clearinghouse for Science, Mathematics, and Environmental Education. ED348235.pdf

Rowe, D. (2002). Environmental literacy and sustainability as core requirements: Success stories and models. *Teaching Sustainability At Universities*. 79-103. Microsoft Word - 3EE738B9-7001-20FA8B.doc (stmarys-ca.edu)

Suryawati, E., Suzanti, F., Zulfarina, Z., Putriana, A. R. & Febrianti, L. (2020). The implementation of local environmental problem-based learning student worksheets to strengthen environmental literacy. *Jurnal Pendidikan IPA Indonesia*, ***9***(2), 169-178. http://journal.unnes.ac.id/index.php/jpii

Şenyuva, E. & Bodur, G. (2016). Üniversite Öğrencilerinin Nükleer Santrallere İlişkin Görüşleri İle Çevre Okuryazarlık Düzeyleri İlişkisi. *Journal of Kirsehir Education Faculty*, ***17***(1), 19-37

T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı. (2014). Atik pil ve akümülatörlerin kontrolü yönetmeliği Atık Pil ve Akümülatörlerin Kontrolü Yönetmeliğinde Değişiklik Yapılmasına Dair Yönetmelik yayımlandı. (csb.gov.tr) (01 Ocak 2024)

T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı. (2015). Bitkisel atik yağlarin kontrolü yönetmeliği. Başbakanlık Mevzuatı Geliştirme ve Yayın Genel Müdürlüğü (resmigazete.gov.tr) (01 Ocak 2024)

T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı. (2021). Sıfır atık yönetmeliği GeneratePdf (mevzuat.gov.tr) (01 Ocak 2024)

Veisi, H., Lacy, M., Mafakheri, S. & Razaghi, F. (2019). Assessing environmental literacy of university students: A case study of Shahid Beheshti University in Iran. *Applied Environmental Education & Communication*, ***18***(1), 25-42. DOI: 10.1080/1533015X.2018.1431163

Volkova, A., Proskurova, I. & Yevsieieva, L. (2020). Study the attitude of the Ukrainian citizens to the environmental problems in the context of the theory of generations. Study the attitude of the Ukrainian citizens to the environmental problems in the context of the theory of generations. ScienceRise: *Pharmaceutical Science*, ***2***(24), 18-25. DOI: 10.15587/2519-4852.2020.201075

Journal of Anatolian Environmental and Animal Sciences
(*Anadolu Çevre ve Hayvancılık Bilimleri Dergisi*)
DOI: https://doi.org/10.35229/jaes.1583056

JAES
Year: 9, No: 4, 2024 (806-815)
AÇEH
Yıl: 9, Sayı: 4, 2024 (806-815)

ARAŞTIRMA MAKALESİ **RESEARCH PAPER**

Mobilya Endüstrisinde Kullanılan Tropik Kökenli Bazı Ağaç Türlerinin En İyi Yüzey Pürüzlüğü, Islanabilirlik ve Enerji Tüketimi için CNC Parametrelerinin Belirlenmesi [*]

Evren Osman ÇAKIROĞLU[1*] Ümit BÜYÜKSARI[2] Taner TAŞDEMİR[1]
[1]İç Mekan Tasarımı Programı, Tasarım Bölümü, Artvin MYO, Artvin Çoruh Üniversitesi, Artvin, Türkiye
2 Orman Endüstri Mühendisliği Bölümü, Orman Fakültesi, Düzce Üniversitesi, Düzce, Türkiye

Geliş Tarihi: *11.11.2024* ***Kabul Tarihi:*** *18.12.2024* ***Basım Tarihi:*** *31.12.2024*

Atıf yapmak için: **Çakiroğlu, E.O., Büyüksari, Ü. & Taşdemir, T. (2024).** Mobilya endüstrisinde kullanılan tropik kökenli bazı ağaç türlerinin en iyi yüzey pürüzlüğü, islanabilirlik ve enerji tüketimi için CNC parametrelerinin belirlenmesi. *Anadolu Çev. ve Hay. Dergisi,* ***9***(4), 806-815. https://doi.org/10.35229/jaes.1583056

How to cite: **Çakiroğlu, E.O., Büyüksari, Ü. & Taşdemir, T. (2024).** Determination of CNC Parameters for the Best Surface Roughness, Wettability, Energy Consumption of Some Wood Species of Tropical Origin Used in the Furniture Industry. *J. Anatolian Env. and Anim. Sciences,* ***9***(4), 806-815. https://doi.org/10.35229/jaes.1583056

*: https://orcid.org/0000-0001-5303-8967
: https://orcid.org/0000-0002-4856-2876
: https://orcid.org/0000-0001-6692-6656

***Sorumlu yazarın:**
Evren Osman ÇAKIROĞLU
Artvin Çoruh Üniversitesi, Artvin MYO, Tasarım Bölümü, İç Mekan Tasarımı Programı, Artvin, Türkiye
✉: 61evrenosman@artvin.edu.tr

Öz: Bu çalışmada, en iyi ahşap yüzey kalitesi, ıslanabilirliği, enerji tasarrufu için CNC kesim koşullarının belirlenmesi amaçlanmıştır. Ahşap malzeme olarak İROKO (*Chlorophora excelsa*) ve SAPELLİ (*Entandrophragma cylindricum Sprague*) kullanılmış olup ayrı üç bıçak çapı 3-6-8 (mm), devir hızı 12000-15000-18000 (devir/dk) ve kesme hızı 3000-6000-9000 (mm/dk) belirlenmiştir. CNC makinesi ile kesim işlemleri tamamlandıktan sonra tüm gruplar için enerji tüketimi belirlenmiştir. Yüzey pürüzlülüğü ve ıslanabilirlik testleri yapılarak yüzey kaliteleri değerlendirilmiştir. Elde edilen veriler istatistiksel olarak analiz edilerek optimum kesme koşulları oluşturulmuştur. İroko en az yüzey pürüzlülüğüne (3,41 µm) sahiptir. En düzgün yüzeyler İroko ve Sapelli örnekleri için sırasıyla kesici takım çapı 8-3 (mm), devir hızı 18000-12000 (devir/dk), kesme hızı ise her iki türde de 3000 mm/dk olarak ölçülmüştür. Islanabilme konusunda İroko daha kötü sonuçlar vermektedir. Elde edilen değerler İroko (98,85º) ve Sapelli (82,44º) olarak ölçülmüştür. En iyi ıslanabilme durumu sırasıyla kesici takım çapı, devir hızı ve kesme hızına göre sırasıyla İroko da; 3mm-12000 devir/dk- 9000 mm/dk, 6mm-18000 devir/dk- 9000 mm/dk, 8mm-15000 devir/dk- 9000 mm/dk'dır. Sapelli de; 3mm-18000 devir/dk- 9000 mm/dk, 6mm-12000 devir/dk- 3000 mm/dk, 8mm-12000 devir/dk- 6000 mm/dk'dır. Ayrıca, en düşük elektrik tüketimi yüksek kesme hızlarında ölçülmüştür.

Anahtar kelimeler: Ahşap, CNC, yüzey pürüzlülüğü, ıslanabilirlik.

Determination of CNC Parameters for the Best Surface Roughness, Wettability, Energy Consumption of Some Wood Species of Tropical Origin Used in the Furniture Industry[*]

***Corresponding author's:**
Evren Osman ÇAKIROĞLU
Artvin Coruh University, Artvin Vocational School, Department of Design, Interior Design Program, Artvin, Türkiye
✉: 61evrenosman@artvin.edu.tr

Abstract: The aim of this study is to determine the CNC cutting conditions for the best wood surface quality, wettability and energy saving. İROKO (*Chlorophora excelsa*) and SAPELE (*Entandrophragma cylindricum* Sprague) were used as wood materials and three separate blade diameters were determined as 3-6-8 (mm), rotation speed as 12000-15000-18000 (revolution/min) and cutting speed as 3000-6000-9000 (mm/min). After the cutting processes were completed with the CNC machine, energy consumption was determined for all groups. Surface roughness and wettability tests were performed, and surface qualities were evaluated. The obtained data were analyzed statistically and optimum cutting conditions were established. İroko has the least surface roughness (3.41 µm). The smoothest surfaces for İroko and Sapelli samples were measured as cutting tool diameter 8-3 (mm), rotation speed 18000-12000 (rev/min) and cutting speed 3000 mm/min for both types, respectively. İroko gives worse results in terms of wettability. The values obtained were measured as İroko (98.85º) and Sapelli (82.44º). The best wettability status according to cutting tool diameter, rotation speed and cutting speed is 3mm-12000 rev/min- 9000 mm/min, 6mm-18000 rev/min- 9000 mm/min, 8mm-15000 rev/min- 9000 mm/min for İroko, respectively. In Sapele; 3mm-18000 rpm- 9000 mm/min, 6mm-12000 rpm- 3000 mm/min, 8mm-12000 rpm- 6000 mm/min. Also, the lowest electricity consumption was measured at high cutting speeds.

Keywords: Wood, CNC, surface roughness, wettability.

[*]*Bu makale, Evren Osman ÇAKIROĞLU doktora tezinden üretilmiştir.* *This manuscript was produced from Evren Osman ÇAKIROĞLU's doctoral thesis.*

GİRİŞ

Orman kaynaklarının giderek azalması, çevre bilincinin artması sonucu ahşap ve ahşap esaslı ürünlerin bilinçli bir şekilde işlenmesi günümüzde daha da önem kazanmaktadır. Mobilya endüstrisinde, kapı-pencere üretiminde, dekoratif ahşap ürünlerde yaygın biçimde kullanılan CNC ahşap makinalarıyla artan talebi karşılamak ve verimliliği artırmak için çalışmalar yapılmaktadır (Yaghoubi & Rabiei, 2023). Bilgisayar destekli üretimin önemli parçası olan CNC makinalarının orman ürünleri endüstrisinde kullanımı giderek artmakta, kanal açma, freze işlemleri, malzemelere 3D motifler uygulanarak mobilya üretimi gibi işlemlerle farklı tasarımlar elde edilmektedir. Yüzeysel kalite ve verimlilik CNC makinalarını kullanarak artmaktadır (Ohuchı & Murase, 2005).

Ahşap endüstrisi eski dönemlerden beri insan gücüne ve kalifiyeli ustalara bağımlı bir biçimde devam etmiştir. Üretim maliyetleri yüksek, zaman alıcı ve verimliliği düşük şekilde ürünler elde edilmiştir. Devam eden süreçte yüksek teknolojili CNC kullanımı beraberinde artan verimlilik ve düşük enerji tüketimi getirdiği bilinmektedir (Aguilera vd., 2000). Bununla birlikte CNC'ler giderek artan teknolojiyle birlikte 5 eksene kadar işlemler yapmaktadır. Daha hızlı ve hata oranı düşük olan modellemelerin tasarımı ve simülasyonu uygulanmakta, CAD ve CAM programları yardımıyla maksimum verimlilik ve kaliteli ürün için optimum parametreler elde edilmektedir. Bunun sonucunda daha düşük maliyetler ve üretim süreleri oluşmaktadır (Kopac & Sali, 2003; Krimpenis & Vosniakos, 2009; Fountas vd., 2012).

Ahşabın işlenmesi sonucunda boyama, vernikleme, yüzeylerin kaplanması gibi işlemlerin kalitesi yüzey pürüzlülüğü ve ıslanabilirlik gibi etkenlerin en doğru şekilde belirlenmesi ile oluşabilmektedir. Ahşap malzeme kaynaklı sertlik, yoğunluk, rutubet, ağaç türü yüzey pürüzlüğünü etkileyen en önemli unsurlardır. Bununla birlikte kesici takım çapı, bıçak türü ve çapı, uygulanan devir hızı, ilerleme hızı, kesme derinliği gibi malzemeye uygulanan işlemden kaynaklanan faktörler olarak sınıflandırılır (Bajić vd., 2008).

Ahşabın yüzeylerine tutkal, boya ve vernik gibi işlemler uygulanmaktadır. Bu gibi işlemlerin kaliteli bir biçimde oluşması için ahşap yüzeyin ıslanabilme yeteneğinin başarılı olması önemlidir. Yapıştırma ve kaplama işlemlerini önemli ölçüde etkileyen ıslanabilirlik; su , tutkal, boya, vernik gibi sıvının ahşabın içerisine girebilme yeteneğidir. Bundan dolayı sıvının ahşap yüzeyle yakın teması, yapıştırma ve kaplama işlemlerinde kritik rol oynamaktadır (Bekhta & Krystofiak, 2016).

Yüzeysel ıslanabilirlik ahşap yüzey ile su, yapıştırıcı, boya, vernik, kaplayıcı boya vb. sıvıların biyolojik olarak entegrasyonu olarak tanımlanmaktadır. Temas açısının ölçümüyle elde edilir. En kaliteli ıslanabilme kabiliyeti daha küçük açılarda oluşur (Gindl & Tschegg, 2002; Gindl vd., 2004; Rathke & Sinn, 2013; Fang vd., 2016).

Literatüre bakıldığında yapılan çalışmaların çoğunda yüzey pürüzlülüğü sonuç değişkeni kullanıldığı, (Demir vd., 2022; Gürgen vd., 2022; Hazir & Ozcan, 2019; Hazir & Koc, 2019; Stanojevic vd., 2017; Karagöz, 2011; Karagöz vd., 2011; Sütçü, 2013; Supadarattanawong & Rodkwan, 2006; Hazir vd., 2018; Davim vd., 2009; Iskra & Hernandez, 2009). pürüzlülüğün yanında ıslanabililik, enerji tüketimi ve işleme süresinin birlikte incelenmesinin Çakıroğlu vd., (2022) dışında araştırma neredeyse yok hükmündedir. Bundan dolayı çalışmada da yüksek teknolojili CNC ile işlenen bazı tropik kökenli ağaç türlerinden elde edilen masif malzemelerin en iyi ahşap yüzey kalitesi, ıslanabilirliği, enerji ve zaman tasarrufu için CNC kesim koşullarının belirlenmesi amaçlanmıştır.

MATERYAL VE METOT

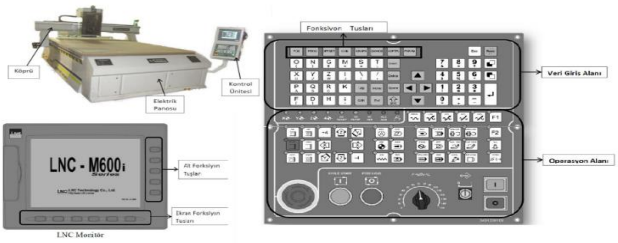
Materyal

Ahşap Malzemeler:Bu çalışmada literatürdeki çalışmalardan farklı olarak mobilya sektöründe yaygın olarak kullanılan tropik kökenli İROKO (*Chlorophora excelsa*) ve SAPELLİ (*Entandrophragma cylindricum* Sprague) keresteleri kullanılmıştır. Kerestelerden elde edilen ahşap parçalar, CNC ile işlem görmeden önce %12 ± %1 nem içeriğine ulaşıncaya kadar iklimlendirme odasında şartlandırılmıştır. Her bir ağaç türünün örnekleri rutubetleri aynı keresteden alınmıştır. Şekil 1'de iroko ve sapelli keresterine ait resimler gösterilmektedir.

Şekil 1. Sapelli ve İroko ağaç malzeme.
Figure 1. Sapele and İroko wood material.

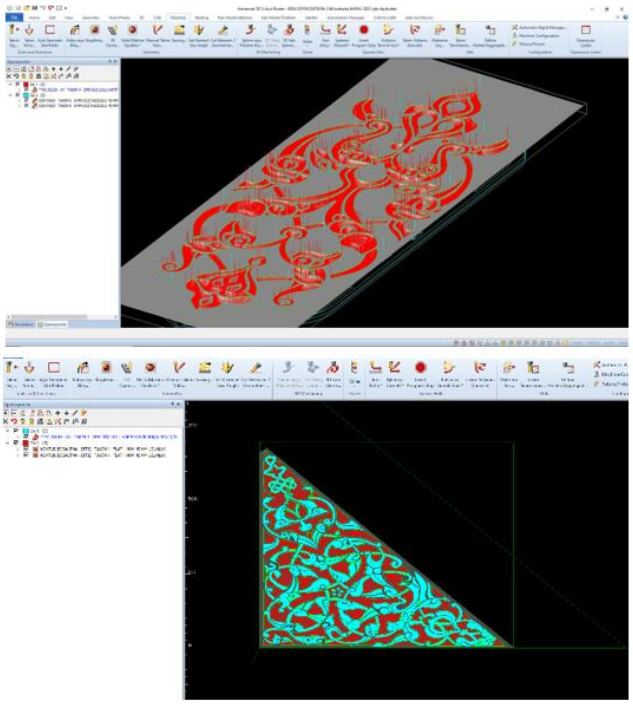
Kullanılan Ahşap İşleme Makinası: CNC router olarak Megatron (2100X2800) dört axis, 24000 devir/dk hızında 9 kw güce sahip frezeli düz tabla tezgah

kullanılmıştır. CNC'de 8 adet kesici bıçak değiştirme yuvası bulunmaktadır. Kontrol, LNC-M600i serisi olan mönitör panelinden yapılmaktadır. Bununla birlikte monitörün dışında eksen ayarlamalarını ve hassas koordinat düzenlemelerini gerçekleştiren el çarkı mevcuttur. Şekil 2' de CNC makinesi ve bölümleri gösterilmektedir.



Şekil 2. CNC makinası ve bölümleri.
Figure 2. CNC machine and its sections.

Alphacam Programı: Alphacam birçok eksen programlanmasıyla freze işlemi yapan önemli bir bilgisayar destekli üretim programıdır. Çizim ve üretimin aynı anda yapıldığı entegre bir yazılımdır. G kodları üreterek uygun CNC makinalarında kullanılmaktadır. Modelleme, katı cisimlerin üretimi, 3D işlem kabiliyeti gibi özellikleri bulunmaktadır. Alphacam programına entegre Aspire özelliği ile iki boyutta işlem gören çizimleri modelleme yaparak üç boyutlu işlemler ve rölyef çalışmaları oluşturulmaktadır (URL-2). Şekil 3'te Alphacam programı ve modelleme gösterilmektedir.



Şekil 3. Alphacam programı ve modelleme.
Figure 3. Alphacam program and modeling.

Kullanılan Kesiciler: Ahşabın işlenmesi CNC'de bulunan birçok kesici takımları ile sağlanmaktadır. Bu kesici takımlarındaki bıçaklar sayesinde üç boyutlu işlemeler, freze, delme, kanal işlemleri, ebatlama gibi işlemler yapılmaktadır. Bu işlemler için uygun ebatlarda ve çaplarda çeşitli kesiciler bulunmaktadır. Bu çalışma kapsamında aynı tür çapları farklı elmas uçlu üç bıçaktan yararlanılmıştır. Bu freze kesicilerinin çapları 3-6-8 (mm) olarak seçilmiştir. Kesme işleminde bu kesicilerin takım magazinlerine yerleştirilmesi için bıçakların çaplarına uyumlu pensler kullanılmaktadır. CNC'de bulunan kesici takımlarının bazı teknik ölçüleri Tablo 1'de gösterilmiştir.

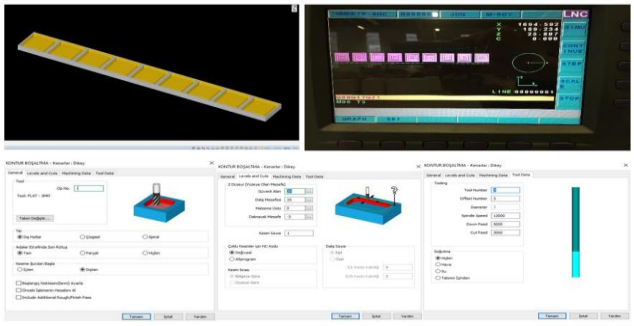
Tablo 1. Kesici takımlarının bazı teknik ölçüleri.
Table 1. Some technical dimensions of cutting tools.

Çap	Derinlik	Boy	Kesici alt Çapı	Tür
3mm	12mm	60mm	12mm	Elmas
6mm	20 mm	72 mm	12 mm	Elmas
8mm	25 mm	78 mm	14 mm	Elmas

Şekil 4. Kesici takımları.
Figure 4. Cutting tools.

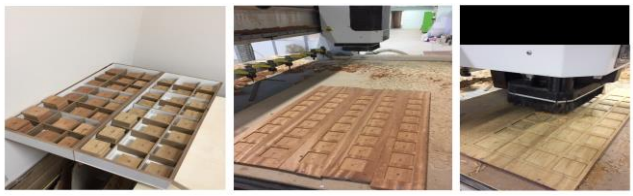
Yöntem

Deney Numunelerinin Hazırlanması: Deney numunelerinin kesimi ve hazırlanması Artvin Çoruh Üniversitesi Mobilya ve Dekorasyon atölyesinde yapılmış olup 2 farklı ağaç türü, 3 farklı kesici takım, devir sayısı ve kesme hızı belirlenerek işleme devam edilmiştir. İlk olarak Örneklerin Alphacam yardımıyla işlenecek parça boyutuna göre 50×50 mm ebatlarında bir alanda dokuz parçadan oluşacak biçimde modelleme yapılmıştır. Bu küçük alanlar boşaltma uygulaması yapılarak deney örnekleri oluşturulmuştur. Dönüş hızı ve kesme hızları farklı olacak şekilde aynı bıçak ile dokuz adet deney numunesi örnekleri birlikte işleme alınabilmektedir. Bıçak çapları 3-6-8 (mm) olan takımlar ile ayrı "G kodları" elde edilmektedir. Deney örnekleri numunelerinin simülasyonu ve kesici takımları Şekil 5'te verilmiştir.



Şekil 5. Deney örnekleri numunelerinin simülasyonu ve kesici takım düzenlemeleri.
Figure 5. Simulation of test specimens and cutting tool arrangements.

Kesme derinliği 3 mm olarak ayarlanmıştır. Tek kademede kesme işlemi yapılmıştır. CNC ile uyumlu Alphacam programı kullanılarak 50×50 mm deney örneklerinin her biri için kesme yönü dışarıdan içeriye doğru düzenlenmiştir. Deney numunelerinin elde edilmesi Şekil 6'da verilmiştir.



Şekil 6. Deney numunelerinin CNC makinasında hazırlanması.
Figure 6. Preparation of test samples on CNC machine.

CNC makinesi ile işlendikten hemen sonra ve kronometre kullanılarak toplam işlem süreleri kaydedilmiştir. Bununla birlikte 50×50 ahşap deney örnekleri oluşturularak yüzey pürüzlülüğünün ölçümü ve ıslanabilirlik değerlerinin belirlenmesi için hazırlanmıştır. Beş adet deney örneği her bir grubu temsil edecek biçimde hazırlanarak ölçüm işlemlerine gönderilmiştir. Her numunenin enerji tüketimi CNC makinasına entegre bir wattmetre kullanılarak belirlenmiştir.

Yüzey Pürüzlülüğü Ölçümü: Yüzeysel kaliteyi belirlemek maksadıyla ağaç malzemenin pürüzlülük değerleri ölçümü DIN 4768 (URL-1) standartında elde edilmiştir. DIN 4768 standartlarına göre Mitutoyo Surftest SJ-301 (İstanbul/Türkiye) ölçüm cihazı kullanılarak ahşap örneklerin liflerine dik şekilde ölçüm yapılmıştır. Ortalama pürüzlülük değeri (Ra), en yüksek pürüzlülük değeri (Ry) ile on nokta ölçüm pürüzlülüğü ortalama değeri (Rz) olarak bilinmektedir. Cihaz, burun ucu yarıçapı 5 µm dedektöre sahip, belirleme uzunluğu 12.5 mm, çözünürlük 350 µm ve kesme uzunluğu 2.5 mm değerlerinde oluşturulmuştur. Yüzey pürüzlülüğü ölçümlerinde grupların her biri için on ölçüm yapılmıştır. Ölçümler Karadeniz Teknik Üniversitesi Orman Endüstri Mühendisliği laboratuvarında yapılmıştır. Yüzey pürüzlülüğü cihazı Şekil 7'de verilmiştir.

Şekil 7. Mitutoyo Surftest SJ-301 Yüzey pürüzlülüğü ölçüm cihazı
Figure 7. Surface roughness measuring device

Islanabilirlik için Temas Açısı Ölçümü:Islanabilirlik ölçümleri ahşap örneklerinin yüzeyleri ile saf suyun damlacık halinde ki durumunun temas ettiği açı ölçümü yapılarak elde edilmektedir. Islanabilirlik ölçümleri DSA100 Damla Şekli Analiz Sistemi (KRUSS GmbH, Almanya) analizlerini görüntülü biçimde yapan bir cihaz ile yapılmaktadır. Deney örneklerine on damla olacak biçimde 5 µl hacimli damlacıklar rastgele damlatılmıştır. Bunun neticesinde örneklerin temas ettiği açı, damlacıkların örnek yüzeyinde toplanmasından beş saniye sonra belirlenmiştir. Şekil 8'de temas açısı ölçüm cihazı gösterilmektedir.

Şekil 8. Temas açısı ölçüm cihazı.
Figure 8. Contact angle measuring device.

Enerji Tüketimi Ölçümü: CNC makinasının çalışması için üzerinden bir elektrik akımı geçmektedir. Elektrik tüketiminin ölçümü için bu akıma ek olarak bir entegre elektirik sayacı (3 fazlı dört telli demantmetreli aktif elektronik elektrik sayacı) eklenmiştir. Bu sayaç üzerinden okunan başlangıç T1 değeri ile bitiş değerleri kayıt altına alınmıştır. 3-6-8 (mm) çapında kesicilerin kullanıldığı CNC'de, devir hızı, bıçak türü, ağaç türü, kesme hızına göre tüketilen elektrik enerjisi (kw) kaydedilmiştir. Şekil 9'da CNC makinesine entegre elektirik sayacı gösterilmektedir.

Şekil 9. CNC makinasına entegre elektronik sayaç.
Figure 9. Electronic counter integrated into the CNC machine.

İşlem Süresi Ölçümü

CNC de bulunan farklı çaptaki kesiciler ile kesme hızı ve devir sayıları da farklı olan işlemeler yapılmıştır. Farklı ağaç türleri üzerinde gerçekleştirilen bu işlemelerin işlem süresi CNC kontrol ekranından kayıt altına alınmaktadır. 3-6-8 (mm) çaplı kesiciler ile oluşturulan 50×50 mm ebatlarında örneklerin devir hızı, ağaç türü, kesme hızı ve kesici çapına göre işleme zamanı (sn) ölçümleri kaydedilmiştir.

Deney Grupları ve Parametreler

2 ağaç türü, 3 farklı bıçak cinsi, devir hızı ve kesme hızıyla birlikte 54 farklı deney numunesi grubu elde edilmiştir. Bununla birlikte deney numunelerinden de 5'er örnek olmak üzere toplam 270 adet örnek CNC de işlenmiştir. Ağaç türü olarak İROKO ve SAPELLİ

kullanılmıştır. CNC işlemelerinde 3-6-8 (mm) çaplı kesiciler kullanılarak devir hızı 1200-15000-18000 devir/dk ve 3000-6000-9000 mm/dk kesme hızı ile işlem yapılmıştır. Tablo 2'de deney grupları ve parametreleri gösterilmiştir.

Tablo 2. Deney grupları ve parametreleri.
Table 2. Experimental groups and parameters.

Ağaç türü	Bıçak çapı (mm)			Devir hızı (devir/dk)	Kesme hızı (mm/d
	3	6	8		
İROKO	İ1	İ10	İ19	12000	3000
	İ2	İ11	İ20	12000	6000
	İ3	İ12	İ21	12000	9000
	İ4	İ13	İ22	15000	3000
	İ5	İ14	İ23	15000	6000
	İ6	İ15	İ24	15000	9000
	İ7	İ16	İ25	18000	3000
	İ8	İ17	İ26	18000	6000
	İ9	İ18	İ27	18000	9000
SAPELLİ	S1	S10	S19	12000	3000
	S2	S11	S20	12000	6000
	S3	S12	S21	12000	9000
	S4	S13	S22	15000	3000
	S5	S14	S23	15000	6000
	S6	S15	S24	15000	9000
	S7	S16	S25	18000	3000
	S8	S17	S26	18000	6000
	S9	S18	S27	18000	9000

BULGULAR

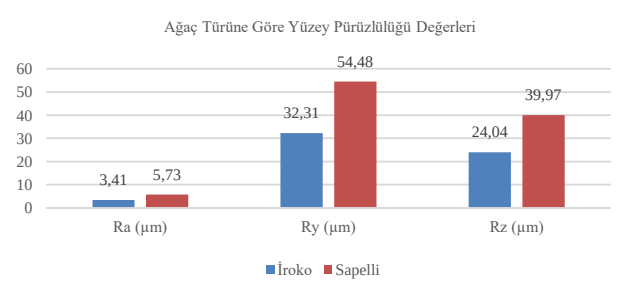
Yüzey Pürüzlülüğü: Çalışma kapsamında üzerinde işlem yapılan 2 çeşit ağaç türü, 3 ayrı yüzey pürüzlülüğü parametrelerinin (devir hızı, kesme hızı ve bıçak çapı) ağaç türlerine göre Ra, Ry ve Rz ortalamaları Tablo 3'te gösterilmiştir.

Tablo 3. Ağaç türüne göre pürüzlülük ortalama değerleri.
Table 3. Average roughness values according to wood species.

	İroko	Sapelli
Ra (µm)	3,41	5,73
Ry (µm)	32,31	51,48
Rz (µm)	24,04	38,97

Tablo 3'ten de görüldüğü gibi diğer parametreler gözardı edilerek 2 farklı ağaç türüne göre en kaliteli yüzey İroko numunelerinden oluşmaktadır. Suresh vd., (2012) yaptığı çalışmada devir hızının artmasıyla CNC ile işlem göre yüzeyin kesme alanı sıcaklığının yükseldiğini neticesinde ahşap malzeme yüzeyinin yumuşak bir hal aldığı ve yüzey pürüzlülüğünün düştüğünü belirtmişlerdir. Bir de devir hızının yükselmesiyle kesici bıçak dişlerinden daha az miktarda talaş kaldırarak titreşimin azaldığı dolayısıyla düzgün yüzeylerin oluşmasına neden olunduğu belirtilmiştir (De Deus vd., 2015).

Yüzey pürüzlülüğü değerlerinin öteki değişkenlere göre ortalama ve standart sapma değerleri Tablo 6'da verilmiştir. Yüzey pürüzlülüğü değerlerindeki bu anlamlı farkın daha belirgin görülebilmesi için Şekil 10'da ki grafik verilmiştir.



Şekil 10. Ağaç türüne göre yüzey pürüzlülüğü değerleri grafiği.
Figure 10. Surface roughness values graph according to wood species.

Tablo 4. Diğer değişkenlere göre ölçülen yüzey pürüzlülüğü ortalama değerleri ve standart sapmaları.
Table 6. Mean values and standard deviations of measured surface roughness according to other variables.

					Ra (µm)		Ry (µm)		Rz (µm)	
Örn no	Ağaç	Bıçak	Devir	Kesme	Ort.	s.s.	Ort.	s.s.	Ort.	s.s.
1	İ1	1	1	1	3,30	0,90	28,94	9,66	23,38	6,93
2	İ2	1	1	2	3,33	0,50	31,18	9,37	23,53	4,95
3	İ3	1	1	3	4,40	0,61	44,16	9,35	32,19	6,94
4	İ4	1	2	1	3,89	0,54	44,18	9,07	30,44	7,09
5	İ5	1	2	2	3,58	0,84	32,58	7,74	25,30	5,22
6	İ6	1	2	3	4,23	0,56	36,73	9,84	29,13	5,97
7	İ7	1	3	1	3,43	0,89	36,25	6,62	24,66	6,09
8	İ8	1	3	2	4,09	0,98	35,58	9,10	28,27	6,12
9	İ9	1	3	3	3,98	0,81	36,04	9,08	27,96	8,51
10	İ10	2	1	1	2,71	0,74	24,17	6,57	18,47	5,09
11	İ11	2	1	2	2,91	0,73	25,02	8,11	20,16	6,10
12	İ12	2	1	3	3,03	0,73	31,32	8,64	21,04	4,96
13	İ13	2	2	1	4,24	0,84	42,19	9,43	30,74	7,38
14	İ14	2	2	2	3,46	0,98	32,95	9,56	23,45	5,69
15	İ15	2	2	3	3,44	0,89	30,24	7,51	23,12	5,94
16	İ16	2	3	1	3,52	0,75	35,27	9,89	24,62	5,34
17	İ17	2	3	2	2,68	0,67	24,99	8,60	18,72	4,66
18	İ18	2	3	3	3,78	0,55	37,57	9,50	25,06	7,94
19	İ19	3	1	1	3,51	0,56	38,30	6,82	25,01	3,26
20	İ20	3	1	2	2,61	0,30	**21,38**	4,56	**17,43**	2,23
21	İ21	3	1	3	2,82	0,57	23,27	5,90	18,57	3,92
22	İ22	3	2	1	2,82	0,90	26,68	7,55	21,78	9,41
23	İ23	3	2	2	3,77	0,93	35,38	8,20	25,12	4,42
24	İ24	3	2	3	3,17	0,79	31,84	9,80	22,31	6,18
25	İ25	3	3	1	**2,38**	0,71	22,27	8,92	17,48	6,87
26	İ26	3	3	2	4,04	0,81	37,06	9,45	29,92	7,40
27	İ27	3	3	3	3,04	0,56	26,84	8,80	21,26	5,50
28	S1	1	1	1	4,24	0,75	42,51	7,64	31,39	4,19
29	S2	1	1	2	4,99	0,31	48,72	8,46	36,65	5,08
30	S3	1	1	3	6,40	0,95	59,64	5,49	42,43	6,93
31	S4	1	2	1	5,88	0,79	55,36	8,86	42,33	7,71
32	S5	1	2	2	5,44	0,88	48,17	9,48	36,73	3,80
33	S6	1	2	3	5,61	0,96	51,24	9,21	39,77	6,31
34	S7	1	3	1	6,28	0,99	59,04	8,85	42,91	6,65
35	S8	1	3	2	5,45	0,99	47,58	6,74	36,13	4,61
36	S9	1	3	3	6,42	0,81	54,38	8,43	43,67	6,80
37	S10	2	1	1	**6,97**	0,40	60,78	9,04	46,08	5,31
38	S11	2	1	2	5,33	0,72	48,15	9,39	35,93	6,32
39	S12	2	1	3	6,29	0,94	52,56	8,18	38,58	9,24
40	S13	2	2	1	5,58	0,80	54,17	8,12	36,55	5,46
41	S14	2	2	2	6,54	0,99	60,73	9,79	41,97	6,78
42	S15	2	2	3	5,79	0,92	51,71	9,47	38,53	8,72
43	S16	2	3	1	5,72	0,94	47,44	8,52	37,32	8,05
44	S17	2	3	2	6,43	0,59	56,26	9,90	44,06	9,71
45	S18	2	3	3	4,63	0,70	37,72	9,09	31,55	7,91
46	S19	3	1	1	5,05	0,91	54,95	7,43	35,39	8,14
47	S20	3	1	2	5,61	0,68	47,24	9,45	36,64	4,79
48	S21	3	1	3	6,88	0,59	**70,43**	8,72	**53,96**	8,21
49	S22	3	2	1	5,44	0,74	44,80	9,40	38,37	9,26
50	S23	3	2	2	6,14	0,74	52,87	9,34	42,92	9,37
51	S24	3	2	3	5,09	0,52	45,28	9,57	33,31	5,76
52	S25	3	3	1	5,11	0,73	44,26	9,77	34,89	5,01
53	S26	3	3	2	5,00	0,59	42,20	8,58	34,30	7,33
54	S27	3	3	3	6,46	0,89	51,87	8,79	39,89	6,03

*Numaralandırmalar sırasıyla bıçakta 1-2-3 nolu 3-6-9(mm), devir hızları 1-2-3 nolu 1200-1500-18000 (devir/dk), kesme hızları 1-2-3 nolu 3000-6000-9000 (mm/dk).

Yüzey pürüzlülüğü ortalamaları ve standart sapma değerleri Tablo 4'de verilmektedir. Bakıldığında Ra değeri için 2.38 µm ile en düşük ortalama değerine sahip İ25 örnek grubudur. S10 örnek grubu ise en yüksek ortalama değere sahip olup 6,97 µm olarak belirlenmektedir. En düşük ve en yüksek ortalama değerlerine sahip Ry ve Rz aynı grupta olup en düşüğü İ20 örneklerinde sırasıyla 21,38 µm ve 17,43 µm olarak elde edilmiştir. En yükseği ise S21 örneklerinde sırasıyla 70,43 µm ve 53,96 µm olarak görülmektedir. Tablo 5'te Ra değeri için en yüksek ve en düşük pürüzlülük grupları gösterilmektedir.

Tablo 5. Ra yüzey pürüzlülük değerlerinin en yüsek ve en düşük ölçüldüğü parametreler.
Table 5. Parameters with the highest and lowest measured Ra surface roughness values.

Ağaç Türü		Ra (µm)	Bıçak (mm)	Devir (devir/dk)	Kesme (mm/dk)	Örnek Grubu
İroko	En yüksek	4,40	3	12000	9000	İ3
	En düşük	2,38	8	18000	3000	İ25
Sapelli	En yüksek	6,97	6	12000	3000	S10
	En düşük	4,24	3	12000	3000	S1

Tablo 5'e göre en düşük yüzey pürüzlülük değerleri düşük kesme hızlarında (3000 mm/dk) ve yüksek pürüzlülük değerleri 12000 d/dk olarak düşük devir hızlarında oluşmaktadır. En yüksek ve en düşük pürüzlülük değerlerine kesici bıçak çapının etkisi incelendiğinde İroko örneklerinde çapı büyük kesiciler (6 mm ve 8 mm) ile daha pürüzsüz yüzeyler meydana gelmektedir. Sapellide ise küçük çaplı kesicileri (3 mm) ile işlemelerde yüzeyler daha pürüzsüz

oluşmaktadır. Li vd., (2012)'de kesici bıçakların çapının değerlendirildiği çalışmalarında ince kesici çapına sahip olan bıçaklar ile daha güzel pürüzsüz yüzeyler oluştuğu görülmektedir. Bu çalışmada da 3mm çaplı bıçakla işlem göre malzemelerin yüzeyleri 8mm çaplı bıçakla işlem gören örneklerden daha pürüzlü olduğu sonucuna varılmıştır.

Ağaç türü ve işlem parametrelerinin pürüzlülük değerleri üzerindeki etkisinin istatistiksel durumda anlamlı olup olmadığını belirlemek üzere varyans analizi (ANOVA) yapılmış ve sonuçları Tablo 6'de gösterilmiştir.

Varyans analizi tablosundan da görüleceği üzere (sig. < 0,05) ağaç türlerinin yüzey pürüzlüğü değerleri birbirinden istatistiksel olarak farklı olduğu görülmüştür. Buna göre istatistiksel olarak İROKO örnekleri SAPELLİ örneklerinden daha az pürüzlü yüzeyler oluşturmaktadır denilebilir. İşlem parametrelerininden ilki olan bıçak çapının yüzey pürüzlülük değerleri üzerindeki etkisine varyans analizi yardımıyla bakıldığında Tablo 7'deki veriler elde edilmiştir.

Tablo 6. Ağaç türüne göre pürüzlülük değerlerinin varyans analizi sonuçları.
Table 6. Results of variance analysis of roughness values according to wood species.

	Ağaç türü	Pürüzlülük		df	Kareler top.	Kareler ort.	F	Sig.
Ra	İroko	3,4133	Gruplar arası	1	726,021	726,021	790,658	0,000
	Sapelli	5,7323	Grup içi	538	494,018	,918		
			Toplam	539	1220,039			
Ry	İroko	32,3099	Gruplar arası	1	49627,297	49627,297	442,213	0,000
	Sapelli	51,4830	Grup içi	538	60376,987	112,225		
			Toplam	539	110004,285			
Rz	İroko	24,0406	Gruplar arası	1	30095,595	30095,595	506,309	0,000
	Sapelli	38,9715	Grup içi	538	31979,336	59,441		
			Toplam	539	62074,932			

Tablo 7. Bıçak çapına göre pürüzlülük değerlerinin varyans analizi sonuçları.
Table 7. Results of variance analysis of roughness values according to blade diameter.

	Bıçak çapı	Pürüzlülük		df	Kareler top.	Karaler ort.	F	Sig.
Ra	3mm	4,7183	Gruplar arası	2	10,399	5,199	2,308	,100
	6mm	4,6140	Grup içi	537	1209,640	2,253		
	8mm	4,3860	Toplam	539	1220,039			
Ry	3mm	44,0145	Gruplar arası	2	1577,912	788,956	3,907	,021
	6mm	41,8467	Grup içi	537	108426,372	201,911		
	8mm	39,8282	Toplam	539	110004,285			
Rz	3mm	33,1589	Gruplar arası	2	752,949	376,474	3,297	,038
	6mm	30,8861	Grup içi	537	61321,983	114,194		
	8mm	30,4732	Toplam	539	62074,932			

Yapılan varyans analizine göre bıçak çapının Ra verisine etkisi yokken (sig. > 0,05), Ry ve Rz verisine etkisi vardır. Bu etkinin hangi bıçak çapından kaynaklandığını bulmak için verilere çoklu karşılaştırma testleri (post hoc.) uygulanır. Uygulanacak çoklu karşılaştırma testleri varyansların eşit olup olmama durumuna göre farklılık gösterir. Bıçak çaplarının pürüzlülük verilerinin varyansları homojen değildir (Tablo 8). Bu durumda çoklu karşılaştırma testlerinden tamhane's T2 testine göre 3mm çaplı bıçakla yapılan işlem sonucunda elde edilen yüzeyin Ry ve Rz pürüzlülük sonuçları 8mm çaplı bıçakla işlem gören ağaç malzemenin sonuçlarından farklı (daha pürüzlü) olduğu istatistiksel olarak söylenebilir. Yüzey pürüzlülük değerleri üzerine kesme hızının etkisine bakıldığında Tablo 9'daki varyans analizi sonuçları elde edilir.

Tablo 8. Varyansların homojenlik testi.
Table 8. Homogeneity of variances test.

	Levene Statistic	df1	df2	Sig.
ra	7,722	2	537	,000
ry	4,206	2	537	,015
rz	5,790	2	537	,003

Varyans analizi sonuçlarına göre kesme hızının yüzey pürüzlülüğü üzerine incelenen iki ağaç türü için istatistiksel olarak herhangi bir etkisinin olmadığı belirlenmiştir (Sig. > 0,05). Ağaç türünden bağımsız olarak farklı kesme hızlarında incelenen örnekler arasında yüzey pürüzlülüğü değerleri bakımından istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunamamıştır. Ağaç türlerinin kendi içlerinde kesme hızı ile pürüzlülük arasında da anlamlı bir fark bulunamamıştır. Çalışmamızın aksine literatürde kesme ya da besleme hızının artmasıyla yüzey pürüzlülük değerlerinin arttığı belirtilmiştir (Dumaoğlu & Bal, 2022; Demir vd., 2021).

Devir sayısının yüzey pürüzlülük değerleri üzerindeki etkisini belirlemek için Tablo 10'da varyans analizleri gösterilmektedir.

Varyans analizi sonuçlarına göre devir hızının yüzey pürüzlülüğü üzerine etkisi incelenen iki ağaç türü için istatistiksel olarak herhangi bir etkisinin olmadığı belirlenmiştir (Sig. > 0,05).

Islanabilirlik: Ağaç türlerine göre ıslanabilirlik dereceleri temas açısı ölçümleriyle birlikte yapılmıştır. Tablo 11'de iroko ve sapelli ağaç türlerine göre ıslanabilirlik ortalama değerleri verilmiştir. Buna göre ağaç türü olarak İroko ve Sapelli örneklerinden oluşan ıslanabilirlik değerlerinin ortalamalarına göre en yüksek temas açısı ortalaması İroko örneklerinde ölçülmüştür.

Bu ortalamalardaki farklılıkların anlamlılık düzeylerini istatistiksel olarak test ettiğimizde, Tablo 12'deki Varyans analizi tablosundan görüleceği üzere ıslanabilirlik verisi üzerinde sadece ağaç türünün etkisi vardır. Diğer parametrelerin istatistiksel olarak aralarında ıslanabilirlik bakımından bir fark yoktur. Ağaç türleri arasında da Sapelli örnekleri İroko örneklerinden daha iyi ıslanabilir diyebiliriz.

Tablo 9. Kesme hızına göre pürüzlülük değerlerinin varyans analizi sonuçları.
Table 9. Results of variance analysis of roughness values according to cutting speed.

	Kesme hızı	Pürüzlülük		df	Kareler top.	Karaler ort.	F	Sig.
Ra	3000	4,4657	Gruplar arası	2	3,869	1,934	,854	,426
	6000	4,6726	Grup içi	537	1216,170	2,265		
	9000	4,5801	Toplam	539	1220,039			
Ry	3000	41,8170	Gruplar arası	2	551,700	275,850	1,353	,259
	6000	43,1722	Grup içi	537	109452,585	203,822		
	9000	40,7002	Toplam	539	110004,285			
Rz	3000	30,9348	Gruplar arası	2	190,805	95,402	,828	,438
	6000	32,3258	Grup içi	537	61884,127	115,240		
	9000	31,2576	Toplam	539	62074,932			

Tablo 10. Devir sayısına göre pürüzlülük değerlerinin varyans analizi sonuçları
Table 10. Results of variance analysis of roughness values according to speed number.

	Devir sayısı	Pürüzlülük		df	Kareler top.	Karaler ort.	F	Sig.
Ra	12000	4,4491	Gruplar arası	2	8,735	4,368	1,936	,145
	15000	4,5215	Grup içi	537	1211,304	2,256		
	18000	4,7477	Toplam	539	1220,039			
Ry	12000	42,3092	Gruplar arası	2	604,196	302,098	1,483	,228
	15000	40,4449	Grup içi	537	109400,089	203,725		
	18000	42,9353	Toplam	539	110004,285			
Rz	12000	31,2113	Gruplar arası	2	198,548	95,274	,862	,423
	15000	30,9561	Grup içi	537	61876,384	115,226		
	18000	32,3508	Toplam	539	62074,932			

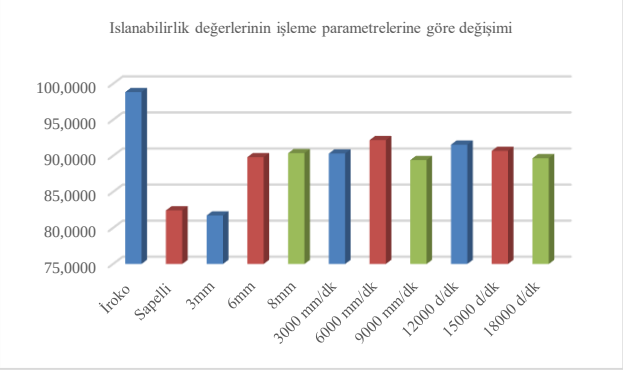
Tablo 11. Ağaç türüne göre ıslanabilirlik ortalama değerleri.
Table 11. Average wettability values by tree species.

	Ağaç türü	
	İroko	Sapelli
Islanabilirlik (º)	98,85	82,44

Tablo 12. Ağaç türü ve diğer parametrelerin ıslanabilirlik derecesi üzerine etkisi.
Table 12. Effect of wood species and other parameters on wettability degree.

		Islanabilirlik		df	Kareler top.	Karaler ort.	F	Sig.
Ağaç türü	İreko	98,8459	Gruplar arası	1	18164,641	18164,641	409,944	0,000*
	Sapelli	82,4415	Grup içi	268	11875,103	44,310		
			Toplam	269	30039,744			
Bıçak çapı	3mm	81,7311	Gruplar arası	2	173,632	89,816	0,776	0,461
	6mm	89,8211	Grup içi	267	29866,113	111,858		
	8mm	90,3789	Toplam	269	30039,744			
Kesme hızı	3000	90,3267	Gruplar arası	2	358,019	179,010	1,610	0,202
	6000	92,1856	Grup içi	267	29681,725	111,168		
	9000	89,4189	Toplam	269	30039,744			
Devir sayısı	12000	91,5533	Gruplar arası	2	158,929	79,465	0,710	0,493
	15000	90,7011	Grup içi	267	29880,815	111,913		
	18000	89,6767	Toplam	269	30039,744			

*iki grup olduğu için çoklu karşılaştırma yapılamaz.



Şekil 11. Islanabilirlik değerlerinin işleme parametrelerine göre değişimi.
Figure 11. Change of wettability values according to processing parameters.

İroko Ağaç Türüne Göre En Uygun Islanabilirlik Değerleri: Bıçak çapı, devir hızı, kesme hızına göre ıslanabilirlik değerleri İroko ağaç türü için Tablo12'de verilmiştir. Tablo 13'teki verilere göre ıslanabilirlik temas açısı için iroko deney örneklerinin en iyi bıçak çapı, devir hızı ve kesme hızı sırasıyla 3mm-1200d/dk-9000 mm/dk, 6mm-18000d/dk-9000mm/dk, 8mm-15000d/dk, 9000mm/dk olarak elde edilmektedir.

Sapelli Ağaç Türüne Göre En Uygun Islanabilirlik Değerleri:Bıçak çapı, devir hızı, kesme hızına göre ıslanabilirlik değerleri Sapelli örnekleri için Tablo 14'te verilmiştir.

Tablo 13. İroko örnekleri için ıslanabilirlik değerleri
Table 13. Wettability values for İroko samples.

Bıçak Çapı (mm)	Devir Hızı (devir/dk)	Kesme Hızı (mm/dk)	Islanabilirlik (°)
3mm	**12000**	3000	103,16
		6000	101,10
		9000	**96,36**
	15000	3000	102,34
		6000	102,12
		9000	104,94
	18000	3000	104,74
		6000	99,14
		9000	100,22
6mm	12000	3000	94,24
		6000	96,08
		9000	96,60
	15000	3000	95,72
		6000	98,82
		9000	98,86
	18000	3000	92,74
		6000	94,40
		9000	**92,48**
8mm	12000	3000	104,80
		6000	98,98
		9000	98,48
	15000	3000	102,96
		6000	98,98
		9000	**94,22**
	18000	3000	100,08
		6000	100,66
		9000	95,62

Tablo 14. Sapelli örneklerinin ıslanabilirlik değerleri
Table 14. Wettability values of Sapelli samples

Bıçak Çapı (mm)	Devir Hızı (devir/dk)	Kesme Hızı (mm/dk)	Islanabilirlik (°)
3mm	**12000**	3000	79,88
		6000	79,20
		9000	84,26
	15000	3000	82,64
		6000	88,48
		9000	83,42
	18000	3000	82,48
		6000	81,64
		9000	**75,04**
6mm	12000	3000	**78,26**
		6000	88,42
		9000	83,06
	15000	3000	88,32
		6000	82,88
		9000	87,74
	18000	3000	86,30
		6000	80,94
		9000	80,92
8mm	12000	3000	86,80
		6000	**77,78**
		9000	78,42
	15000	3000	81,92
		6000	83,82
		9000	81,16
	18000	3000	80,58
		6000	79,18
		9000	82,38

Tablo14'teki verilere göre ıslanabilirlik temas açısı için Sapelli deney örneklerinin en iyi bıçak çapı, devir hızı ve kesme hızı sırasıyla 3mm-1800d/dk-9000mm/dk, 6mm-12000d/dk-3000mm/dk, 8mm-12000d/dk, 6000mm/dk olarak elde edilmektedir.

Ahşap malzemelerde yüzey pürüzlülüğü ile ıslanabilirlik arasında yakın bir ilişki vardır (Özşahin, 2012). Bu çalışmada ise sadece ağaç türü ile ıslanabilirlik değerleri arasında anlamlı bir fark bulunmuştur. İroko örneklerinin yüzey pürüzlülüğü sapelli örneklerinden daha iyi olmasına karşın ıslanabilirliği daha düşüktür. Literatürde yüzey pürüzlülüğü azaldıkça temas açısının azaldığını belirtilen çalışmalar mevcuttur (Gindl vd., 2004; De Meijer vd., 2000).

Elektrik Tüketimi: CNC makinası ile yapılan işlemeler sonucu oluşan örnek gruplarının bazı kriterlere göre oluşan işlem süresi ve tüketilen elektrik enerjisi ayrıca her bir grup için ölçülmüştür. Elektrik tüketimi birim zaman başına düşünülerek varyans analiz sonuçları aşağıdaki Tablo 15'te gösterilmiştir.

Aşağıdaki varyans analizi tablosuna (Tablo 15) göre üretim parametrelerinden sadece bıçak çapının elektrik tüketimi üzerine etkisi olduğu görülmektedir (Sig. 0,000). Bıçak çapları arasında yapılan Post Hoc. Testi sonucunda 8mm çaplı bıçağın diğer iki bıçaktan daha fazla elektrik tüketimine neden olduğu bulunmuştur.

Tablo 15. İşleme parametrelerine göre elektrik tüketim miktarları.
Table 15. Electricity consumption amounts according to processing parameters.

		Elektrik tük.		df	Kareler top.	Karaler ort.	F	Sig.
Ağaç türü	İreko	7,8870	Gruplar arası	1	0,166	0,166	0,635	0,429
	Sapelli	7,9878	Grup içi	52	13,550	0,261		
			Toplam	53	13,717			
Bıçak çapı	3mm	7,6611	Gruplar arası	2	4,092	2,046	10,841	0,000*
	6mm	7,8500	Grup içi	51	9,624	0,189		
	8mm	8,3161	Toplam	53	13,716			
Kesme hızı	3000	7,9939	Gruplar arası	2	0,381	0,191	0,729	0,487
	6000	8,0094	Grup içi	51	13,335	0,261		
	9000	7,8239	Toplam	53	13,716			
Devir sayısı	12000	8,0583	Gruplar arası	2	0,374	0,187	0,714	0,495
	15000	7,9017	Grup içi	51	13,342	0,262		
	18000	7,8672	Toplam	53	13,716			

*post hoc. Tamhane's T2 testi yapılmıştır. (varyanslar eşit değil).

Elektrik tüketimi konusunda yapılan ölçümler ve varyans analizi sonucunda bıçak çapı hariç ağaç türü, kesme hızı ve devir hızları arasında anlamlı fark bulunamamıştır. Bıçak çapları arasında varyans analizi sonucunda fark olduğu belirlenmiş ve bu farkın hangi bıçak çapından kaynakladığını belirlemek için Post Hoc. Testi (Tamhane's T2) uygulanmıştır. Test sonucunda 8mm çaplı bıçağın birim zamanda diğer iki bıçaktan daha çok enerji tükettiği sonucuna varılmıştır. Literatürde CNC makinelerinin elektrik tüketimi konusunda yapılan çoğu araştırmada işlem süresi ve elektrik tüketimi ayrı veriler şeklinde ele alınmıştır (Dumanoğlu & Bal 2022; Çakıroğlu vd., 2022; Li vd., 2019). Bu çalışmada elektrik tüketimini birim zamanda hesaplamak için işlem süresinde harcanan elektrik miktarının işlem süresine oranlanması ve çıkan sonucun saatte harcanan enerji olarak belirtilmesi yoluna gidilmiştir. Sadece tüketilen elektrik miktarına bakıldığında kesici takım çapının artmasıyla elektrik tüketiminin azaldığı sonucuna varılabilir. Burada geniş çaplı bıçakla işlem yapıldığında azalan işlem süresinin etkisi dikkate alınmadan çıkarım yapılmaktadır. Oysaki elektrik tüketimi konusu birim zamanda ne kadar olduğu ifade edilirse daha anlamlı olacaktır. Sonuç olarak elektrik tüketiminin artan kesici takım çapı nedeniyle makinenin

daha fazla zorlanması sonucunda artması literatürdeki çalışmalarla örtüşmektedir (Yavaşçı vd., 2022).

SONUÇ VE TARTIŞMA

Çalışma kapsamında incelenen ağaç türleri arasında en iyi ahşap yüzey kalitesi, ıslanabilirliği, enerji tasarrufu için CNC kesim koşullarının belirlenmesi amaçlanmış ve yüzey pürüzlülüğü bakımından İROKO örneklerinin SAPELLİ örneklerinden daha düzgün yüzeyler oluşturduğu belirlenmiştir. Beklenildiği gibi yüzey pürüzlülüğü bakımından ağaç türleri arasında CNC işleme parametrelerinden bağımsız olarak belirgin farklılıklar bulunmaktadır. Çalışmadaki örneklerin pürüzlülük sonuçları incelendiğinde iroko örneklerinden en iyi sonucu geniş çaplı bıçak (8mm) ve yüksek devir hızında (18000d/dk) elde edilirken, SAPELLİ örneklerinden İROKO örneklerinin aksine dar çaplı bıçak (3mm) ve düşük devir hızında (12000 d/dk) en iyi sonuç elde edilmiştir.

Bu çalışmanın sonuçlarının sanayide CNC ile işlem gören çoğu işletmeye ve bilime bir çok katkıda bulunacağı düşünülmektedir. Mobilya endüstrisinde sıklıkla tercih edilen İROKO ve SAPELLİ ağaç türlerinin yüzeysel kalite özellikleri CNC ile üretim koşullarında belirlenebilir. En uygun parametreler elde edilerek yüzeysel kalite sağlanarak enerji ve zaman kayıpları minimuma indirilebilir. Ayrıca ileride yapılacak olan çalışmalarda CNC kesme koşullarının daha fazla optimizasyon incelemelerine ihtiyaç duyulmaktadır.

Mobilya sektöründe faaliyet gösteren fabrika ve tesisler; yaygın şekilde kullanılan CNC makinalarının parametrelerindeki değişiklikler sonucunda daha verimli üretimler elde edebilirler. Bunun sonucunda elektrik tüketimi de düşünülerek ülke ekonomisine katkı sağlanıp daha kaliteli ürünler oluşturulabilir.

KAYNAKLAR

Aguilera, A., Meausoone, P. J. & Martin P. (2000). Wood material influence in routing operations: the MDF case. *European Journal of Wood and Wood Products*, ***58***, 278-283. DOI: 10.1007/s001070050425

Bajić, D., Lela, B., & Živković, D. (2008). Modeling of machined surface roughness and optimization of cutting parameters in face milling. *Metalurgija*, ***47***(4), 331-334.

Bekhta, P. & Krystofiak, T. (2016). The influence of short-term thermo-mechanical densification on the surface wettability of wood veneers, Maderas. *Ciencia y Tecnología* ***18***(1), 79-90. DOI: 10.4067/S0718-221X2016005000008

Çakıroğlu, E.O., Demir, A., Aydın, İ. & Büyüksarı, Ü. (2022). Prediction of optimum CNC cutting conditions using artificial neural network models for the best wood surface quality, low energy consumption, and time Savings. *BioResources*, ***17***(2), 2501. DOI: 10.15376/biores.17.2.2501-2524

Davim, J.P., Clemente, V.C. & Silva, S. (2009). Surface roughness aspects in milling MDF (medium density fibreboard). *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, ***40***(1-2), 49-55. DOI: 10.1007/s00170-007-1318-z

De Deus, P.R., de Sampaio Alves, M.C. & Vieira, F.H. A.(2015). The quality of MDF workpieces machined in CNC milling machine in cutting speeds, feedrate, and depth of cut. *Meccanica*, ***50***(12), 2899-2906. DOI: 10.1007/s11012-015-0187-z

De Meijer, M., Haemers, S., Cobben, W. & Militz, H. (2000). Surface energy determinations of wood: *Comparison of Methods and Wood Species Langmuir*, ***16*** (2000), 9352-9359. DOI: 10.1021/la001080n

Demir, A., Cakiroglu, E.O. & Aydin, (2022). I Determination of CNC processing parameters for the best wood surface quality via artificial neural network. *Wood Material Science & Engineering*, ***17***(6), 685-692. DOI: 10.1080/17480272.2021.1929466

Dumanoğlu, F. & Bal, B.C.(2022). Cnc Makinesi ile İşlenmiş Lif Levhalarin Yüzey Pürüzlülüğü ve İşlem Süresi Üzerine İşleme Parametrelerinin Etkileri. *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, ***25***(4), 615-621. DOI: 10.17780/ksujes.1144224

Fang, Q., Cui, H.W. & Du, G.B. (2016). Surface wettability, surface free energy, and surface adhesion of microwave plasma-treated Pinus yunnanensis wood. *Wood Science and Technology*, ***50***(2), 285-296. DOI: 10.1007/s00226-015-0793-x

Fountas, N., Kimpenis, A., Vaxevanidis, N. & Davim, J. P. (2012). *Single and multi-objective optimization methodologies in CNC machining.* In Statistical and Computational Methods in Manufacturing. Springer, 187-218. DOI: 10.1007/978-3-642-25859-6_5

Gindl, M. & Tschegg, S. (2012). Significance of the acidity of wood to the surface free energy components of different wood species. *Langmuir*, ***18***(8), 3209-3212. DOI: 10.1021/la011696s

Gindl, M., Reiterer A., Sinn, G. & Stanzl-Tschegg, S.E. (2004). Effects of surface ageing on wettability, surface chemistry, and adhesion of wood. *Holz Roh Werkst*, ***62***(4), 273-280. DOI: 10.1007/s00107-004-0471-4

Gürgen, A., Çakmak, A., Yildiz, S. & Malkoçoğlu A. (2022). Optimization of CNC operating parameters to minimize surface roughness of Pinus sylvestris using integrated artificial neural network and genetic

algorithm. *Maderas. Ciencia y Tecnología*, ***24***(1), 5. DOI: 10.4067/s0718-221x2022000100401

Hazir, E. & Koc, K.H. (2019). Optimization of wood machining parameters in CNC routers: Taguchi orthogonal array based simulated angling algorithm, Maderas. *Ciencia y Tecnología*, ***21***(4), 493-510. DOI: 10.4067/S0718-221X2019005000406

Hazir, E. & Ozcan T. (2019). Response surface methodology integrated with desirability function and genetic algorithm approach for the optimization of CNC machining parameters. *Arabian Journal for Science and Engineering*, ***44***(3), 2795-2809. DOI: 10.1007/s13369-018-3559-6

Hazir, E., Erdinler, E.S. & Koc, K.H. (2018). Optimization of CNC cutting parameters using design of experiment (DOE) and desirability function. *Journal of Forestry Research*, ***29***, 1423-1434. DOI: 10.1007/s11676-017-0555-8

Iskra, P. & Hernandez, R. E. (2009). The influence of cutting parameters on the surface quality of routed paper birch and surface roughness prediction modeling. *Wood and Fiber Science*, 28-37.

Karagöz, U. (2011). CNC ile işlemede ahşap malzemenin yüzey kalitesini etkileyen faktörler. *Kastamonu Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi,* ***11***(1), 18-26, 2011.

Karagoz, U., Akyildiz, M.H. & Isleyen, O. (2011). Effect of heat treatment on surface roughness of thermal wood machined by CNC. *Pro Ligno*, ***7***(4), 50-58.

Kopač, J. & Šali, S. (2003). Wood: an important material in manufacturing technology. *Journal of materials processing technology*, *133*(1-2), 134-142. DOI: 10.1016/S0924-0136(02)00217-0

Krimpenis, A.A. & Vosniakos G.C. (2009). Rough milling optimisation for parts with sculptured surfaces using genetic algorithms in a Stackelberg game, *Journal of Intelligent Manufacturing*, ***20***(4), 447-461. DOI: 10.1007/s10845-008-0147-8

Li, C., Li ,L., Tang, Y., Zhu, Y. & Li, L.(2019). A comprehensive approach to parameters optimization of energy-aware CNC milling. *Journal of Intelligent Manufacturing*, ***30***, 123-138. DOI: 10.1007/s10845-016-1233-y

Ohuchı, T. & Murase, Y. (2005). Milling of wood and wood-based materials with a computerized numerically controlled router IV: development of automatic measurement system for cutting edge profile of throw-away type straight bit. *Journal of Wood Science*, ***51***, 278-281. DOI: 10.1007/s10086-004-0663-x

Özşahin, Ş. (2012). The Use Of An Artificial Neural Network For Modeling The Moisture Absorption And Thickness Swelling Of Oriented Strand Board, *BioRes.*, ***7***(1), 1053-1067. DOI: 10.15376/biores.7.1.1053-1067

Rathke, J. &Sinn, G. (2013). Evaluating the wettability of MUF resins and pMDI on two different OSB raw materials. *European Journal of Wood and Wood Products*, ***71***(3), 335-342. DOI: 10.1007/s00107-013-0675-6

Stanojevic, D., Mandic, M., Danon, G. & Svrzic, S. (2017). Prediction of the surface roughness of wood for machining. *Journal of Forestry Research*, ***28***(6), 1281-1283. DOI: 10.1007/s11676-017-0401-z

Supadarattanawong, S. & Rodkwan, S. (2006). An investigation of the optimal cutting conditions in Parawood (Heavea Brasiliensis) machining process on a CNC wood router. *Agriculture and Natural Resources*, ***40***(5), 311-319.

Suresh, R., Basavarajappa, S., Gaitonde, V. N. & Samuel, G. L. (2012). Machinability investigations on hardened AISI 4340 steel using coated carbide insert. *International Journal of Refractory Metals and Hard Materials*, **33**, 75-86. DOI: 10.1016/j.ijrmhm.2012.02.019

Sutcu, A. (2013). Investigation of parameters affecting surface roughness in CNC routing operation on wooden EGP. *BioResources*, ***8***(1), 795-805. DOI: 10.15376/biores.8.1.795-805

URL-1 (2023). Deutsches Institut für Norming DIN 4768, Determination of Values of Surface Roughness Parameters Ra, Rz, Rmax Using Electrical Contact (Stylus) Instruments, Concepts and Measuring Conditions, Germany, May, 1990. https://www.scribd.com/document/465303105/DIN-4768-1-RUGOSIDAD, erişim tarihi: Aralık 5, 2023

URL-2. (2024). https://www.alphacam.com/ALPHACAM-router/, erişim tarihi: Ekim 10, 2024

Yaghoubi, S. & Rabiei, F. (2023). Investigating the CNC milling machine parameters and machining tool specifications on surface roughness of wooden products. *Journal Of Applied and Computational Sciences in Mechanics*, ***35***(3), 65-74.

Yavaşcı, E., Kardökmak, A.Ş. & Demirsöz, R. (2022). Talaşlı imalatta kesme hızı, ilerleme ve kesme derinliği değişkenlerinin torna tezgâhı güç tüketimi üzerine etkileri. *Çelik Araştırma ve Geliştirme Dergisi*, ***3***(1), 17-24.

Journal of Anatolian Environmental and Animal Sciences
(*Anadolu Çevre ve Hayvancılık Bilimleri Dergisi*)
DOI: https://doi.org/10.35229/jaes.1587391

JAES
Year: 9, No: 4, 2024 (816-821)
AÇEH
Yıl: 9, Sayı: 4, 2024 (816-821)

ARAŞTIRMA MAKALESİ **RESEARCH PAPER**

Rize İli Atık Su Arıtma Tesislerinde Mikroplastik Konsantrasyonlarının Belirlenmesi

Tolga AKDEMİR*
Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi, Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu, 53100, Rize, Türkiye

Received: *18.11.2024* ***Accepted:*** *17.12.2024* ***Published:*** *31.12.2024*

Atıf yapmak için: **Akdemir, T. (2024).** Rize ili atık su arıtma tesislerinde mikroplastik konsantrasyonlarının belirlenmesi. *J. Anatolian Env. and Anim. Sciences, 9*(4), 816-821. https://doi.org/10.35229/jaes.1587391

How to cite: **Akdemir, T. (2024).** Determination of microplastic concentrations in Rize province wastewater treatment plants. *Anadolu Çev. ve Hay. Dergisi, 9*(4), 816-821. https://doi.org/10.35229/jaes.1587391

*: https://orcid.org/0000-0001-8994-6406

***Sorumlu yazar:**
Tolga AKDEMİR
Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi, Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu, 53100, Rize, Türkiye
✉: tolga.akdemir@erdogan.edu.tr

Öz: Bu çalışma, Türkiye'nin en yağışlı ili olan Rize'deki kentsel atık su arıtma tesislerinde mikroplastik (MP) kirliliğini incelemek üzere gerçekleştirilmiştir. Çalışmada, yağışlı ve kurak dönemlerdeki mikroplastik miktarları, şekilleri (fiber, fragment, film, foam) ve polimer türleri (PET, PP, PE, PS, PVC) arasındaki dönemsel farklılıklar analiz edilmiştir. Sonuçlar, mikroplastik yoğunluğunun mevsimsel dalgalanmalar gösterdiğini, ancak istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmadığını ortaya koymuştur. Çalışma boyunca en yaygın şekilsel tür fiber olarak tespit edilmiş, polimer türlerinde ise PET'in baskın olarak öne çıkmıştır. Özellikle tekstil ürünlerinden kaynaklanan fiberlerin mikroplastik kirliliğinde belirgin bir payı olduğu saptanmıştır. Film ve foam türlerinde mevsimsel farklılıklar gözlemlenmiş, bu durumun çevresel koşullara duyarlılık gösterebileceği vurgulanmıştır. MP kirliliğinin kaynaklarının anlaşılması ve etkili giderim teknolojilerinin geliştirilmesi için daha kapsamlı ve uzun vadeli araştırmalar önerilmektedir.

Keywords: Atık su, mikroplastik, derin deniz deşarjı, AAT, Rize.

Determination of microplastic concentrations in Rize province wastewater treatment plants

***Corresponding author's:**
Tolga AKDEMİR
Recep Tayyip Erdoğan University, Technical Sciences Vocational School, 53100, Rize, Türkiye
✉: tolga.akdemir@erdogan.edu.tr

Abstract: This study was conducted to investigate microplastic (MP) pollution in municipal wastewater treatment plants in Rize, the rainiest province in Türkiye. The study analyzed the seasonal differences in microplastic quantities, shapes (fiber, fragment, film, foam) and polymer types (PET, PP, PE, PS, PVC) during rainy and dry periods. The results revealed that microplastic density showed seasonal fluctuations, however no statistically significant differences were found. The most common morphological type was fiber throughout the study, while PET was the dominant polymer type. Especially fibers from textile products were found to have a significant share in microplastic pollution. Seasonal differences were observed in film and foam types and it was emphasized that this situation may be sensitive to environmental conditions. More comprehensive and long-term research is recommended to understand the sources of MP pollution and to develop effective removal technologies.

Anahtar kelimeler: Wastewater, microplastics, deep sea discharge, WWTP, Rize.

GİRİŞ

Plastikler, keşfedildiklerinden bu yana dayanıklılık, hafiflik, şekillendirilebilirlik ve yalıtım gibi ekonomik faydaları nedeniyle giderek daha fazla üretilmekte ve kullanılmaktadır. Boyutu 5 mm'den küçük olan plastik parçacıkları tanımlamak için "Mikroplastik" terimi kullanılır. Bu parçacıklar, uzun ömürlü olmaları, düşük geri dönüşüm oranları, ekosistemlerde birikmeleri ve özellikle sucul ekosistemlere ve insan sağlığına verebilecekleri potansiyel zararlar nedeniyle yaygın bir çevresel kirletici haline gelmiştir (Thompson vd., 2009; Geyer vd., 2017; Frias & Nash, 2019; Akdemir & Gedik, 2023; Akkan vd., 2023).

Günümüzde atık su arıtma tesislerinin (AAT) mikroplastiklerin çevreye salınmasında önemli bir rol oynadığı bilinmektedir (Browne vd., 2011). Hemen her gün, her evde kullanılan yüz temizleyicilerden diş

macunlarına kadar kozmetik ürünleri doğrudan atık su sistemine dahil olmaktadır (Cheung & Fok, 2017; Fendall & Sewell, 2009). Polyester ve naylon gibi sentetik materyallerden üretilen kıyafetlerden çamaşır yıkama işlemi sonucu, binlerce lifin atık sulara karıştığı bilinmektedir (Browne, 2015; Napper & Thompson, 2016). Ayrıca tekstil, kozmetik, lastik sanayi gibi endüstriyel kaynaklar ile yollardan ve kentsel yüzeylerden bu parçacıkları taşıyan yağmur suyunun (Browne vd., 2011; Carr vd., 2016; Nizzetto vd., 2016) atık su arıtma tesislerine ulaşması mikroplastiklerin kaynaklarına ilişkin insan ve doğa faaliyetlerinin bazı sonuçları olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu bağlamda kentsel atık su arıtma tesisleri, evsel ve endüstriyel atıklar ile yağmur suları dahil birçok kaynaktan yüksek hacimlerde atık su alma ve işleme kapasitelerinden dolayı mikroplastiklerin kaderinin incelenmesinde önemli bir rol oynamaktadır (Sun vd., 2019). Atık su arıtma tesisleri (AAT), kullanılan arıtma türlerine bağlı olarak bazı mikroplastikleri giderme kapasitesine sahip olsada, kanıtlar mikroplastiklerin atık su arıtma tesislerini geçerek su kütlelerine girebileceğini ve nihayetinde çevrede birikebileceğini göstermektedir (Carr vd., 2016; Murphy vd., 2016; Sun vd., 2019).

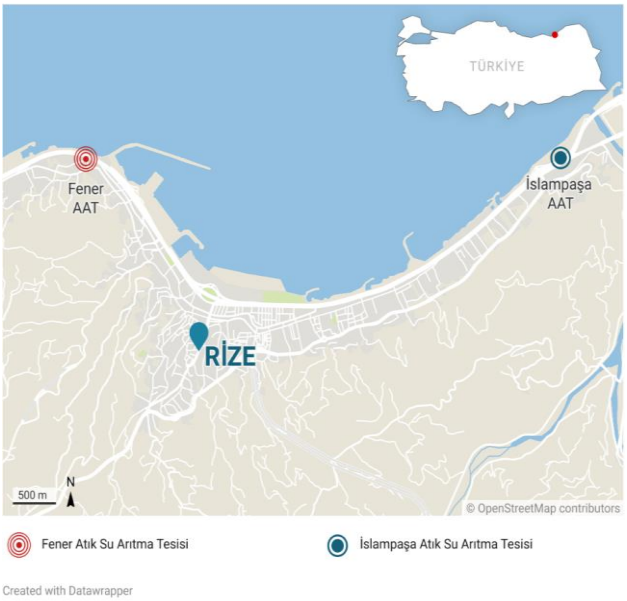
Günümüzde yağmurlu ve kurak mevsimlerde kentsel atık su arıtma sistemlerindeki mikroplastik kontaminasyonunu inceleyen çalışmalar mevcut olup bu çalışmalar ayrıca arıtma sistemleri verimliliği üzerine çeşitli yöntem ve teknolojilere odaklanmışlardır (Can, 2020; Bozdaş vd., 2022). Yağışların taşıdığı yükün önemi göz önünde bulundurulduğunda yıllık 2300 mm'den fazla yağış miktarı ile Türkiye'nin en yağışlı ili olan Rize'de yürütülen bu çalışma bir ilk niteliğindedir. Doğu Karadeniz Bölgesi'nde yer alan Rize'nin 2023 yılı merkez nüfusu 147.996'dır (TUİK, 2024) ve şehir merkezi yaklaşık 20 km uzunluğunda bir kıyı şeridine sahiptir. Rize'deki kentsel atık su sistemlerinin, her ikisi de atıklarını doğrudan Karadeniz'e deşarj etmektedir. Bunlardan biri şehrin doğu diğeri batı yakasında olmak üzere iki fiziksel arıtma tesisinden çıkmaktadır. Atık suyu bu tesislere taşıyan 6 terfi merkezi bulunmaktadır (Yılmaz vd., 2016; ÇŞİB, 2023).

Mevcut çalışma, Rize ili kentsel atık su sistemlerindeki mikroplastik kontaminasyonunu tespit etmek amacıyla; yağışlı ve kurak dönemlerdeki değişiklikleri inceleyerek hem mikroplastik çeşitliliğine hem de mikroplastik bolluklarına odaklanmıştır.

MATERYAL VE METOT

Örnekleme Sahası ve Örnekleme: Bu çalışma 15.11.2023 – 15.06.2024 tarihleri arasında gerçekleştirilmiştir. Çalışma Rize ili Fener Mahallesi ve İslampaşa Mahallesi Atık Su Arıtma Tesislerinde yürütülmüştür (Şekil 1). Her iki arıtma tesisi de fiziksel arıtma özelliğine sahiptir ve atık sularını Karadeniz'e deşarj etmektedir. Tesislerde mikroplastik giderimi için özel bir yöntem kullanılmamaktadır. Örnekleme en az 4 gün süren ardışık sağanak yağışın ve en az 4 gün süren kurak günlerin 3. günlerinde gerçekleştirilmiştir.

Örnekleme paslanmaz çelik bir kovanın İslampaşa AAT için sadece çıkış rezervuarına ve Fener AAT için hem giriş hem de çıkış rezervuarına, 0,2-0,4 m daldırılmasıyla gerçekleştirilmiştir. Örnekleme işlemi 3 tekrarlı yapılmıştır. Örnekler cam şişelere alınıp ağızları alüminyum folyo kapatılmış ve kapaklar kapatıldıktan sonra soğutucu kutuya konularak laboratuvara nakledilmiştir.



Şekil 1. Atık su arıtma tesislerinin yerleri.
Figure 1. Locations of wastewater treatment plants.

Örneklerin İşlenmesi ve Mikroplastik Ekstraksiyonu: Örnekler sahadan transfer edildikten sonra işlenene kadar 4 °C buzdolabında muhafaza edilmiştir. Numuneler (1 L, N = 3) ilk önce 45 µm'lik çelik elekten (Retsch) geçirilmiştir, ardından elek üzerinde biriken malzemeler dikkatlice beherlere yerleştirilmiş ve ağızları alüminyum folyo ile kapatılmıştır. Örneklerdeki organik içeriği ayrıştırmak için cam behere 100 mL H_2O_2 (%30, TEKKİM) eklenmiştir (Stock vd., 2019; Shruti vd., 2022). Daha sonra beherler, organik bileşenlerin tamamen bozunmasını sağlamak için 3-4 gün boyunca 60 °C'de tutulmuştur. Organik madde sindiriminin tam olarak gerçekleşmesi için 4. günün sonunda numune üzerine 5 ml HNO_3 eklenerek 6 saat daha bekletilmiştir.

Berrak bir çözelti elde edildikten sonra çözelti Grade 4 Filtre Kağıtlarından (Whatman, 47 mm, 25 µm gözenek boyutunda) geçirilerek parçacıklar filtre üzerinde toplanmıştır. Çözeltinin parçacık yoğunluğuna bağlı olarak beherlerdeki çözeltiler 1 ila 3 filtreden geçirilmiştir. Filtreler daha sonra cam petri kaplarına konularak oda

sıcaklığında (22 ± 1 °C) kuruması için saklanmıştır (Gedik vd., 2022a,b).

Mikroplastiklerin Tespiti ve Doğrulama: Atık sularda mikroplastiklerin tespitinde yaygın olarak kullanılan Nil Kırmızısı (NR) ile boyama tekniği kullanılmıştır (Nguyen vd., 2021; Sturm vd., 2023). 100 mg NR (Sigma-Aldrich 72485) 100 mL'lik balon jojeye konularak, aseton (%99,5, TEKKİM) içerisinde eritilerek, süzülmüş (ISOLAB, PTFE, 0,22 µm gözenek boyutu) ve amber şişe içerisinde 4 ˚C'de saklanmıştır. Petri kabındaki filtre kağıtlarının üzerine cam pastör pipet yardımıyla hazırlanan NR solüsyonundan birkaç damla damlatılarak yüzey tamamen renklendirilmiştir. Petri kapları daha sonra 30 dakika oda sıcaklığında bırakılmıştır (Shruti vd., 2022). Filtreler floresan mikroskobu altında incelenmiştir. Mikroplastik olduğu varsayılan parçacıklar bir dijital kamera (RoHS A59.4910) kullanılarak yakalanmıştır. Parçacıkların boyutu ve şekli, incelenerek mikroplastik Hidalgo-Ruz vd. (2012) tarafından belirlenen fiziksel özelliklere göre değerlendirilmiş ve parçacıklar şekilsel olarak fragment, film, pelet ve lif olarak sınıflandırılmıştır. Ayrıca edilen parçacıkların tamamı Zayıflatılmış Toplam Yansıma, Fourier Dönüşümlü Kızılötesi Spektrofotometresi (Perkin Elmer, ATR-FTIR) kullanılarak incelenmiş, parçacıkların mikroplastik olup olmadığı ve mikroplastik olarak tespit edilen parçacıkların polimer tipleri belirlenmiştir. Mikroplastik olmadığı tespit edilen partiküllere ilişkin veriler çalışmadan çıkarılmıştır (Gedik vd., 2022a).

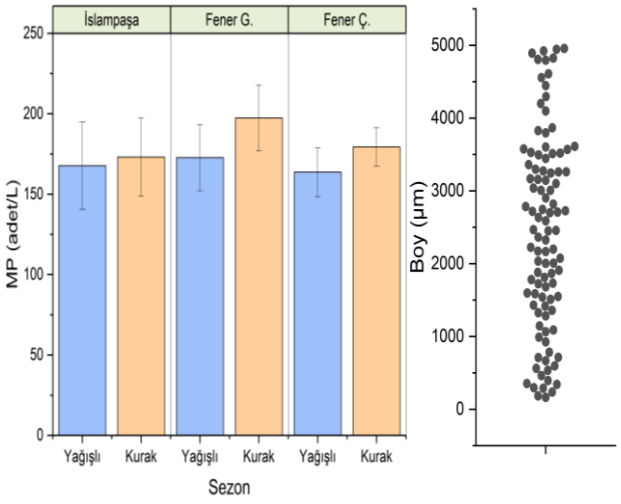
Verilerin analizi: Veriler ortalama ± standart sapma (MP/L) olarak sunulmuştur. Verilerin normal dağılıma uyup uymadığını görmek için Shapiro-Wilk testi uygulanmıştır. Levene testi ile varyans homojenliğinin kontrolü sağlanmıştır. Tüm istasyonlarda; mikroplastik miktarları, mikroplastik şekilleri (% Fiber, % Fragment, % Film ve % Foam) ve polimer türleri (% PET, % PP, % PE, % PS ve % PVC) gibi değişkenlerde istasyonlar ve yağışlı ve kurak sezonlar arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark olup olmadığı bağımsız iki örneklem T testi ile test edilmiştir ($p<0.05$).

Grafikler Origin(Pro), 2024b. OriginLab Corporation, Northampton, MA, USA kullanılarak hazırlanmış ve tüm istatistiksel analizler Sigmaplot Ver. 13.0 kullanılarak gerçekleştirilmiştir.

BULGULAR VE TARTIŞMA

Çalışma sahasında tüm istasyonlarda ortalama MP bolluğu 175,61±20,60 adet/L olarak tespit edilmiştir. En büyük bolluk verisi 221 adet/L ile kurak dönemde Fener Giriş istasyonunda ölçülürken en düşük bolluk verisi 143 adet/L ile yağışlı dönemde İslampaşa istasyonunda ölçülmüştür (Şekil 2).

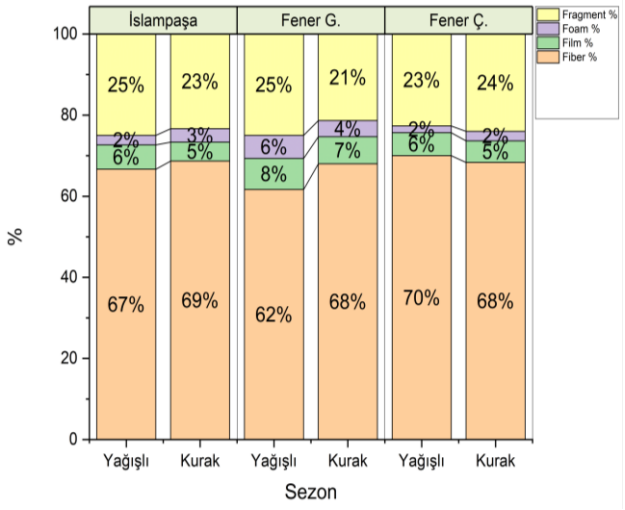
Akarsu vd. (2017) dört ayrı kıtaya ait beş çalışmanın sonuçlarını incelenmişlerdir ve atık sularda tespit edilen mikroplastik miktarlarının 0,2 ile 25,8 adet/L arasında değiştiğini belirtmişlerdir. Bu çalışmada elde edilen değerler bahsi geçen çalışmalara göre oldukça yüksektir. Atık su arıtma tesislerinde MP konsantrasyonlarının mevsimsel değişimini inceleyen çalışmalar mevcuttur ve bu çalışmalar yağışlı ve kurak sezonlar arasında farklı sonuçlar ortaya koymaktadır. İlgili çalışmaların bir kısmında yağışlı sezonda mikroplastik miktarının kurak sezona göre daha fazla miktarda olduğundan bahsedilirken (Uogintė vd., 2022; Koyuncuoğlu, 2021; Murphy et al., 2016) bir kısmında ise tam tersi olarak kurak sezonda mikroplastik konsantrasyonlarının yağışlı sezona göre daha yüksek olduğundan bahsedilmektedir (Saiwaree & Kanokkantapong, 2021). Bu çalışmanın verilerine bakıldığında her istasyonda kurak dönemlerde mikroplastik miktarları yağışlı dönemlerden genellikle daha yüksektir, ancak yapılan analizler sonucu istatistiksel olarak anlamlı bir fark gözlemlenmemiştir ($p>0.05$). Bu çalışmaların bulguları ayrı ayrı değerlendirildiğinde, atık su arıtma tesislerindeki MP konsantrasyonlarının mevsimsel dalgalanmalar gösterdiği ve bu dalgalanmanın trendinin belli bir yönde olmadığı ayrıca bu farklılıkların bölgesel değişkenlere bağlı olduğu görülmektedir.



Şekil 2. Sezona bağlı olarak MP bolluğunun (adet/L) ve boyutlarının (µm) dağılımları.
Figure 2. Seasonal distribution of MP abundance (pcs/L) and size (µm).

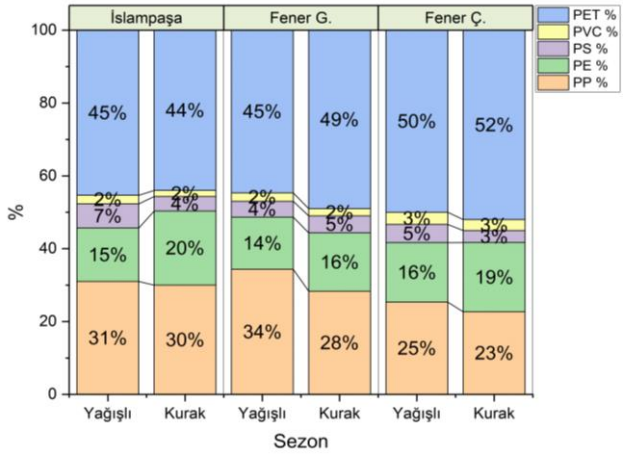
Atık su arıtma tesislerinin giriş ve çıkış sularını analiz ederek mikroplastiklerin ne ölçüde giderildiğini inceleyen birçok çalışma (Carr vd., 2016; Murphy vd., 2016; Talvitie vd., 2017; Sun vd., 2019) bulunmakla birlikte, giriş ve çıkış suları sadece tek bir istasyonda izlendiği için bu çalışmadan böyle bir çıkarım yapmak mümkün değildir. Hem giriş hem de çıkış sularının izlendiği Fener istasyonu ile ilgili olarak, literatürde atıfta bulunulan %99'a varan (Mason vd., 2016; Carr vd., 2016;

Murphy vd., 2016) yüksek arıtma oranına ilişkin bir söylemde bulunmak mümkün değildir. Çıkış suları nispeten daha düşük mikroplastik konsantrasyonları sergilemiştir ve giriş ve çıkış suları arasında anlamlı bir fark gözlenmemiştir.



Şekil 3. Sezona bağlı olarak Toplam MP'lerin şekilsel dağılımı (%).
Figure 3. Seasonal shape distribution of Total MPs (%).

İstasyonlarda MP'lere ait şekilsel dağılım Şekil 3'te verilmiştir. Fiber oranları her istasyonda ve sezonda benzer seviyelerde olup, genellikle %62-70 aralığındadır ve yağışlı ve kurak dönemler arasında büyük bir değişim gözlemlenmemiştir. Fragment oranları da benzer bir eğilim göstermektedir ve %21-25 aralığında tespit edilmiştir. Fener Giriş istasyonunda yağışlı dönemde film oranı diğer istasyonlara göre daha yüksek olarak tespit edilmiştir. Foam oranları, Fener Giriş istasyonunda kurak sezonda diğer istasyonlara göre belirgin şekilde daha yüksektir. Diğer istasyonlarda ise bu oran daha düşüktür ve sezonlar arası fark daha azdır. T testi sonuçlarına göre, mikroplastik türlerinin yüzdeleri açısından istasyonlar ve sezonlar arasında anlamlı bir fark gözlemlenmemiştir ($p>0.05$). Şekil 3 incelendiğinde, her bir mikroplastik türü için sezonlar arası dağılımların genel olarak benzer olduğunu ve istasyonlar arasında ciddi farklar olmadığını desteklemektedir. Özellikle fiber ve fragment oranları istasyonlar ve sezonlar arasında oldukça tutarlıdır. Film ve foam türlerinde ise oransal olarak küçük değişiklikler olsa da istatistiksel olarak anlamlı bir fark tespit edilememiştir. MP'lerin şekilsel olarak sınıflandırılması kirlilik kaynağının belirlenmesinde kritik rol oynamakta ve bu kirleticileri bertaraf etme teknolojisinin hangi özellikler taşıyacağının tespit edilerek uygun arıtma teknolojisinin geliştirilmesinde önemli bir yer tutmaktadır. Fiberlerin atık su arıtma tesislerinde en yaygın tespit edilen parçacık türü olduğu ve fiber oranlarının genellikle %50-80 arasında değiştiği literatürde bildirilmiştir (Ziajahromi vd., 2017; Carr vd., 2016). Iyare vd. (2020) 16 ülkede yapılan araştırmaları inceledikleri kapsamlı çalışmalarında da çalışmalarında atık sularda tespit edilen mikroplastiklerin başlıca şekillerin çoğunluğunu fiber liflerin oluşturduğu açıkça görülmektedir. Mason vd. (2016) çalışmalarında yine şeklen en yaygın türün fiber olduğundan bahsetmiştir. Çoğunluğu tekstil kökenli bu kirleticilerin boyutunun zihinde canlandırılması adına Browne vd. (2011) çalışmalarında tek bir çamaşır yıkama döngüsünde bir elbiseden 1.900'e kadar mikro lifin salınabileceğini belirtmişlerdir dahası insan nüfusunun artması ve insanların sentetik tekstil malzemelerinden üretilen giysiler kullanmaya devam etmesi ile yaşam alanlarının ve hayvanların mikroplastik kirliliğine daha çok maruz kalacağını belirtmişlerdir. Ayrıca Browne vd. (2011) bu yaklaşımı fiberlerin mevsimsel değişikliklerden bağımsız olarak sürekli bir giriş trendinde göstermektedir. Bu çalışmanın verileri de literatürdeki bu bilgiler ile örtüşmektedir.



Şekil 4. Sezona bağlı olarak MP'lerin polimer tipleri dağılımı (%).
Figure 4. Distribution of MPs by polymer types depending on the season (%).

İstasyonlarda MP'lere ait polimer tipleri dağılımı Şekil 4'te verilmiştir. PET oranları, tüm istasyonlarda %44-%52 arasında değişiklik göstermektedir. Kurak dönemde Fener AAT istasyonlarında oranlar İslampaşa AAT'ye göre daha yüksek olsa da istasyonlar arası büyük bir farklılık tespit edilememiştir. PP oranları yağışlı sezonda Fener Giriş istasyonunda daha yüksek iken, diğer istasyonlarda benzer seviyelerde ölçülmüştür. PE oranları İslampaşa ve Fener Çıkış istasyonlarında kurak sezonda daha yüksek olarak tespit edilmiştir. PS oranları İslampaşa istasyonunda yağışlı sezonda daha yüksekken, Fener Çıkış istasyonunda kurak sezonda daha düşük olarak ölçülmüştür. PVC oranları genel olarak düşük seviyelerde olup, Fener Çıkış istasyonunda kurak sezonda diğer istasyonlara göre biraz daha yüksek bir orana sahip iken diğer istasyonlarda sınırlı değişim tespit edilmiştir. T testi sonuçlarına göre polimer tipleri yüzdeleri açısından istasyonlar ve sezonlar arasında anlamlı bir fark gözlemlenmemiştir ($p>0.05$). Gündoğdu vd. (2018) çalışmalarında yedi farklı polimer türü tespit etiklerinden

ve en sık gözlenen polimer türünün polyester olduğundan bahsetmişlerdir. Ayrıca Iordachescu vd. (2024) yine çalışmalarında en sık gözlenen polimer türünün polyester olduğundan bahsetmişlerdir. Bir başka çalışmada Akarsu vd. (2017) ise en yaygın plastik türünün polietilen olduğunu belirtmişlerdir. Bu çalışmada tespit edilen en baskın polimer türü olarak Polietilen Tereftalat'ın (PET) tekstil ürünlerinin yıkama süreçlerinden kaynaklanan lifler ve içecek şişeleri gibi yaygın tüketim ürünlerinin parçalanmasıyla atık sulara giriş yapması (Browne et al., 2011; Geyer et al., 2017) ve yoğunluk ve dayanıklılık gibi fizikokimyasal özellikleri (Hidalgo-Ruz et al., 2012) nedeniyle çevrede uzun süre kalıcı olması örnekleme istasyonlarının atık su konsantrasyonunda yüksek miktarlarda bulunmasını açıklamaktadır.

SONUÇ

Bu çalışmada gerçekleştirilen yağışlı ve kurak dönemlerin detaylı analizi, MP bolluğunun, şekillerinin ve polimer türlerinin yüzdelerinde ilgili sezonlar arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark olmadığını göstermektedir. Mikroplastik şekillerinin (Fiber, Fragment, Film, Foam) ve polimer türlerinin (PET, PP, PE, PS, PVC) yüzdeleri her iki dönemde de büyük ölçüde benzerlik göstermektedir. Ancak, bazı polimer türleri için küçük mevsimsel farklılıklar gözlenmiştir.

Fiber ve fragment yüzdeleri yağışlı ve kurak dönemlerin her ikisinde de tüm istasyonlarda tutarlı olduğu tespit edilmiştir, bu durum çevresel değişikliklerden bağımsız olarak bu türlerin istikrarlı şekilde dağılım gösterdiği anlamına gelebilir.

Film ve foam oransal olarak ele alındığında belirli istasyonlarda yağışlı ve kurak dönemler arasında dalgalanmalar görülmüştür. Bu durum, bu karakterdeki MP'lerin mevsimsel değişikliklere daha duyarlı olabileceğinden bir gösterge olarak kullanılabileceği anlamı taşımaktadır.

Ayrıca, plastik türlerinin kimyasal bileşiminde küçük mevsimsel dalgalanmalar tespit edilmiştir. Özellikle, polietilen (PE) ve polistiren (PS) oranları kurak mevsim boyunca birkaç istasyonda sınırlı bir artış göstermiştir. Bu olgunun altında yatan nedenler, kurak mevsim boyunca akışkanlığı azalmış partiküllerin birikmesine veya farklı kirlilik kaynaklarının etkisine bağlanabilir.

Sonuç olarak, bulgular yağışlı ve kurak mevsimler arasında mikroplastik ve plastik türlerinde önemli farklılıklar olmadığını göstermektedir. Bununla birlikte, başta Film ve Foam olmak üzere bazı mikroplastik türlerinde küçük mevsimsel değişimler gözlenmesi dikkat çekicidir. Bu durum, mevsimsel koşulların belirli mikroplastik türlerinin dağılımı üzerinde sınırlı da olsa bir etkisi olabileceğini göstermektedir. Bu bulgular ışığında, çevresel faktörlerin mikroplastik dağılımı üzerindeki etkisinin daha ayrıntılı bir şekilde anlaşılabilmesi için daha kapsamlı mevsimsel analizlerin ve daha uzun süreli gözlemlerin yapılması faydalı olacaktır.

TEŞEKKÜR

Bu çalışmanın yürütülmesi için gerekli idari izinleri sağlayan Rize Belediyesi'ne ve Çevre Mühendisi İsa TAŞÇI'ya ve mikroplastiklerin tespit edilmesindeki değerli yardımları için Prof.Dr. Kenan GEDİK'e şükranlarımı sunarım.

KAYNAKLAR

Akarsu, C., Kıdeyş, A.E. &Kumbur, H. (2017). Evsel atık su arıtma tesislerinin sucul ekosisteme mikroplastik tehditi. *Turk Hij. Den. Biyol. Derg.*, **74(EK-1),** 73-78. DOI: 10.5505/TurkHijyen.2017.36845

Akdemir, T. & Gedik, K. (2023). Microplastic emission trends in Turkish primary and secondary municipal wastewater treatment plant effluents discharged into the sea of Marmara and Black Sea. *Environ. Res.*, **231**, 116188. DOI: 10.1016/j.envres.2023.116188

Akkan, T., Gedik, K. & Mutlu, T. (2023). Protracted dynamicity of microplastics in the coastal sediment of the Southeast Black Sea**.** *Mar Pollut Bull.***, *188*,** 114722. DOI: 10.1016/j.marpolbul.2023.114722

Bozdaş, K. (2022). *Atıksu arıtma tesislerinde mikroplastiklerin akıbeti*. Yüksek Lisans Tezi, Bursa Uludağ Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bursa, Türkiye, 51s.

Browne, M.A., Crump, P., Niven, S.J., Teuten, E., Tonkin, A., Galloway, A. & Thompson, R. (2011). Accumulation of microplastics on shorelines worldwide: sources and sinks. *Environ. Sci. Technol.* ***45,*** 9175e9179. DOI: 10.1021/es201811s

Browne, M.A. (2015). Sources and Pathways of Microplastics to Habitats. In: Bergmann, M., Gutow, L., Klages, M. (eds), *Marine Anthropogenic Litter*, Springer, Cham. DOI: 10.1007/978-3-319-16510-3_9

Can, T. (2020). *Atıksu arıtma tesislerinde mikroplastik gideriminin araştırılması.* Yüksek Lisans Tezi, Bursa, Bursa Uludağ Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Türkiye, 78s.

Carr, S.A., Liu, J. & Tesoro, A.G. (2016). Transport and fate of microplastic particles in wastewater treatment plants. *Water Res.*, ***91,*** 174-182. DOI: 10.1016/j.watres.2016.01.002

Cheung, P.K. & Fok, L. (2017). Characterisation of plastic microbeads in facial scrubs and their estimated emissions in Mainland China. *Water Res.*, ***122***, 53e61. DOI: 10.1016/j.watres.2017.05.053

ÇŞİB. (2023). *Rize İli 2023 Yılı Çevre Durum Raporu.* Çevre Şehircilik Ve İklim Değişikliği Bakanlığı, İl Müdürlüğü, Rize, Türkiye, 106s.

Fendall, L.S. & Sewell, M.A. (2009). Contributing to marine pollution by washing your face: microplastics in facial cleansers. *Mar. Pollut. Bull.*, ***58***(8), 1225e1228. DOI: 10.1016/j.marpolbul.2009.04.025

Frias, J.P.G.L. & Nash, R. (2019). Microplastics: Finding a consensus on the definition. *Mar. Pollut. Bull.*, **138**, 145–147. DOI: 10.1016/j.marpolbul.2018.11.022

Gedik, K., Eryaşar, A.R. & Gözler, A.M. (2022a). The microplastic pattern of wild-caught Mediterranean mussels from the Marmara Sea. *Mar. Pollut. Bull.*, **175**, 113331 DOI: 10.1016/j.marpolbul.2022.113331

Gedik, K., Eryaşar, A.R., Öztürk, R.Ç., Mutlu, E., Karaoğlu, K., Şahin, A. & Özvarol, Y. (2022b). The broad-scale microplastic distribution in surface water and sediments along Northeastern Mediterranean shoreline. *Sci. Total Environ.*, ***843***, 157038. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2022.157038

Geyer, R., Jambeck J.R. & Law, K.L. (2017). Production, use, and fate of all plastics ever made. *Science Advances*, ***3(7)***, e1700782. DOI: 10.1126/sciadv.1700782

Gündoğdu, S., Çevik, C., Güzel, E., ve Kilercioğlu, S. (2018). Microplastics in municipal wastewater treatment plants in Turkey: a comparison of the influent and secondary effluent concentrations. *Environ Monit Assess*, ***190***(11). DOI: 10.1007/s10661-018-7010-y

Hidalgo-Ruz, V., Gutow, L., Thompson, R.C. & Thiel, M., (2012). Microplastics in the marine environment: a review of the methods used for identification and quantification. *Environ. Sci. Technol.*, ***46***(6), 3060e3075. DOI: 10.1021/es2031505

Iordachescu, L., Papacharalampos, K., Barritaud, L., Denieul, M.P., Plessis, E., Baratto, G., Julien, V., Vollertsen, J. (2024). Microplastics in an advanced wastewater treatment plant: sustained and robust removal rates unfazed by seasonal variations. *Micropl.&Nanopl.* ***4***, 18. DOI: 10.1186/s43591-024-00097-3b

Iyare, P. U., Ouki, S. K. & Bond, T. (2020). Microplastics removal in wastewater treatment plants: a critical review. *Environ. Sci.; Water Res. Technol.*, ***6***, 2664. DOI: 10.1039/d0ew00397b

Koyuncuoğlu, P. (2021). *Kentsel atıksu aritma tesisi kaynakli mikroplastik kirlilik profilinin belirlenmesi: Denizli ili örneği.* Doktora Tezi, Pamukkale Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Denizli, Türkiye, 145s.

Mason, S.A., Garneau, D., Sutton, R., Chu, Y., Ehmann, K., Barnes, J., Fink, P., Papazissimos, D. & Rogers, D.L. (2016). Microplastic pollution is widely detected in US municipal wastewater treatment plant effluent. *Environ. Pollut.*, ***218***, 1045e1054. DOI: 10.1016/j.envpol.2016.08.056

Murphy, F., Ewins, C., Carbonnier, F. & Quinn, B. (2016). Wastewater treatment works (WwTW) as a source of microplastics in the aquatic environment. *Environ. Sci. Technol.*, ***50***(11), 5800e5808. DOI: 10.1021/acs.est.5b05416

Napper, I.E. & Thompson, R.C. (2016). Release of synthetic microplastic plastic fibres from domestic washing machines: effects of fabric type and washing conditions. *Mar. Pollut. Bull.*, ***112***(1), 39e45. DOI: 10.1016/j.marpolbul.2016.09.025

Nizzetto, L., Futter, M. & Langaas, S. (2016). Are agricultural soils dumps for microplastics of urban origin. *Environ. Sci. Technol.*, ***50***(20), 10777-10779. DOI: 10.1021/acs.est.6b04140

Saiwaree S. & Kanokkantapong V. (2021). Microplastics in Industrial Wastewater Treatment Plants: Dynamic Distribution, Seasonal Variation, and Removal Efficiencies. *Environmental Science and Engineering, 4th International Conference on Sustainable Development of Water and Environment, ICSDWE 2021*, Bangkok, 12-13 March, pp. 103 - 113.

Shruti, V.C., P´erez-Guevara, F., Roy, P.D. & Kutralam-Muniasamy, G. (2022). Analyzing microplastics with Nile Red: emerging trends, challenges, and prospects. *J. Hazard Mater.*, ***423***, 127171 DOI:. 10.1016/j.jhazmat.2021.127171

Stock, F., Kochleus, C., B¨ ansch-Baltruschat, B., Brennholt, N. & Reifferscheid, G. (2019). Sampling techniques and preparation methods for microplastic analyses in the aquatic environment-A review. *Trends Anal. Chem.*, **113**, 84-92. DOI: 10.1016/j.trac.2019.01.014

Sun, X., Dai, Q., Wang, M.C., van Loosdrecht, B.J. & Ni (2019). Microplastics in wastewater treatment plants: detection, occurrence and removal. *Water Res.*, ***152***, 21-37. DOI: 10.1016/j.watres.2018.12.050

Talvitie, J., Mikola, A., Koistinen, A., Setala, O. (2017). Solutions to microplastic pollution - removal of microplastics from wastewater effluent with advanced wastewater treatment technologies. *Water Res.*, ***123***, 401. DOI: 10.1016/j.watres.2017.07.005

Thompson, R.C., Moore, C.J., vom Saal, F.S. & Swan, S.H. (2009). Plastics, the environment and human health: current consensus and future trends. *Philos. Trans. R. Soc. B.*, ***364***, 2153-2166. DOI: 10.1098/rstb.2009.0053

TUİK. (2024). *Adrese Dayalı Nüfus Kayıt Sistemi Sonuçları, 2023.* Türkiye İstatistik Kurumu, 49684.

Uogintė, I., Pleskytė, S., Pauraitė, J. & Lujanienė, G. (2022). Seasonal variation and complex analysis of microplastic distribution in different WWTP treatment stages in Lithuania. *Environmental Monitoring and Assessment*, ***194***(11), 829. DOI: 10.1007/s10661-022-10478-x

Yılmaz, E., Alaca, R., Karasu, S. (2016). Rize ili atıksu sistemi, işletme çalışmaları ve sorunları. *International Symposium of Water and Wastewater Management*, 26-28 Ekim, Malatya, Türkiye.

Ziajahromi, S., Neale, P.A., Rintoul, L. & Leusch, F.D. (2017). Wastewater treatment plants as a pathway for microplastics: development of a new approach to sample wastewater-based microplastics. *Water Res.*, **112**, 93-99. DO: 10.1016/j.watres.2017.01.042

Journal of Anatolian Environmental and Animal Sciences
(*Anadolu Çevre ve Hayvancılık Bilimleri Dergisi*)
DOI: https://doi.org/10.35229/jaes.1591959

JAES
Year: 9, No: 4, 2024 (822-831)
AÇEH
Yıl: 9, Sayı: 4, 2024 (822-831

ARAŞTIRMA MAKALESİ RESEARCH PAPER

ICONA Modeli Kullanılarak Toprak Erozyonu Riskinin Tahmin Edilmesi: Ankara İli Örneği [*]

Nuriye Ebru YILDIZ[1]* **Barış KAHVECİ[1]**
[1]*Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi, Mimarlık Fakültesi, Peyzaj Mimarlığı Bölümü, Niğde, Türkiye*

Received: *27.11.2024* ***Accepted:*** *19.12.2024* ***Published:*** *31.12.2024*
Atıf yapmak için: **Yıldız, N.E. & Kahveci, B. (2024).** ICONA modeli kullanılarak toprak erozyonu riskinin tahmin edilmesi: Ankara ili örneği. *J. Anatolian Env. and Anim. Sciences*, ***9***(4), 822-831. https://doi.org/10.35229/jaes.1591959
How to cite: **Yıldız, N.E. & Kahveci, B. (2024).** Estimation of soil erosion risk using ICONA model: The case of Ankara. *Anadolu Çev. ve Hay. Dergisi*, ***9***(4), 822-831. https://doi.org/10.35229/jaes.1591959

*: https://orcid.org/0000-0002-3508-4895
: https://orcid.org/0000-0002-8508-1748

***Corresponding author's:**
Nuriye Ebru YILDIZ
Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi, Mimarlık Fakültesi, Peyzaj Mimarlığı Bölümü, Niğde, Türkiye
✉: ebruyildiz@ohu.edu.tr

Öz: Türkiye'nin erozyon risk durumu ve toprak kaybı değerlendirildiğinde yüksek riske sahip olduğu bilinmektedir. Toprak kaybının değerlendirildiği yöntem ve teknikler arasındaki en ideal modellerden birinin ICONA olacağı anlaşılmıştır. Bu çalışmada; su, rüzgâr ve yanlış arazi kullanımına bağlı erozyon riski yüksek olduğu ifade edilen Ankara Kenti'nin erozyon duyarlılık düzeylerinin belirlenmesi hedeflenmiştir. Bu amaçla, CBS yazılımından ArcGIS 10.7 kullanılmış ve Ankara'nın erozyon risk düzeyleri ICONA modeli/yöntemi ile tespit edilmiştir. Araştırma sonucunda, mekânsal erozyon riski haritasının yanı sıra erozyon risk düzeyleri belirlenmiş ve değerlendirilmiştir. Bulgular, Yenimahalle ve Keçiören ilçelerinin güneyi, Mamak'ın batısı, Çankaya ve Etimesgut'un kuzeyi ile Sincan'ın doğusundaki yaklaşık 124.300 hektarlık alanda erozyon riskinin yüksek ve çok yüksek olduğunu göstermektedir. Bu çalışma, tek bir mekânsal gösterge olan erozyon riskinin belirlenmesine yönelik çalışmaların yanı sıra çok katmanlı mekânsal planların hazırlanması ve farklı göstergelerin bütünleşik olarak değerlendirilmesine yönelik gelecekteki benzer çalışmalar için de örnek olabilir.

Keywords: Erozyon duyarlılığı, toprak kaybı, toprak erozyonu, ICONA modeli.

Estimation of Soil Erosion Risk Using ICONA Model: The Case of Ankara

***Sorumlu yazar:**
Nuriye Ebru YILDIZ
Nigde Omer Halisdemir University, Faculty of Architecture, Department of Landscape Architecture, Nigde, Türkiye
✉: ebruyildiz@ohu.edu.tr

Abstract: It is known that Turkey has a high risk when the erosion risk status and soil loss are evaluated. It is understood that ICONA will be one of the most ideal models among the methods and techniques where soil loss is evaluated. In this study, it was aimed to determine the erosion susceptibility levels of Ankara City, which is stated to have a high risk of erosion due to water, wind and wrong land use. For this purpose, ArcGIS 10.7 from GIS software was used and erosion risk levels of Ankara were determined by ICONA model/method. As a result of the research, spatial erosion risk map as well as erosion risk levels were determined and evaluated. The findings show that the erosion risk is high and very high in approximately 124,300 hectares of land south of Yenimahalle and Keçiören districts, west of Mamak, north of Çankaya and Etimesgut and east of Sincan. This study can be an example for future similar studies for the preparation of multi-layered spatial plans and integrated evaluation of different indicators, as well as studies on determining erosion risk, which is a single spatial indicator.

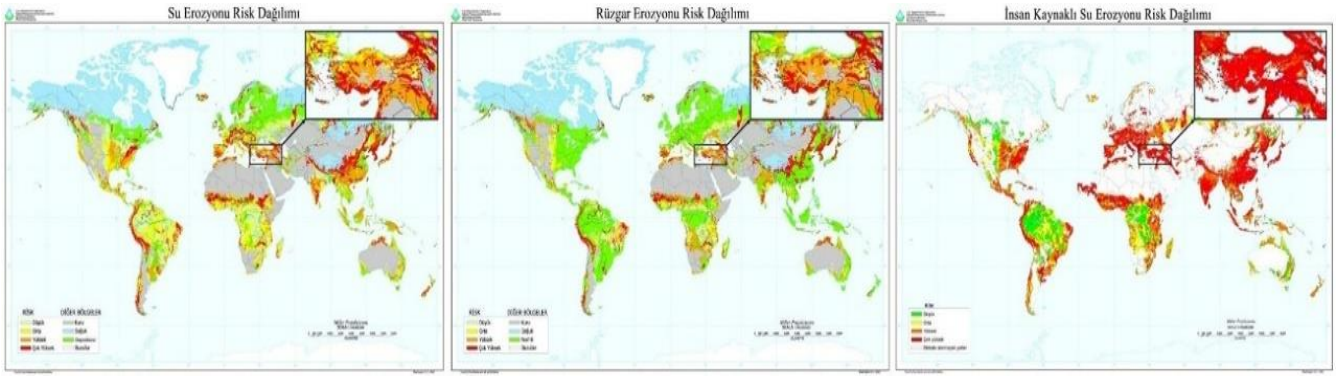
Anahtar kelimeler: Erosion susceptibility, soil loss, soil erosion, ICONA model.

GİRİŞ

Toprak erozyonu, su, rüzgâr ve toprak işleme yoluyla üst toprağın arazi yüzeyinden hızla uzaklaştırılması olarak tanımlanmaktadır (Balcı, 1976). Toprak erozyonu, 2015 Dünya Toprak Kaynaklarının Durumu raporunda on büyük toprak tehdidinden biri olarak belirtilmiştir (FAO & ITPS, 2015; FAO, 2024). Bilimsel araştırmalar; doğal şartlarda ve aynı zaman dilimlerinde, toprak oluşum hızının erozyonla taşınan toprak miktarından her zaman daha fazla olduğunu göstermektedir. Ancak, başta doğal kaynakların ölçüsüz kullanımı (Yücel, 2000), yanlış arazi kullanımı

(Tağıl, 2009; Avci, 2016) ve doğa tahribini hızlandıran müdahaleler gibi insan etkileri erozyon oluşumunu hızlandırmaktadır (Yüksek vd., 2009; Yüksek, 2011). İnsan etkisinden oluşan erozyon ise ekolojik görüş açısından çevre sorunu olarak nitelendirilmekte ve hızlandırılmış/zararlı erozyon olarak tanımlanmaktadır (Yüksek & Yüksek, 2014; Anonim, 2024).

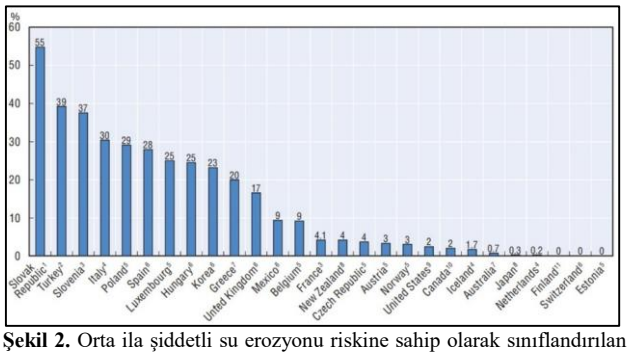
Toprak erozyonu ve/veya toprak kaybı; tarımsal verimliliği ve tarım alanlarını azaltmakta, ekosistem işlevlerinin bozmakta, heyelan ve sel riskini artırmakta, önemli biyoçeşitlilik kayıplarını hızlandırmakta, kentsel hasara ve hatta ciddi boyutlarda insan nüfusunun yer değiştirmesine neden olmaktadır (Saygın vd., 2014; Bai vd., 2020; Cheng vd., 2021; Ediş vd., 2021; FAO, 2024). Ayrıca, toprak erozyonu ve arazi bozunumu; yaklaşık üç milyar insanın refahını sağlamaya yönelik olan Sürdürülebilir Kalkınma Hedefleri (BM, 2024) kapsamında değerlendirilen, küresel gıda güvenliği ve tarımsal verimliliği artırma amaçlarına ulaşmak için büyük bir tehdit oluşturmaktadır. Şekil 1'de; Dünya'da ve Türkiye'de su, rüzgâr ve insan kaynaklı su erozyonu risk dağılım durumu verilmiştir.



Şekil 1. Dünya ve Türkiye'nin su, rüzgâr ve insan (alan kullanım) kaynaklı su erozyonu risk dağılımı (Reich vd., 2001'den düzenlenmiştir).
Figure 1. Distribution of water erosion risks in the world and Turkey due to water, wind and human (land use) (edited from Reich et al., 2001).

Türkiye erozyon bakımından yüksek risk taşımaktadır. Şekil 1 incelendiğinde; Türkiye'nin, Marmara Bölgesi dışındaki bölgeleri su erozyon riski, Marmara ve Karadeniz Bölgesi dışındaki bölgeleri rüzgâr erozyon riski ve Türkiye'nin tüm bölgelerinde insan kaynaklı (alan kullanımı) su erozyon riski yüksek ve çok yüksek olarak dağılım gösterdiği görülmektedir. Toprak erozyonu, kurak ve yarı kurak bölgelerde en önemli toprak ve dolayısıyla çevre sorunlarından biridir. Türkiye'de de kurak ve yarı kurak alanların geniş arazilerde yer kaplaması, jeolojik ve jeomorfolojik yapısı ve yanlış alan kullanımlarının ve bitki örtüsü tahribatının yüksek olması nedenleri ile erozyona elverişli yapıdadır (Uslu & Weniger, 1961, Tağıl, 2009; Erpul & Saygın, 2012; Avci, 2016; Yücel, 2018; Çorbacı & Özyavuz, 2024).

Erpul vd. (2020) "Su Erozyonu İl İstatistikleri-Toprak Erozyonu Kontrol Stratejileri (Sürdürülebilir Arazi/Toprak Yönetimi Uygulama ve Yaklaşımları)" raporuna göre; Türkiye'de toplam 642 milyon ton toprak her yıl su erozyonu nedeniyle yer değiştirmektedir. Yıllık bir kilometrekarelik alanda oluşan toprak kaybı yaklaşık olarak Avrupa'da 80, Avustralya'da 300, Amerika'da 500, Asya'da 600, Afrika'da 700 iken Türkiye'de 800 tonu bulmaktadır (Doğan, 1995'ten aktaran; Aydınalp, 2000; Tağıl, 2009). Ayrıca, OECD ülkelerinin 1990-2010 yılları arasında orta ve şiddetli su erozyonuna sahip tarım alanlarını değerlendirildiği raporda Türkiye, ikinci sırada bulunmaktadır (Şekil 2). Tüm bu veriler, tarımsal alan ve tarımsal üretim açısından Türkiye'nin sorunlar yaşadığını ve yakın gelecekte bu sorunların artarak devam edeceğini göstermektedir.



Şekil 2. Orta ila şiddetli su erozyonu riskine sahip olarak sınıflandırılan tarımsal arazi alanı, OECD ülkeleri, 1990-2010 (OECD, 2013).
Figure 2. Agricultural land area classified as having moderate to severe water erosion risk, OECD countries, 1990-2010 (OECD, 2013).

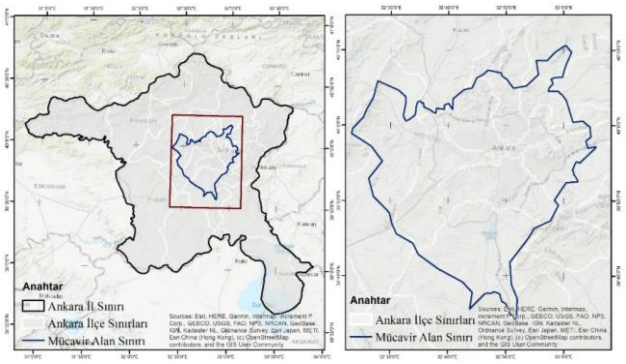
Özellikle tarım, mera ve orman alanlarında erozyon ve toprak kaybı çok önemli bir faktör olduğundan, ülkeler bu alanlar için ülkesel ve bölgesel ölçeklerde erozyon duyarlılık düzeyi haritaları oluşturmakta ve toprak koruma önlemlerini almaktadır (Çepel, 1988; Avci, 2016; Erpul vd., 2020). Doğal kaynakların planlanması ve korunması çalışmalarında olduğu gibi arazi örtüsünün erozyon duyarlılığını hesaplamada; matematiksel analizlerin yanı sıra Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemlerinin (CBS) etkisi, başarı oranı ve doğru sonuç verme yetisi birçok çalışma tarafından desteklenmiştir (Cürebal & Ekinci, 2006; Tağıl, 2009; Avci, 2016; Alevkayalı & Abi, 2023).

Erozyon duyarlığı veya erozyon risk tahmini için niteliksel ve niceliksel birçok matematiksel analiz, yöntem ve model kullanılmaktadır. Literatürde sıklıkla kullanılan yöntem ve modeller; RUSLE-Revised Universal Soil Loss Equation (Ekinci, 2005; Chen vd., 2007), PESERA-Pan-European Soil Erosion Risk Assesment (Tsara vd., 2005; Çilek vd., 2014), LEAM- Land Erodibility Assessment Model (Bayramin, 2003; Kanar & Dengiz, 2015), ANSWERS-Areal Non-point Source Watershed Environmental Response Simulation (Beasley & Hugins, 1982; Shirazi & Moosavi, 2024), WEPP- Water Erosion Prediction Project (Pandey vd., 2008) CREAMS-Chemicals, Runoff and Erosion from Agricultural Management Systems (Knisel, 1980; Knisel & Douglas-Mankin, 2012), CORINE-Coordination of Information on the Environment (Bayramin vd., 2006; Aydın & Tecimen, 2010; Çorbacı & Dönmez, 2019; Çorbacı & Dönmez, 2020; Ekren, 2022) ve DGCONA-The Directorate-General for the Conservation of Nature / ICONA-Institute for Conservation of the Nature (MAPA/ICONA, 1983; MAPA/ICONA, 1991; PAP/RAC(MAP/UNEP), 1997) şeklinde listelenebilir. Erozyon risk tahmini ile ilgili kullanılan bu simülasyon modellerinden ICONA, Türkiye'nin de aralarında bulunduğu bazı Akdeniz ülkeleri ve AB ülkeleri tarafından toprak erozyon riskinin analiz edilmesi, haritalanması ve toprak koruma yöntemlerinin değerlendirilmesi için kullanılmıştır (Bayramin vd., 2003; Dengiz vd., 2014; Şahin vd., 2013; Çorbacı, 2014; Ediş vd., 2021).

Yapılan önceki çalışmalar değerlendirildiğinde, Türkiye'nin erozyon kaynaklı toprak kaybı yüksek seviyelerdedir (Erpul ve ark. 2020) ve erozyon duyarlılık analiz yöntemleri değerlendirildiğinde Türkiye için kullanılabilecek en ideal modellerden birinin ICONA olacağı anlaşılmıştır (Bayramin ve ark., 2003; Dengiz ve ark., 2014; Şahin ve ark., 2014, Çorbacı, 2014; Ediş ve ark., 2021). Bu çalışmada; su, rüzgâr ve yanlış alan kullanımları kaynaklı erozyon riski yüksek olarak değerlendirilen Ankara Kenti erozyon duyarlılığı, ICONA modeli/yöntemi ve CBS yardımıyla analiz edilmiştir. Sonuçta elde edilen erozyon riski haritası ile erozyon risk kategorileri belirlenmiş ve değerlendirilmiştir. Çalışma alanı olarak kent merkezi ve çevresinin seçiminde; yapılan önceki çalışmalar ve Şekil 1'de verilen insan (alan kullanımları) kaynaklı erozyon riski ile ilgili güncel araştırma konularına dahil olması ve toprak kaybı üzerinde rolü etkili olmuştur.

MATERYAL VE METOT

Materyal: Çalışmanın ana materyalini 39° 14′ 46″- 40° 13′ 35″ kuzey enlemleri ile 32° 14′ 24″- 33° 09′ 49″ doğu boylamları arasında yer alan ve Ankara mücavir alanı kapsayan çerçeve sınır oluşturmaktadır (Şekil 3).



Şekil 3. Coğrafi konum haritası
Figure 3. Geographic location map

Çalışmanın amacı doğrultusunda elde edilen veri setleri, kaynakları ve veri detayı Tablo 1'de yer almaktadır. Coğrafi Bilgi Sistemleri ve Uzaktan Algılama analizlerinde ArcGIS 10.7 yazılımı kullanılmıştır. Çalışma alanın konumu ve ölçeği nedeniyle ilgili kurumlardan elde edilen veri setlerinin projeksiyon sistemi "WGS_1984_UTM_Zone_36N" olarak düzenlenmiştir.

Tablo 1. Veri setleri, kaynakları ve veri detayı.
Table 1. Datasets, sources and data details.

Veri Seti	Kaynak	Veri Detayı
İl ve ilçe idari sınır ve merkezleri	HGM (Harita Genel Müdürlüğü)	**Veri Tipi:** Vektör (Poligon)
Mücavir Alan Sınırı	Ankara Büyükşehir Belediyesi İmar ve Şehircilik Daire Başkanlığı Harita Şube Müdürlüğü	**Veri Tipi:** Vektör (Poligon)
2018 Yılı Arazi Kullanımı (Corine)	Copernicus Land Monitoring Service (https://land.copernicus.eu/)	**Veri Tipi:** Vektör (Poligon) **Ölçek:** 1/25.000
Jeolojik Formasyonlar	Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü	**Veri Tipi:** Vektör (Poligon) **Ölçek:** 1/25.000
Sayısal Yükseklik Modeli (SYM)	Copernicus Land Monitoring Service (https://land.copernicus.eu/)	**Veri Tipi:** Raster **Veri Boyutu:** 25x25m

Tablo 1'de yer alan ve çalışmanın yöntemi kapsamında kullanılması gereken ham veriler, çalışmanın alanı özelinde güncel olarak sunulmuş ve işlenmiştir.

Yöntem: Araştırma alanın kentsel ve kırsal bir bölgeyi içermesi ve arazi örtüsü/alan kullanım sınıflarının farklılığından dolayı erozyon duyarlılığı/riskinin belirlenmesinde arazi örtüsünü temel parametre olarak değerlendiren bir model olması nedeniyle ICONA tercih edilmiştir. Toprak erozyon riskinin belirlenmesi amacıyla, İspanya'da Tarım Bakanlığı Doğa Koruma Genel Müdürlüğü (MAPA-DGCONA; mülga MAPA-ICONA) tarafından geliştirilen ICONA yöntemi çalışma alanına uyarlanmıştır (MAPA/ICONA, 1983; MAPA/ICONA, 1991; PAP/RAC(MAP/UNEP), 1997; Şahin vd., 2014). Yöntem kapsamında, çalışma alanında erozyon riskini etkileyebilecek kayaç yapısı, eğim ve arazi kullanımı olmak üzere üç temel parametre değerlendirilmiştir. Parametrelerin nicel sonuçlarının bütünleşik olarak ve ortak bir değerde ele alınması gerekmektedir. Bu durumda, ölçülen farklı göstergelerin sonuçlarına ait nicel değerler normalize edilip, standart bir değere dönüştürülmektedir (Vihervaara vd., 2017; Yıldız vd., 2024). Bu çalışmada da farklı nicel değerlere sahip parametreler 1-5 arasında

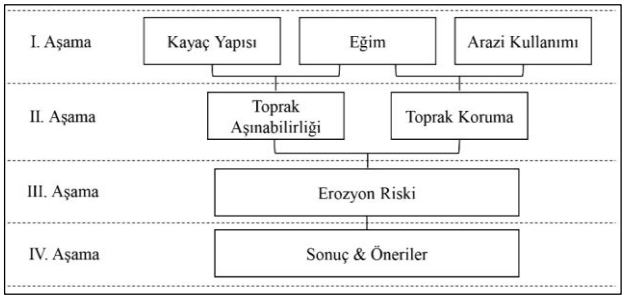
kategorik olarak sınıflandırılmıştır. Yöntem, 4 aşamadan oluşmaktadır (Şekil 4).

I. Aşama: Kayaç yapısı, eğim ve arazi kullanımı verileri, erozyon risk derecelerine göre sınıflandırılmış; ayrıntılı açıklama ve kod tabloları oluşturulmuştur. Elde edilen bu değerler, ilgili parametrelerin veritabanlarına öznitelik bilgisi olarak işlenmiştir. Kayaç aşınabilirlik düzeylerinin yorumlanmasında Jeolog meslek disiplininden uzman görüşü alınmıştır (Kavuran, 2021).

II. Aşama: Üst üste bindirme tekniğinin kullanımı ile kayaç yapısı ve eğim grupları çakıştırılmış, çalışma alanının toprak aşınabilirlik düzeyleri elde edilmiştir. Benzer şekilde, arazi kullanımı ve eğim grupları üst üste bindirme tekniği ile çakıştırılmış, çalışma alanının toprak koruma düzeyleri elde edilmiştir.

III. Aşama: 1. ve 2. aşamadaki analizler sonucu ile oluşturulan, toprak aşınabilirlik ve toprak koruma düzeylerinin yine üst üste bindirme tekniği kullanılarak çakıştırılmasıyla çalışma alanının potansiyel erozyon risk düzeyleri elde edilmiş ve değerlendirilmiştir.

IV. Aşama: Bu aşamada ise, erozyon riski yüksek ve çok yüksek olan alanlar için sonuç bölümünde öneriler geliştirilmiştir.



Şekil 4. Yöntem akış şeması.
Figure 4. Method flowchart.

BULGULAR

Erozyon riskinin belirlenebilmesi amacıyla, kayaç yapısı, eğim grupları ve arazi örtüsü parametreleri kullanılarak toprak aşınabilirliği ve toprak koruma düzeyleri elde edilmiştir.

Toprak Aşınabilirliği

Kayaç Yapısı: Toprak aşınabilirliğinin belirlenebilmesi amacıyla gerekli olan ilk parametre kayaç yapısıdır. Çalışma kapsamında, araştırma alanındaki kayaç yapısı, MAPA/ICONA (1983)'ya göre Tablo 2'de görüldüğü gibi erozyon risk düzeylerine göre yeniden sınıflandırılmıştır. Kayaç yapısı, aşınabilirlik düzey ve kod değerlerine ilişkin bilgiler, CBS ortamına aktarılmış ve kayaç aşınabilirlik haritası elde edilmiştir (Şekil 5). Kayaç aşınabilirlik düzeyleri ve alanları ise Tablo 3'te yer almaktadır. Kayaç yapısına ilişkin bulgular, çalışma alanının yaklaşık 600.000 hektarlık kısmında kayaç aşınabilirliğinin yüksek ve çok yüksek düzeyde olduğunu göstermektedir. Bu alanlarda, kayaçlar kolay aşınabileceği için erozyon riskinin de yüksek olacağını söylemek mümkündür.

Tablo 2. Kayaç sınıfları, aşınabilirlik düzey ve kodları.
Table 2. Rock classes, erodibility levels and codes.

Kayaç Yapısı	Aşınabilirlik	Kod
Andezit Bazalt - Andezit, Tüf, Aglomera	Çok Düşük	1
Andezit, Bazalt, Piroklastik Kayaçlar - Andezit, Dasit, Piroklastik Kayaçlar - Andezit, Dasit, Tüf – Dasit – Diyabaz – Kalker – Melanj – Mermer - Metaklastik Kayaç – Serpantinit - Yapraklanmalı Sokulum – Spilit – Şist – Traverten - Volkanik Sedimanter Kayaç - Spilit, Diabaz, Kumtaşları - Piroklastik Kayaç, Andezit, Trakiandezit, Bazalt - Gabro-Diabaz, Volkanitler - Ultramafitler (Dunit, Piroksenit, Harzburgit) - Serpantinleşmiş Ultramafitler - Spilit, Diabaz, Kumtaşları - Piroklastik Kayaç, Andezit, Trakiandezit, Bazalt	Düşük	2
Aglomera, Tüf, Andezit – Çört – Evaporit - Konglomera, Kumtaşı, Çamurtaşı - Kumtaşı, Çamurtaşı-Kireçtaşı – Metaolistostrom – Olistostrom - Kırıntılı Karbonat Kayaçları - Çörtlü Kireçtaşı, Kumtaşı Arabantlı - Bazalt, Killi Kireçtaşı, Radyolorit Çamurtaşı - Olistostrom ve Olistolitler - Pelajik Killi Kireçtaşı, Çamurtaşı - Kireçtaşı-Marn - Şist	Orta	3
Aglomera, Tüf – Bazalt - Çörtlü Kireçtaşı – Kumtaşı - Piroklastik Kayaç - Kumtaşı, Çakıltaşı, Kumtaşı, Çamurtaşı - Konglomera, Kumtaşı, Çamurtaşı - Çamurtaşı, Radyolorit, Volkanik Taneli Kumtaşı Ardalanması	Yüksek	4
Alüvyon - Alüvyon Yelpazesi	Çok Yüksek	5

Tablo 3. Kayaç aşınabilirlik düzeyleri ve alanları (ha).
Table 3. Rock erodibility levels and areas (ha).

Kayaç Aşınabilirlik Düzeyleri	Kod	Alan (ha)
Çok Düşük	1	14323
Düşük	2	100526
Orta	3	118081
Yüksek	4	173352
Çok Yüksek	5	127251

Eğim Grupları: Toprak aşınabilirliğinin belirlenmesinde önemli olan ikinci parametre ise eğim gruplarıdır. Çalışma alanındaki eğim gruplarının belirlenmesinde Tablo 4'teki sınıflandırma dikkate alınmıştır. Eğim grupları, açıklama ve kod değerlerine ilişkin bilgiler, CBS ortamına aktarılmış ve Şekil 5'teki eğim aşınabilirlik haritası oluşturulmuştur. Eğim düzeyi %20'den büyük olan alanlarda, aşınabilirliğe bağlı ortaya çıkacak erozyon riskinin de yüksek ve çok yüksek düzeyde olduğunu söylemek mümkündür.

Tablo 4. Eğim sınıfları, aşınabilirlik düzeyleri ve alanları (ha).
Table 4. Slope classes, erodibility levels and areas (ha).

Eğim Sınıfları (%)	Açıklama	Aşınabilirlik	Kod	Alan
< 3	Çok az-düz	Çok Düşük	1	4138
3 – 12	Orta eğim	Düşük	2	8036
12 - 20	Dik eğim	Orta	3	216485
20 – 35	Çok dik eğim	Yüksek	4	91260
> 35	Sarp	Çok Yüksek	5	587141

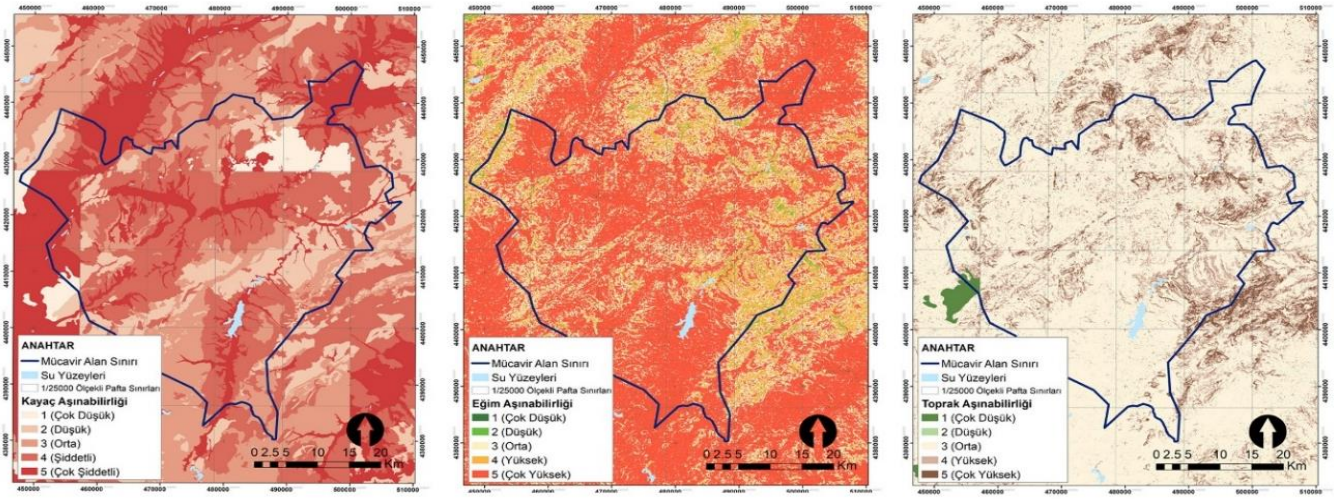
Toprak Aşınabilirliği: Kayaç yapısı ve eğim gruplarının Tablo 5'e göre çakıştırılması ile toprak aşınabilirlik haritası elde edilmiştir (Şekil 5). Tablo 6'da toprak aşınabilirlik düzey, kod ve alanları yer almaktadır. Toprak aşınabilirliği analizi sonucunda elde edilen bulgular, çalışma alanının yaklaşık 850.000 hektarında yüksek ve çok yüksek düzeyde toprak aşınabilirliğine bağlı erozyon riskinin de yüksek olduğunu göstermektedir.

Tablo 5. Kayaç yapısı ve eğim gruplarının çakıştırma kriterleri.
Table 5. Overlapping criteria of rock structure and slope groups.

Kayaç Aşınabilirliği	Eğim Aşınabilirliği				
	Çok Düşük	Düşük	Orta	Yüksek	Çok Yüksek
Çok Düşük	1	1	1	1	1
Düşük	2	3	3	4	5
Orta	2	3	3	4	5
Yüksek	2	3	4	5	5
Çok Yüksek	2	3	4	5	5

Tablo 6. Toprak aşınabilirlik düzey, kod ve alanları (ha).
Table 6. Soil erodibility levels, codes and areas (ha).

Toprak Aşınabilirlik Düzeyi	Kod	Alan (ha)
Çok Düşük	1	4081
Düşük	2	6602
Orta	3	41341
Yüksek	4	692306
Çok Yüksek	5	159795



Şekil 5. Kayaç aşınabilirliği, eğim aşınabilirliği ve toprak aşınabilirliği haritaları.
Figure 5. Rock erodibility, slope erodibility and soil erodibility maps.

Toprak Koruma

Arazi Örtüsü: Toprak koruma düzeylerinin belirlenebilmesi amacıyla gerekli olan ilk parametre arazi örtüsüdür. Bu amaçla, Tablo 7'de yer alan CORINE arazi kullanımı sınıflarından yararlanılmıştır. Ancak, verinin güvenilirliğini ve güncelliğini sağlayabilmek açısından uydu görüntülerinden yaralanarak doğrulama yapılmıştır. Çalışma alanının arazi örtüsü haritası Şekil 6'da yer almaktadır.

Eğim: Toprak koruma düzeylerinin belirlenmesinde önemli olan ikinci parametre ise eğim gruplarıdır. Çalışma alanındaki eğim gruplarının belirlenmesinde Başlık 4.1'de yer alan eğim grupları dikkate alınmıştır.

Toprak Koruma: IFIE (Mülga Orman Araştırma ve Deney Enstitüsü Hızlı Akan Sular Bölümü) tarafından geliştirilmiş Ankara arazi örtüsüne göre düzenlenmiş toprak koruma dereceleri ve eğim gruplarının Tablo 8'e göre çakıştırılmasıyla toprak koruma haritası elde edilmiştir (Şekil 6).

Tablo 7. Arazi kullanım sınıfları ve alanları (ha).
Table 7. Land use classes and areas (ha).

Corine Kod	Arazi Kullanım Sınıfları (Düzey 3)	Corine Sınıfları (Düzey 2)	Alan (Ha)
111	Sürekli Şehir Yapısı	Yerleşim Alanları	8556
112	Kesintili Şehir Yapısı	Yerleşim Alanları	29883
121	Endüstriyel ve Ticari Birimler	Yerleşim Alanları	17007
122	Karayolları, Demiryolları ve İlgili Alanlar	Yerleşim Alanları	3196
124	Havaalanları	Yerleşim Alanları	2081
131	Maden Çıkarım Sahaları	Yerleşim Alanları	3153
132	Boşaltım Sahaları	Yerleşim Alanları	642
133	İnşaat Sahaları	Yerleşim Alanları	10445
141	Yeşil Şehir Alanları	Yerleşim Alanları	1203
142	Spor ve Eğlence Alanları	Yerleşim Alanları	786
211	Sulanmayan Ekilebilir Alanlar	Tarım Alanları	231362
212	Sürekli Sulanan Alanlar	Tarım Alanları	25611
221	Üzüm Bağları	Tarım Alanları	155
222	Meyve Bahçeleri	Tarım Alanları	929
231	Zeytinlikler	Tarım Alanları	16834
242	Karışık Tarım Alanları	Tarım Alanları	30557
243	Doğal Bitki Örtüsü ile Birlikte Bulunan Tarım Alanları	Tarım Alanları	51834
311	Geniş Yapraklı Ormanlar	Doğal Alanlar	133
312	İğne Yapraklı Ormanlar	Doğal Alanlar	2195
321	Doğal Çayırlıklar	Doğal Alanlar	45939
323	Sklerofil Bitki Örtüsü	Doğal Alanlar	3441
324	Bitki Değişim Alanları	Doğal Alanlar	17030
331	Sahiller, Kumsallar, Kumluklar	Doğal Alanlar	35
333	Seyrek Bitki Alanları	Doğal Alanlar	27255
411	Karasal Bataklıklar	Sulak Alanlar	2183
512	Su Kütleleri	Su Kütleleri	1474

Tablo 8. Arazi kullanım ve eğim gruplarının toprak koruma indisleri (Şahin vd. (2014)'ten uyarlanarak).
Table 8. Soil conservation indices of land use and slope groups (adapted from Şahin et al. (2014)).

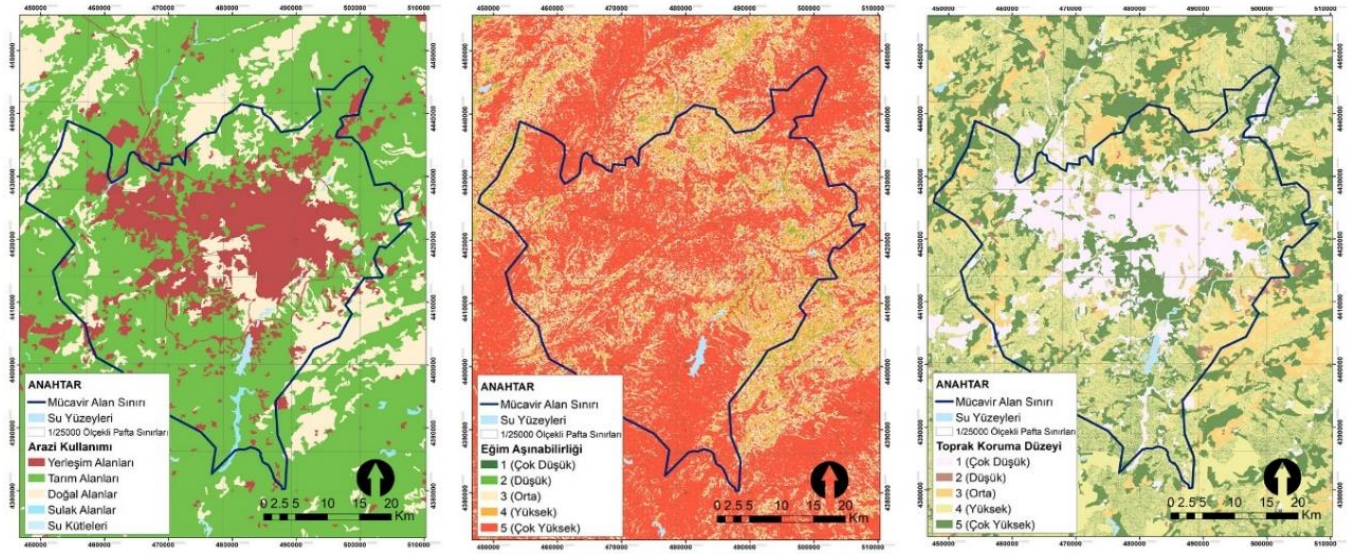
Corine Kod	Arazi Kullanım Sınıfları	% < 3	% 3 - 12	% 12 - 20	% 20 - 35	% > 35
111	Sürekli Şehir Yapısı	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
112	Kesintili Şehir Yapısı	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
121	Endüstriyel ve Ticari Birimler	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
122	Karayolları, Demiryolları ve İlgili Alanlar	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
124	Havaalanları	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
131	Maden Çıkarım Sahaları	0.5	0.5	0.3	0.3	0.0
132	Boşaltım Sahaları	0.5	0.5	0.3	0.3	0.0
133	İnşaat Sahaları	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
141	Yeşil Şehir Alanları	0.9	0.9	0.5	0.3	0.3
142	Spor ve Eğlence Alanları	0.9	0.5	0.5	0.3	0.0
211	Sulanmayan Ekilebilir Alanlar	1.0	0.9	0.6	0.5	0.4

Corine Kod	Arazi Kullanım Sınıfları	% < 3	% 3 - 12	% 12 - 20	% 20 - 35	% > 35
212	Sürekli Sulanan Alanlar	0.9	0.9	0.6	0.5	0.4
221	Üzüm Bağları	1.0	1.0	0.9	0.6	0.5
222	Meyve Bahçeleri	1.0	1.0	0.9	0.6	0.5
231	Zeytinlikler	1.0	1.0	0.9	0.6	0.5
242	Karışık Tarım Alanları	1.0	1.0	0.9	0.6	0.5
243	Doğal Bitki Örtüsü ile Birlikte Bulunan Tarım Alanları	1.0	1.0	1.0	0.9	0.5
311	Geniş Yapraklı Ormanlar	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
312	İğne Yapraklı Ormanlar	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
321	Doğal Çayırlıklar	0.9	0.9	0.6	0.6	0.4
323	Sklerofil Bitki Örtüsü	1.0	1.0	1.0	1.0	0.9
324	Bitki Değişim Alanları	1.0	1.0	1.0	1.0	0.9
331	Sahiller, Kumsallar, Kumluklar	0.9	0.6	0.5	0.3	0.0
333	Seyrek Bitki Alanları	0.9	0.9	0.6	0.6	0.5
411	Karasal Bataklıklar	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
512	Su Kütleleri	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

Tablo 9'da toprak koruma düzey, kod ve alanları yer almaktadır. Toprak koruma analizi sonucunda elde edilen bulgular, çalışma alanındaki yaklaşık 80.000 hektarlık alanda toprak koruma düzeyinin çok düşük ve düşük; dolayısıyla erozyon riskinin yüksek olduğunu göstermektedir.

Tablo 9. Toprak koruma indisi, düzey, kod ve alanları (ha).
Table 9. Soil protection index, level, code and areas (ha).

İndis değeri aralığı	Toprak Koruma Düzeyi	Kod	Alan (ha)
0.2-0.0	Çok Düşük	1	74826
0.5-0.3	Düşük	2	5063
0.7-0.6	Orta	3	53259
0.9-0.8	Yüksek	4	232551
1.0	Çok Yüksek	5	168220



Şekil 6. Arazi örtüsü, eğim aşınabilirliği ve toprak koruma düzeyleri haritası.
Figure 6. Land cover, slope erodibility and soil protection levels map.

SONUÇ VE TARTIŞMA

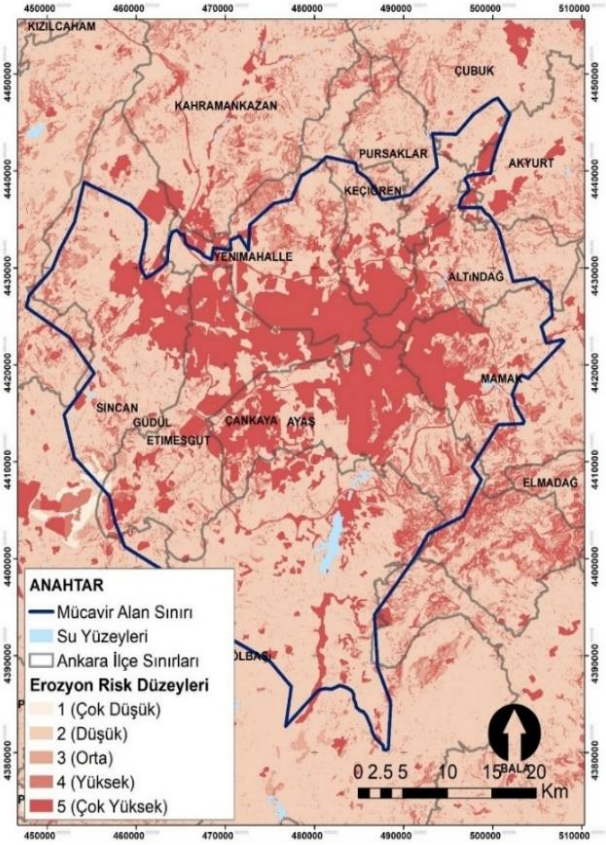
Toprak aşınabilirlik ve toprak koruma düzeylerinin Tablo 10'a göre çakıştırılması ile erozyon riski haritası elde edilmiştir (Şekil 7). Erozyon risk düzey, kod ve alanları ise Tablo 11'de yer almaktadır. Çalışmanın sonuçları, Ankara mücavir alan sınırını kapsayan çerçeve sınır içinde, Yenimahalle ve Keçiören ilçelerinin güneyi, Mamak'ın batısı, Çankaya ve Etimesgut'un kuzeyi ile Sincan'ın doğusundaki yaklaşık 124.300 hektarlık alanda erozyon riskinin yüksek ve çok yüksek olduğunu göstermektedir.

Erozyon riski analizi sonuçları, arazi kullanımı verileriyle ilişkilendirildiğinde, yerleşim alanlarında arazi kullanımına bağlı toprak kaybı bulunması nedeniyle erozyon risk düzeyinin yüksek olduğunu söylemek mümkündür. Ancak, yerleşim alanlarının bulunmadığı kırsal alanlarda, toprak koruma düzeyleri nispeten yerleşim alanlarına göre daha yüksek, dolayısıyla erozyon riski açısından da daha avantajlı yerler olarak ifade edilebilmektedir.

Araştırma sonuçları eğim grupları açısından değerlendirildiğinde; yerleşim alanları dışında kalan ve eğimin düşük ve çok düşük (% <3 ve % 3-12) olduğu alanlarda, erozyon riskinin düşük ve çok düşük olduğunu; eğim düzeyinin yüksek ve çok yüksek (% 20-35 ve % >35) olduğu alanlarda ise, erozyon riskinin yüksek ve çok yüksek olduğunu göstermektedir.

Araştırma sonuçları kayaç yapısı açısından değerlendirildiğinde; alüvyon ve alüvyon yelpazesi, aglomera, tüf – bazalt - çörtlü kireçtaşı – kumtaşı - piroklastik kayaç - kumtaşı, çakıltaşı, kumtaşı, çamurtaşı - konglomera, kumtaşı, çamurtaşı - çamurtaşı, radyolorit,

volkanik taneli kumtaşı ardalanması gibi kayaç sınıflarına sahip bölgelerde, aşınabilirlik düzeyi yüksek ve çok yüksek olduğu için erozyon risk düzeyinin de yüksek ve çok yüksek olduğu görülmektedir.



Şekil 7. Erozyon riski haritası
Figure 7. Erosion risk map

Tablo 10. Toprak aşınabilirlik ve toprak koruma düzeylerine göre erozyon risk düzeyleri (Şahin vd. 2014).
Table 10. Erosion risk levels according to soil erodibility and soil protection levels (Şahin et al. 2014).

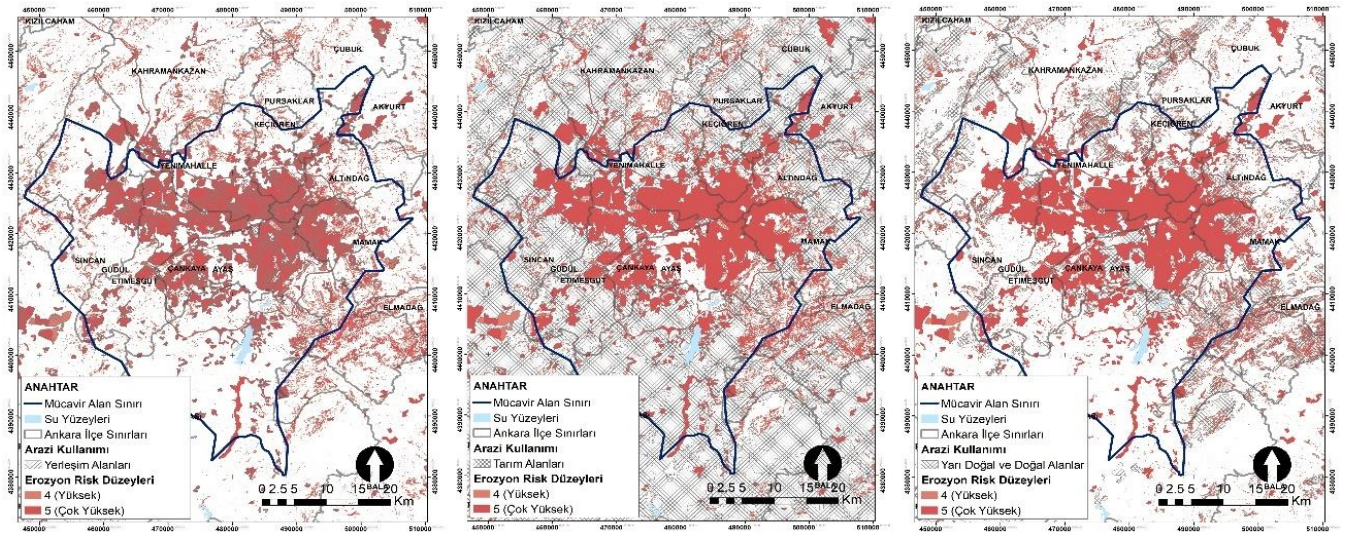
Toprak Aşınabilirlik Düzeyi	Toprak Koruma Düzeyi				
	Çok düşük (1)	Düşük (2)	Orta (3)	Yüksek (4)	Çok yüksek (5)
Çok yüksek (5)	5	5	5	4	4
Yüksek (4)	5	5	4	3	2
Orta (3)	5	4	3	2	2
Düşük (2)	4	3	3	1	1
Çok Düşük (1)	4	3	2	1	1

Tablo 11. Erozyon risk düzey, kod ve alanları.
Table 11. Erosion risk levels, codes and areas.

Erozyon Risk Düzeyi	Kod	Alan (Ha)
Çok Düşük	1	4224
Düşük	2	353757
Orta	3	51243
Yüksek	4	37432
Çok Yüksek	5	86871

Erozyon riskinin tespit edilmesinde kullanılan yöntem ve teknikler ile sayısal veri setlerine ilişkin bazı kısıtlamalar mevcuttur. Bu kısıtlamalar, gelecek çalışmalara yol göstermesi amacıyla, ayrıntılı biçimde ifade edilmiştir.

- Bu çalışmada, çalışma sınırı, kentsel ve kırsal alan kullanımına bağlı ortaya çıkan farklılıkların erozyon riski üzerine etkilerinin anlaşılabilmesi amacıyla mücavir alanı kapsayan çerçeve sınır olarak belirlenmiştir. Ancak, gelecek çalışmalarda, çalışma sınırı olarak mücavir alan sınırı yerine kentsel alanları da içine alan ölçekteki bir havza sınırının belirlenmesi, erozyon riskinin belirlenmesinde yağış ve akarsuları kapsayan iklim ve hidrolojik yapıya ilişkin parametrelerin yönteme dahil edilmesine olanak sağlayacaktır.
- Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü'nden elde edilen jeoloji verisinde, 1/25.000 ölçekli pafta sınırından kaynaklanan keskin bir sınır olduğu görülmektedir. Veri setindeki bilgilerin doğrulanması ve kenar birleştirme sorunlarını çözmeye yönelik ayrıntılı jeolojik analizlere ihtiyaç vardır (Yıldız, 2022).
- Akalan (1992), beş santim kalınlıktaki bir toprağın oluşması için ortalama iki bin yıla ihtiyaç olduğunu vurgularken, aynı zamanda da erozyonun önlenmesi için atılacak ilk adımın insan etkisini yani alan kullanım yanlışlarını ortadan kaldırmanın gerekliliğini belirtmiştir. Ankara Kenti, sürekli nüfus artışı ile alan kullanım türüne bakılmaksızın kentsel gelişimini yatay yönlü olarak devam ettirmektedir. Bu durumda, erozyonun en büyük nedenlerinden yanlış alan kullanımını pozitif etkileyerek toprak kaybını artırmaktadır. Şekil 8 değerlendirildiğinde; Ankara Kentinin yoğun yerleşim alanlarında erozyon risk düzeyinin "5-çok yüksek" olduğu görülmektedir.
- Analiz sonucunda çalışma alanı sınırları içinde 124.300 ha alanda yüksek ve çok yüksek erozyon riski olduğu tespit edilmiştir. Erpul vd. (2020)'ye göre; Ankara İli yıllık birim alandan toprak kaybı her bir hektardan 5,03 tondur (ton ha-1 yıl-1). Bu durumda çalışma alanından yıllık 625.229 ton toprak kaybı olma olasılığı çok yüksektir.
- Bu çalışmada olduğu gibi ICONA modelinin kullanılması ve CBS teknikleri yardımıyla arazi örtüsü üzerinde erozyon riskinin tahmin edilmesi, alan kullanımlarının planlanmasında ve yönetilmesinde etkili bir yaklaşım olmaktadır. ICONA yöntemi sonuçlarının; iklimsel veriler ve toprak özellikleri ile değerlendirilmesi (Ediş vd., 2021), yapılan analize olumlu katkıda bulunarak daha hassas ve doğruluğu yüksek sonuçların tespit edilmesini sağlayacaktır.



Şekil 8. Arazi örtüsü/kullanım sınıfları ve yüksek-çok yüksek erozyon düzeyleri.
Figure 8. Land cover/use classes and high to very high erosion levels.

Sonuç olarak, Ankara'nın arazi kullanımı ve kentsel yerleşim alanlarının gelişimi incelendiğinde toprak kaybının önlenmesi veya azaltılabilmesi için yanlış alan kullanımlarından kaçınılmalıdır. Aynı zamanda, kent çeperinde tarım ve doğal alanların bulunması nedeniyle kentin yatayda gelişimi önlenmelidir. Çalışma kapsamında erozyon riskinin belirlenmesinde kullanılan yöntem ve elde edilen analiz sonuçları, sadece toprak koruma çalışmalarında değil, aynı zamanda çok katmanlı kent planlarında altlık olarak kullanılmalıdır.

KAYNAKLAR

Akalan, İ. (1992). Türkiye'nin Toprak Kaynakları, Bunların Sorunları ve Çözüm Yolları. *Türkiye Coğrafyası Uygulama ve Araştırma Dergisi*, ***1***, 1-14.

Alevkayalı, Ç. & Abi, B. (2023). Mekân Tabanlı Toprak Erozyonu Tahmin Modelleri: Bildiklerimiz Değişiyor Mu? *Coğrafi Bilimler Dergisi*, ***21***(2), 696-725. DOI: 10.33688/aucbd.1265625

Anonim. (2024). Erozyon ve Sel Kontrolü Dersi – Ders Notları. Karadeniz Teknik Üniversitesi, Orman Fakültesi, Havza Amenajmanı Anabilim Dalı. Erişim Tarihi. 10.10.2024. Erişim Adresi: https://www.ktu.edu.tr/dosyalar/havzaamenajmani_6500a.pdf.

Avci, V. (2016). Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) ile Gökdere Havzası ve Çevresinin (Bingöl) Erozyon Duyarlılık Analizi. *The Journal of Academic Social Science*. ***26***, 170-193. Doi:10.16992/ASOS.1116.

Aydin, A. & Tecimen, H.B. (2010). Temporal soil erosion risk evaluation: a CORINE methodology application at Elmali dam watershed, Istanbul. *Environ. Earth. Sci. J.*, ***61***,1 457-1465. DOI: 10.1007/s12665-010-0461-2.

Aydınalp, C. (2000). Türkiye'nin Toprak Sorunları. *ANADOLU Ege Tarımsal Araştırma Enstitüsü Dergisi*, ***10***(1), 135-143.

Bai, L., Wang, N., Jiao, J., Chen, Yixian, Tang, B., Wang, H., Chen, Yulan, Yan, X. & Wang, Z. (2020). Soil Erosion and Sediment Interception by Check Dams in a Watershed For an Extreme Rainstorm on the Loess Plateau, China. *Int. J. Sediment Res.*, ***35***, 408-416. DOI: 10.1016/j.ijsrc.2020.03.005

Balcı, N. (1976). Toprak Erozyonu ve Kirlenme Sorunları. *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, ***XXVI***(2), 68-77.

Bayramin, İ. (2003). Soil erosion risk assessment with LEAM model; case study: Beypazarı Area. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, ***23***, 105-116.

Bayramin, İ., Dengiz, O, Başkan, O. & Parlak, M. (2003). Soil Erosion Risk Assessment With ICONA Model; Case Study: Beypazarı Area. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, ***27***(2), Article 7. Available at: https://journals.tubitak.gov.tr/agriculture/vol27/iss2/7

Bayramin, İ., Erpul, G. & Erdoğan, E. H. (2006). Use of CORINE methodology to assess soil erosion risk in the semi-arid area of Beypazari-Ankara, Turkey. *Turkish Journal of Agricultural and Foresty*, ***30***, 81-100.

Beasley, D.B. & Hugins, L.F. (1982). ANSWERS: Areal Non-point Source Watershed Environmental Response Simulation: User's manual, USEPA Rep. 905/9-82-001. USEPA, Chicago, IL.

Birleşmiş Milletler (BM). (2024). Sürdürülebilir Kalkınma Amaçları. Erişim Linki: https://turkiye.un.org/tr/sdgs Erişim Tarihi: 10.11.2024.

Chen, Y.H. Pan, W.B. & Cai, Y.B. (2007). "Assessment on soil erosion susceptibility in watershed based on RUSLE - a case study of Jixi Watershed". *Journal ofMountain Science*, ***25***(4), 490-496.

Cheng, Y., Li, P., Xu, G., Wang, X., Li, Z., Cheng, S. & Huang, M. (2021). Effects of dynamic factors of erosion on soil nitrogen and phosphorus loss under freeze-thaw conditions. *Geoderma*, ***390***, 114972. DOI: 10.1016/j.geoderma.2021.114972

Cürebal, İ. & Ekinci, D. (2006). "Kızılkeçili Deresi Havzasında CBS Tabanlı RUSLE (3d) Yöntemi ile Erozyon Analizi", *Türk Coğrafya Dergisi*, ***47***, 115-131.

Çepel, N. (1988). *Peyzaj Ekolojisi*. İstanbul Üniversitesi. Orman Fakültesi Yayınları, İ.Ü. Yayın No: 3510, O.F. Yayın No: 391.

Çilek, A., Berberoğlu, S., Erdoğan, M.A. & Dönmez, C. (2014). PESERA ve RUSLE erozyon modellerinin Akdeniz ve Ege havzalarındaki sonuçlarının karşılaştırılması. *UZAL-CBS 2014. 14-17 Kasım 2014*. İstanbul.

Çorbacı, Ö. L. (2014). *Doğal ve Kültürel Değerleri ile Amasra'nın Peyzaj Planlaması.* Doktora Tezi, Ankara

Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Peyzaj Mimarlığı Anabilim Dalı, 438, Ankara.

Çorbacı, Ö. L. & Dönmez, Y. (2019). *Peyzajın Yapısının (Peyzaj Karakter Tiplerinin) Tanımlanması ve Haritalanması: Bartın İli Amasra İlçesi Örneği*, Latif Gürkan Kaya (Ed.), Mimarlık Tasarım ve Planlama Alanında Yeni Ufuklar (s. 329, 366), ISBN 978-605-80229-6-6. Gece Kitaplığı, Ankara.

Çorbacı, Ö. L. & Dönmez, Y. (2020). *Bartın İli Amasra İlçesinin Habitat Değeri: Leke-Koridor-Matris Uygulaması*, Serhan Haner (Ed.), Mühendislik ve Mimarlık Araştırmaları Teori, Uygulama ve Yeni Yaklaşımlar, (s. 31-65) ISBN: 978-625-7139-47-2, Iksad Yayınları, Ekim, 2020, Ankara.

Çorbacı, Ö.L. & Özyavuz, M. (2024). *Kentsel Yeşil Alanların Sürdürülebilir Yönetimi*, Editör: Kenan İnce, Kentsel Açık Yeşil Alanlarda Kurakçıl Peyzaj (Xeriscape) Çalışmaları, pp. 108-170, ISBN: 978-625-367-138-9, Iksad Yayınları, Eylül, Ankara, 2024.

Ediş, S., Aytaş, İ. & Özcan, A.U. (2021). ICONA modeli kullanarak toprak erozyon riskinin değerlendirilmesi: Meşeli Çubuk/Ankara) Havzası Örneği. *Anadolu Orman Araştırmaları Dergisi* ***7***(1), 15-22.

Ekinci, D. (2005). "CBS Tabanlı Uyarlanmış RUSLE Yöntemi ile Kozlu Deresi Havzası'nda Erozyon Analizi", *İstanbul Üniversitesi Edebiyat Fakültesi Coğrafya Bölümü Coğrafya Dergisi*, ***13***, 109-119.

Ekren, E. (2022). Investigation of Land Cover Change in Kahramanmaras Province (Turkey). *Proceedings of the 8th International Exchange and Innovation Conference on Engineering & Sciences (IEICES 2022)*, 407-411.

Erpul, G., İnce, K., Demirhan, A., Küçümen, A., Akdağ, M.A., Demirtaş, İ., Sarıhan B., Çetin, E. & Şahin, S. (2020). *Su Erozyonu İl İstatistikleri-Toprak Erozyonu Kontrol Stratejileri* (Sürdürülebilir Arazi/Toprak Yönetimi Uygulama ve Yaklaşımları) Çölleşme ve Erozyonla Mücadele Genel Müdürlüğü Yayınları. Ankara.

Erpul, G. & Saygın, S.D. (2012). Ülkemizde toprak erozyonu sorunu üzerine: Ne yapmalı? *Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Dergisi*, ***1***(1), 26-32.

Dengiz, O., İmamoğlu, A., Saygın, F., Göl, C., Ediş, S. & Doğan, A. (2014). İnebolu Havzası'nın ICONA Modeli ile Toprak Erozyon Risk Değerlendirmesi. *Anadolu J. Agric. Sci.*, ***29***, 136. DOI: 10.7161/anajas.2014.29.2.136-142

FAO. (2024). Global Symposium on Soil Erosion. Food and Agricultural Organization of the United Nations (FAO). Erişim Tarihi: 20.10.2024. Erişim Adresi: https://www.fao.org/about/meetings/soil-erosion-symposium/key-messages/en/

FAO & ITPS. (2015). Status of the World's Soil Resources (SWSR)–Main Report. Food and Agriculture Organization of the United Nations and Intergovernmental Technical Panel on Soils, Rome, Italy. ISBN 978-92-5-109004-6.

Kanar, E. & Dengiz, O. (2015). Madendere Havzasında Potansiyel Erozyon Risk Durumunun İki Farklı Parametrik Model Kullanarak Belirlenmesi ve Risk Haritalarının Oluşturulması. *Türkiye Tarımsal Araştırmalar Dergisi,* ***2***(2), 123-134. DOI: 10.19159/tutad.45374

Kavuran, E. (2021). Kayaç aşınabilirlik düzeyleri. Yazılı/Sözlü Görüşme. Ankara.

Knisel, W. G. (Ed.). (1980). "CREAMS: A Field-Scale Model for Chemicals, Runoff and Erosion from Agricultural Management Systems," USDA Conservation Research Report, Vol. 26, No. 1, 1980, pp. 36-64.

Knisel, W.G. & Douglas-Mankin, K.R. (2012). CREAMS/GLEAMS: Model Use, Calibration, and Validation. *Trans. ASABE* ***55***, 1291-1302.

MAPA/ICONA. (1983). Paisajes erosivos en el sureste español: Ensayo de methodología para el estudio de su cualificación y cuantificación, proyecto LUCDEME: 66, España.

MAPA/ICONA. (1991). Metodologia para el diseño de actuaciones agrohidrologias en las cuencas del ambito mediterraneo. Proyecto LUCDEME. pp. 1-31.

OECD. (2013). OECD Compendium of Agri-environmental Indicators, Organisation for Economic Co-operation and Development Publishing, Paris, DOI: 10.1787/9789264186217-en

Pandey, A., Chowdary, V.M., Mal, B.C. & Billib, M. (2008). Runoff and sediment yield modeling from a small agricultural watershed in India using the WEPP model. *J. Hydrol.*, ***348***(3), 305-319. DOI: 10.1016/j.jhydrol.2007.10.010

PAP/RAC (MAP/UNEP). (1997). Guidelines for Mapping and Measurement of Rainfall-Induced Erosion Processes in the Mediterranean Coastal Areas. PAP-8/PP/GL.1. Split, Priority Actions Programme Regional Activity Centre (MAP/UNEP), with the cooperation of FAO. pp xii+70.

Reich, P., Eswaran, H. & Beinroth, F. (2001). Global dimensions of vulnerability to wind and watererosion. In: Stott DE, Mohtar RH, Steinhardt GC (Eds) Sustain. Glob. Farm - Sel. Pap. 10thInt. Soil Conserv. Organ. Meet. May 24-29 1999 West Lafayette IN. International Soil Con-servation Organization, United States Department of Agriculture Agricultural Research Ser-vice National Soil Erosion Research Laboratory, and Purdue University, West Lafayette, IN, USA, Purdue University and the USDA-ARS National Soil Erosion Research Laboratory, pp838–846.

Saygın, S.D., Ozcan, A.U., Basaran, M., Timur, O.B., Dolarslan, M., Yılman, F.E. & Erpul, G. (2014). The combined RUSLE/SDR approach integrated with GIS and geostatistics to estimate annual sediment flux rates in the semi-arid catchment, Turkey. *Environ. Earth Sci.*, ***71***, 1605-1618. DOI: 10.1007/s12665-013-2565-y

Shirazi, M. P. & Moosavi, A. A. (2024). Application of ANSWERS model for calculating runoff and sediment prediction from steep agricultural watersheds in northern Iran and its comparison with the other related models. (Ed: Pourghasemi, H. R & Kariminejad N.) *Advanced Tools for Studying Soil Erosion Processes*. Elsevier, 563-577. DOI: 10.1016/B978-0-443-22262-7.00031-X

Şahin, Ş., Perçin, H., Kurum, E., Uzun, O., Bilgili, B.C., Tezcan, L., Çiçek, İ., Müftüoğlu, V., Çorbacı, Ö.L., Sütünç, S., Doğan, D., Koç, Ö., Ateş, E., Tarım, B., Kurdoğlu, G. & Kaşko, Y. (2013). PEYZAJ-44: İl ölçeğinde peyzaj karakter analizi ve turizm/Rekreasyon açısından değerlendirilmesi. 109G074 Nolu TÜBİTAK KAMAG Projesi Raporu.

Şahin, Ş., Perçin, H., Kurum, E., Uzun, O. & Bilgili, C. (2014). Bölge - Alt Bölge (İl) Ölçeğinde Peyzaj Karakter Analizi ve Değerlendirmesi Ulusal Teknik Kılavuzu. Müşteri Kurumların T.C. İçişleri Bakanlığı, T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı ve T.C. Orman ve Su İşleri Bakanlığı olduğu, T.C. Ankara Üniversitesinin Yürütücü Kuruluş olduğu ve TÜBİTAK KAMAG 1007 Programı 109G074 No'lu PEYZAJ-44 Projesi Çıktısı, 148 Sayfa, Ankara.

Tağıl, Ş. (2009). Çakırdere ve Yahu Dere Havzalarında Balıkesir Toprak Kaybının Mekânsal Dağılışı ve Etkileyen

Faktörler. *Balıkesir Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi, **12***(22), 23-39.

Tsara, M., Kosmas, C., Kirkby, M.J., Kosma, D. & Yassoglou, N. (2005). An evaluation of the pesera soil erosion model and its application to a case study in Zakynthos, Greece. *Soil Use and Management,*

Uslu, S. & Weniger, C. (1961). Türkiye'de zirai inkişafın sebep olduğu toprak kaybı. *Journal of the Faculty of Forestry Istanbul University*, 122-128. DOI: 10.17099/jffiu.95177

Vihervaara, P., Monenen, L., Santos, F., Adamescu, M., Cazacu, C., Luque, S., Genelletti, D. & Maes, J. (2017). Chapter 4.1. *Biophysical quantification. In: Mapping Ecosystem Services*, Burkhard, B. ve Maes, J. (eds), Pensoft Publishers, Sofia.

Yücel, M. (2018). *Çevresel Etki Değerlendirmesi*. Ç.Ü. Ziraat Fakültesi Genel Yayın No: 310. Ders Kitapları Yayın No: A-94, Adana.

Yücel, M. (2000). *Çevre Sorunları*. Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Genel Yayın No: 109, Ders Kitapları Yayın No: A-28, Adana.

Yüksek, T. (2011). Rize Yöresinde Yanlış Arazi Kullanımı ve Neden Olduğu Çevresel Sorunlar. Doğu Karadeniz Bölgesi Heyelan ve Taşkın Sempozyumu, 10-11 Şubat, 2011, Trabzon. Web Sitesi: https://www.academia.edu/4988834/Rize_Y%C3%B6resinde_Yanli%C5%9F_Arazi_Kullan%C4%B1m%C4%B1_ve_Neden_oldu%C4%9Fu_%C3%87evresel_Sorunlar?auto=download.

Yüksek, T., Göl, C., Yüksek, F. & Yüksel, E.E. (2009). The Effects of Land-Use Changes on Soil Properties: The Conversion of Alder Coppice to Tea Plantations in the Humid Northern Blacksea Region. *African Journal of Agricultural Research, **4***(7), 665-674.

Yüksek, T. & Yüksek, F. (2014). Rize yöresinde arazi kullanımı ve bazı iklim elemanlarında meydana gelen zamansal değişimler ile sel-heyelan olayları arasındaki ilişkiler. *I. Ulusal Havza Yönetimi Sempozyumu 10-12 Eylül, 2014,* Çankırı. Bildiriler Kitabı, s: 564-572.

Yıldız, N.E. (2022). *Kent Planlamada Ekolojik Başarım Göstergelerinin Kullanımı ve Süreç Modeli: Ankara Örneği.* Doktora Tezi, Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Peyzaj Mimarlığı Anabilim Dalı, Ankara, 234 s.

Yıldız, N. E., Alp, H., & Topaloğlu, A. A. (2024). Niğde kenti ve çevresinde peyzaj özelliklerine dayalı hava kalitesi potansiyelinin değerlendirilmesi. *Artvin Çoruh Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi, **25***(2), 13-26. DOI: 10.17474/artvinofd.1459599

Journal of Anatolian Environmental and Animal Sciences
(*Anadolu Çevre ve Hayvancılık Bilimleri Dergisi*)
DOI: https://doi.org/10.35229/jaes.1555144

JAES
Year: 9, No: 4, 2024 (832-838)
AÇEH
Yıl: 9, Sayı: 4, 2024 (832-838)

ARAŞTIRMA MAKALESİ RESEARCH PAPER

Chemical Modification of Black Carbon Black for Coloring

Sibel DIKMEN KUCUK[1]* Halil Ibrahim UGRAS[2]
[1]*Coordination of Specialization in Environmental and Health Technologies, Duzce University, Duzce, Türkiye*
[2]*Gedik University, Faculty of Engineering, Istanbul, Türkiye*

Received: *26.09.2024* ***Accepted:*** *28.12.2024* ***Published:*** *31.12.2024*
How to cite: **Dikmen Kucuk, S. & Ugras, H.I. (2024).** Chemical modification of black carbon black for coloring. *J. Anatolian Env. and Anim. Sciences*, ***9***(4), 832-838. https://doi.org/10.35229/jaes.1555144
Atıf yapmak için: **Dikmen Kucuk, S. & Ugras, H.I. (2024).** Renklendirmek için karbon siyahının kimyasal modifikasyonu. *Anadolu Çev. ve Hay. Dergisi*, ***9***(4), 832-838. https://doi.org/10.35229/jaes.1555144

*: https://orcid.org/0000-0002-7852-5128
: https://orcid.org/0000-0002-1633-967X

***Corresponding author's:**
Sibel DIKMEN KUCUK
Duzce University, Coordination of Specialization in Environmental and Health Technologies, Duzce, Türkiye
✉: sibelkucuk@duzce.edu.tr

Abstract: Sealing profiles that are mainly used to prevent the ingress of water, noise, dust and air in the automotive industry are produced from synthetic Ethylene-propylene-diene monomer (EPDM) rubber. Although EPDM rubber is preferred due to its high mechanical properties and waterproof structure, it is necessary to reinforce it with various additives due to the requirements for profiles in automotive manufacturers' specifications. One of the fillers used to keep the fluidity at the desired level during production and to improve the mechanical properties and UV resistance of the profiles is carbon black (CB) and has the highest contribution rate in the EPDM rubber formulation. Due to its high amount in the rubber formulation, it allows the rubber formulation and subsequently the sealing profiles produced with this formulation to be produced only in black. However, recently, automotive manufacturers have demanded different color profiles in line with the demands of end users. Solubility and reactivity of CB is low and it tends to aggregate. In order for CB to be colored, its surface must be activated and polarized using different chemicals. This study aimed to oxidize the surface of CB with different chemicals and make it reactive. The highest oxidation level was determined after chemical analysis. Thus, the first step thus obtaining the first colored sealing profile that has not yet been produced in our country and in the world was taken in producing colored CB and subsequently colored EPDM rubber with a dye agent suitable for the structure.

Keywords: Carbon black oxidation, colored carbon black, colored EPDM, colored sealing profiles, EPDM.

Renklendirmek için Karbon Siyahının Kimyasal Modifikasyonu

***Sorumlu yazar:**
Sibel DIKMEN KUCUK
Düzce Üniversitesi, Çevre ve Sağlık Teknolojileri Uzmanlık Koordinatörlüğü, Düzce, Türkiye
✉: sibelkucuk@duzce.edu.tr

Öz: Otomotiv sektöründe temel olarak su, gürültü, toz ve havanın içeri girmesini engellemek amacıyla kullanılan sızdırmazlık profilleri sentetik Etilen-propilen-dien monomer (EPDM) kauçuktan üretilmektedir. EPDM kauçuk, yüksek mekanik özellikleri ve su geçirmez yapısı nedeniyle tercih edilmesine rağmen, otomotiv üreticilerinin şartnamelerinde profillere yönelik talepleri nedeniyle çeşitli katkı maddeleri ile güçlendirilmesi gerekmektedir. Üretim esnasında akışkanlığın istenilen seviyede tutulması, profillerin mekanik özelliklerinin ve UV dayanımının artırılması amacıyla kullanılan dolgu maddelerinden biri de karbon siyahıdır (CB) ve EPDM kauçuk formülasyonunda en yüksek katkı oranına sahiptir. Kauçuk formülasyonunda yüksek miktarda bulunması sebebiyle kauçuk formülasyonunun ve dolayısıyla bu formülasyonla üretilen sızdırmazlık profillerinin sadece siyah renkte üretilmesine olanak sağlamaktadır. Ancak son dönemde otomotiv üreticileri, son kullanıcıların talepleri doğrultusunda farklı renk profilleri talep etmeye başlamıştır. CB'nin çözünürlüğü ve reaktivitesi düşüktür ve agregasyona eğilimlidir. CB'nin renklendirilebilmesi için yüzeyinin çeşitli kimyasallar kullanılarak aktifleştirilmesi ve polarize edilmesi gerekmektedir. Bu çalışmada CB'nin yüzeyinin farklı kimyasallar ile okside edilmesi ve reaktif hale getirilmesi amaçlanmıştır. Oksidasyon seviyesi en yüksek olan kimyasal analizler sonrası tespit edilmiştir. Böylece yapıya uygun boya ajanı ile renkli CB ve akabinde renkli EPDM kauçuğun üretilmesinin dolayısıyla ülkemizde ve dünyada henüz üretilmemiş ilk renkli sızdırmazlık profilinin elde edilebilmesinin ilk adımı atılmış olmuştur.

Anahtar kelimeler: EPDM, Karbon siyahı oksidasyonu, Renklendirilmiş karbon siyahı, Renkli EPDM, Renkli sızdırmazlık profilleri.

INTRODUCTION

Almost all motor vehicles, from commercial to prestige vehicles, have an exterior plastic or fiberglass body with numerous panels and movable and/or fixed windows on the side doors. For this reason, there is a need for retaining tape designs to close and seal the gaps between one body panel and another and/or between moving/fixed windows and the body panel. These tape designs are called sealing profiles and are used in all automotive classes (Keeney, 2002). Sealing profiles are designed as glass channels, interior and exterior scraper profiles, roof profiles, interior and exterior door profiles, trunk seals, dust seals, pole profiles, fixed triangle profiles, convertible vehicle seals and hood profiles (Freise, 2002).

It offers comfort to end users by preventing the entry of water, air, noise and dust, ensuring that the moving windows on the vehicle operate silently with minimum friction force, and offers an aesthetic appearance by completing the design on visible surfaces. In addition, by preventing air inflow and outflow, it reduces the need for air conditioning and saves energy. Thus, sealing profiles developed with advanced technologies indirectly contribute to vehicle performance through energy saving (Standard Profile, 2024).

Synthetic ethylene propylene diene monomer rubber (EPDM), created with a combination of ethylene, propylene and unsaturated diene molecules is used in the production of sealing profiles due to its high mechanical properties, waterproof structure, low glass transition temperature, flexibility and permanent deformation values, high performance against atmospheric aging, oxidation, heat, ozone and low temperatures. Since the EPDM molecule is unsaturated due to the third monomer diene, it can be mixed with other polymers and can be reinforced with different fillers to improve its properties, as well as vulcanized with sulfur or peroxide systems (Lonkar et al., 2007; Mazlum et al., 2015; Eroglu et al., 2006; Markovic et al., 2000; Quanlin et al., 2007; Therias et al., 2006; Kumar et al., 2007; Jestin et al., 2000).

The most commonly used filling material in EPDM rubber is carbon black (Alp et al., 2019). Carbon black is used to improve the mechanical properties of EPDM rubber, ensure its conductivity and fluidity, and increase UV resistance (Du et al., 2019; Wang et al., 2019; Pereira et al., 2019). Due to the use of high amounts of carbon black, EPDM rubber plates and therefore sealing profiles are produced in black as a single color. However, recently, sealing profiles in different colors have been produced in line with the demands of automotive manufacturers and end users. Since even adding 1% of carbon black turns the profiles black, this is currently only possible with colored coating on the surface of the profile. However, coating the surface not only brings additional processes and additional labor to production, but also creates additional specifications and requirements in the final product. For this reason, the demand of sealing profile manufacturers is to directly color the EPDM rubber and therefore produce the profile to be produced in color. According to research, in order to achieve this, it is necessary to either bind the dye that will color the profile to the EPDM rubber, or to produce colored carbon black by binding the dye to carbon black, and thus produce colored profile with the EPDM rubber formula that adds colored carbon black.

Carbon black are structurally complex particles and consist of irregularly shaped aggregates ranging in size from tens of nanometers to several hundred nanometers (Zhu et al., 2012). Carbon black has excellent chemical stability, heat resistance, electrical conductivity, darkness and safe properties. Therefore, they are good components for dark dyes used for coatings (Li et al., 2001), plastics (Grunlan et al., 2002), inks (Belmont & Adams, 1998), and inkjet (Belmont et al., 1996) applications. Many of these applications require good dispersion and the solvent system is often water-based for environmental and cost reasons. However, the stability and dispersion of carbon black in aqueous solution are very poor. Carbon black particles are prone to agglomeration cause to their low hydrophilicity, Therefore, surface modification is of great importance to increase the hydrophilicity of carbon black and/or activate its surface.

Various methods have been reported for surface modification and functionalization of carbon black, including oxidation, graft polymerization, surface coating, and dispersant modification (Jeguirim et al., 2005; Paredes et al., 2005; Li et al., 2005; Qi et al., 2007). Jeguirim et al., (2005) studied the oxidation mechanism of carbon black with NO_2. Paredes et al., (2005) increased the hydrophilicity of carbon black by plasma modification. Li et al., (2001) grafted hydrophilic polyacrylate-g-carbon black synthesized by free radical polymerization of acrylate monomers on the carbon black surface and exhibited excellent hydrophilicity and dispersibility. Li et al., (2005) prepared polyvinyl alcohol-encapsulated hydrophilic carbon black and polyacrylamide-encapsulated hydrophilic carbon black. Qi et al., (2007) used peptides as dispersants and binders to disperse carbon black. However, most of the above methods have limitations such as long reactions, complex equipment, harsh and costly reaction conditions, and high toxicity. Therefore, the oxidation method with easy, environmentally friendly and economical chemicals was chosen for this study for the surface modification of carbon black.

Recently, automotive manufacturers want sealing profiles to be colored in line with end-consumer demands.

Due to the high amount of carbon black used as a filler in EPDM rubber used in sealing profiles, profiles can only be produced in black. The low solubility and reactivity of carbon black and its tendency to aggregation prevent the binding of a coloring agent to its structure. Therefore, the aim of this study is to activate and polarize the surface of carbon black using various chemicals in order to color it. To this end, carbon black was first oxidized and its surface was reactive with dopamine (Zhu et al., 2012), hydroxymethyl (Li et al., 2001), hydrogen peroxide (Gomez de la Fuente et al., 2005; Curtis et al., 2000; Razdyakonova et al., 2015), potassium permanganate (Cheng et al., 2015; Alp et al., 2019) and nitric acid. After the oxidized carbon black samples obtained from these applications are washed and dried, TGA and FTIR analyzes were performed in comparison with the unoxidized carbon black samples, and if deemed necessary, solid NMR analysis will be performed. According to the results obtained from this study, it is planned to select the most suitable dye for the structure of oxidized carbon black and stick it to the surface of carbon black. Thus, by coloring the carbon black, it will be possible to produce EPDM rubber with colored carbon black.

MATERIAL AND METHOD

In this study, carbon black, which is currently used by Standard Profil and supplied by DOW Chemical Company, USA, was used. The chemicals to be used for the modifications were potassium permanganate for analysis EMSURE® ACS,Reag. Ph Eur, 105082.0250 and nitric acid 65% for analysis (max. 0.005ppm Hg) EMSURE® ISO, 100452.2500, supplied by Merck/Turkey. 10% HCHO (formaldehyde) aqueous solution (pH: 10) and H2O2 (10% v/v) (hydrogen peroxide) were supplied by Tura Laboratory.

The modifications shown in Table 1 were applied to the carbon black, and all modifications were repeated 3 times. Chemical characterization of the surface-modified carbon blacks to be obtained modifications was performed by FTIR and thermal characterization was performed by TGA analyzes.

Chemical Characterization: FTIR analyses were applied to both the current CB and the CBs obtained after the modifications detailed below. FTIR spectroscopy is a powerful tool for monitoring vibrational energy levels in regions of different molecules. Changes in chemical properties are often monitored by FTIR spectroscopy, which is a very sensitive and non-destructive technique. Infrared spectroscopic analysis of untreated and chemically treated CBs was performed using Shimadzu IRPrestige 21 spectrometer. FTIR spectra were recorded in the range of 450–4000 cm^{-1} at room temperature. The resolution was 4 cm−1 and the number of scans to record IR spectra was 32. To record IR spectra, CBs were cut into small pieces and placed in a boiling tube and heated to semiliquid state. A drop of the liquid was applied between two circular NaCl disks to form a transparent film, and the NaCl disks were placed in the IR cell and the spectra were recorded (Gunasekaran et al., 2007).

Modification with H_2O_2: 5, 10 and 15 g of CB were oxidized by mixing with 10% (v/v) H_2O_2 at room temperature for 48 hours, then filtered, washed with plenty of water and dried at 120°C for 24 hours (Gomez de la Fuente et al., 2005; Curtis et al., 2000; Razdyakonova et al., 2015). FTIR analysis was applied to CB after modification.

Modification with HCOH: After 5, 10 and 15 g of CB were oxidized with 10% HCOH aqueous solution, the pH was adjusted to 10 with NaOH. It was mixed at 50°C for 1 hour, filtered, washed, and analyzed after drying at 120°C for 24 hours (Amornwachirabodee et al., 2018). FTIR analysis was applied to CB after modification.

Modification with $KMnO_4$

20 g of CB was oxidized with 2, 4 and 8 g of $KMnO_4$ in the presence of 4 N H_2SO_4 by stirring for 1 hour at room temperature, then filtered and washed. It was analyzed after drying at 105 °C for 24 hours (Cheng et al., 2015; Alp et al., 2019). FTIR analysis was applied to CB after modification.

Modification with HNO_3: 10 g of CB was oxidized by mixing with 30% and 65% HNO_3 by weight for 4 hours, then filtered and washed. It was analyzed after drying at 110 °C for 24 hours (Jeguirim et al., 2005). FTIR analysis was applied to CB after modification.

Table 1. Actualized modifications.

Modification	Oxidant	Method
1	Formaldehyde (HCOH)	CB is treated with formaldehyde under alkaline conditions. CB is mixed with 10% HCOH aqueous solution. The mixture is stirred at pH=10 for 1 hour at 50 °C. Hydroxymethylated CB is washed with water and dried.
2	Hydrogen peroxide (H_2O_2)	CB is mixed with H_2O_2 solution (10% v/v) at room temperature for 48 hours. The mixture is dried at 120 °C for 24 hours.
3	Potassium Permanganate ($KMnO_4$)	20 g of CB is treated with $KMnO_4$ (4 N H_2SO_4) solution in an acidic environment. The color of permanganate disappears quickly. After 1 hour, the entire amount of permanganate has reacted. CB is obtained after filtering and washing.
4	Nitric acid (HNO_3)	100 g of carbon black are suspended in 500 ml of aqueous nitric acid with a concentration of 30% by weight. It is boiled for 4 hours. Heating is stopped after 4 hours of gentle boiling and carbon black is precipitated. The supernatant liquid is absorbed and replaced with water. After filtration, a non-shedding suspension is obtained. It is vacuum filtered and washed.

Thermal Characterization: TGA analysis measures the rate or rate of mass change in a material as a function of temperature or time under controlled atmospheric conditions. It is used to determine the composition of additive masterbatches and polymer products, as well as to analyze the effects of additives that modify the degradation behavior of the polymer, such as

antioxidants. Analysis were done with Shimadzu DTG 60 test machine in a dynamic nitrogen atmosphere of 75 ml/min with a heating rate of 20℃/min. TGA thermograms were analyzed in three regions: 300 °C to 400 °C, 400 °C to 500 °C, and 600 °C to 700 °C.

For further study, the products taken from 4 different modifications and the analysis results will be evaluated with the company in order to select an appropriate modification method. After the carbon black is modified with the most suitable chemical, a suitable dye can be attached and the carbon black can be colored. Elemental Analysis, FTIR, SEM-EDX and TGA-DSC analyzes will be performed for dye-bonded carbon black. In line with these analysis results, the existing EPDM rubber formulation shown in Table 2 will be prepared with the colored carbon black obtained. The resulting mixtures will be mixed in a laboratory type mixer and passed through a laboratory type cylinder and EPDM rubber plates will be optained by pressing at 190 °C for 8 minutes to cure in a laboratory type press.

Table 2. EPDM rubber formulation.

Components	%
EPDM	29.9
Carbon Black (Colored)	36.1
White Fill	7.5
Oil	21.1
Activators	3.3
Sulfur and Vulcanizators	2.1

RESULTS AND DISCUSSION

Chemical Characterization

The carbon black imported and used by the company was directly analyzed and the result is given in Figure 1.

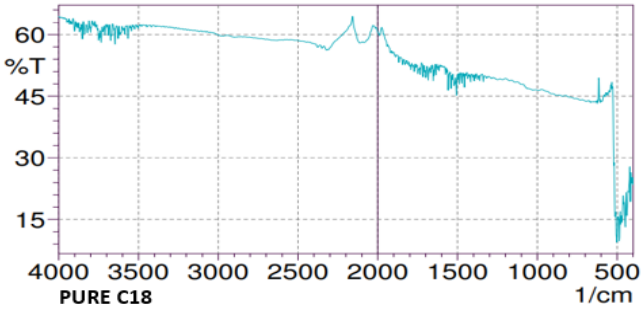


Figure 1. FTIR analysis of current CB.

Modification with H_2O_2: Comparison of H_2O_2-oxidized CB with current CB is given in Figure 2. Oxidation of 5, 10 or 15 g of CB with H_2O_2 did not cause any changes on the surface. Curtis et al., (2019) found that solutions containing >30% aqueous hydrogen peroxide, not 10% as here, provided the highest degree of oxidation. Similarly, Gomez et al., (2005) treated PtRu nanoparticles deposited on a substrate on carbon black with H_2O_2 to increase electrooxidation activity, but it was found that it did not have a direct effect on the carbon black surface.

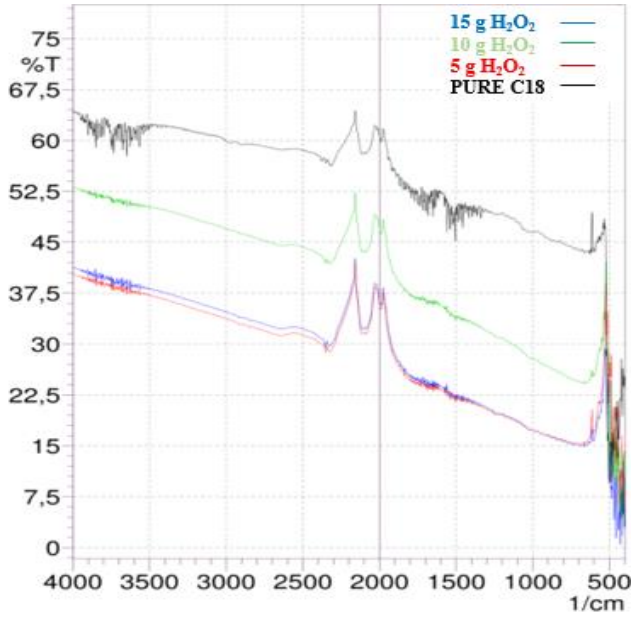


Figure 2. FTIR comparison of H_2O_2-oxidized CB/current CB.

Modification with HCOH: Comparison of HCOH-oxidized CB with current CB is given in Figure 3. Yuan et al., (2014) first hydroxymethylated the prepared CB nanoparticles with a formaldehyde solution and then oxidized using concentrated nitric acid to introduce hydroxyl and carboxy acid groups onto the CB surface. These hydrophilic groups were beneficial to break up large CB particles into smaller particles and significantly improved the dispersion of CB nanoparticles in aqueous media. In this study, oxidation of 5, 10 or 15 g of CB with HCOH did not cause any changes on the surface.

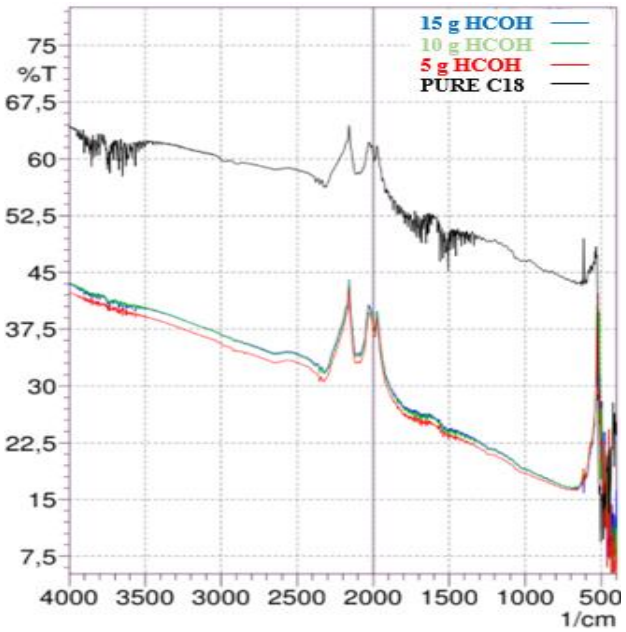


Figure 3. FTIR comparison of HCOH-oxidized CB/current CB.

Modification with $KMnO_4$: Figure 4 shows the FTIR analysis of CB oxidized with $KMnO_4$ compared to the FTIR analysis of unoxidized carbon black. When 20 g of CB is treated with 8 g of $KMnO_4$ in an acidic environment, oxidation is observed on the surface of the CB. Alp et al., (2019) oxidized the surface of carbon black obtained from end-of-life waste tires by adding potassium permanganate using the Improved Hummers method.

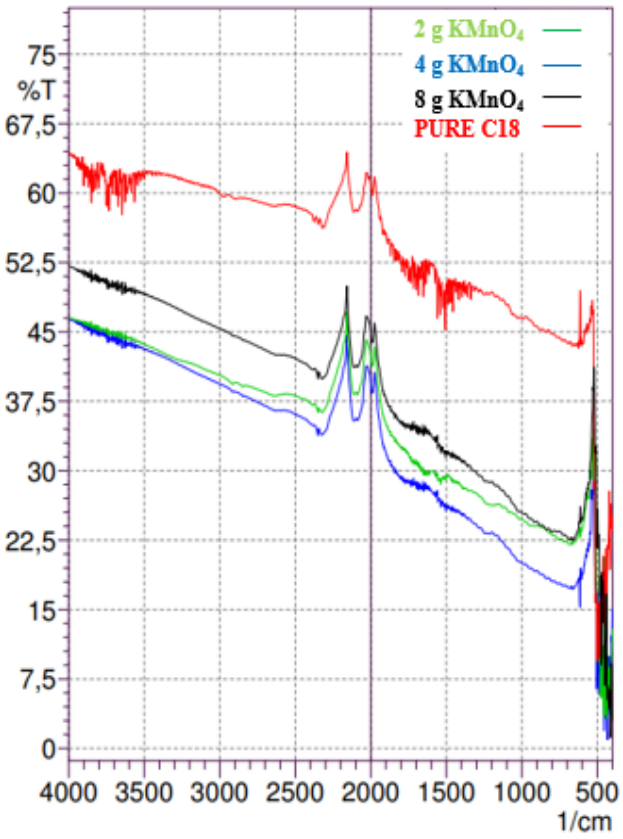


Figure 4. FTIR comparison of $KMnO_4$-oxidized CB/current CB.

Modification with HNO_3: Figure 5 shows the FTIR analysis of CB oxidized with 30 and 65% HNO_3 in comparison with the FTIR analysis of unoxidized carbon black. While no change was observed on the surface of carbon black with 30% HNO_3 solution, shifts in the peaks were observed after oxidation with 65% HNO_3 solution. Cheng et al., (2015) found that modified CB with 65% HNO_3 or 20% HNO_3 + 1.58% $KMnO_4$ had very good adsorption and complexation properties for metal ions in water compared to CB. As a result, 10 g of CB can be oxidized with 65% nitric acid.

Thermal Characterization

Modification with H_2O2: The TGA graph of CB oxidized with H_2O_2 and the graph of unoxidized CB is given in Figure 6. In the last region, CB degradation and mass consumption occured. As seen from the graph, the thermal stability of carbon black increases when treated with H_2O_2.

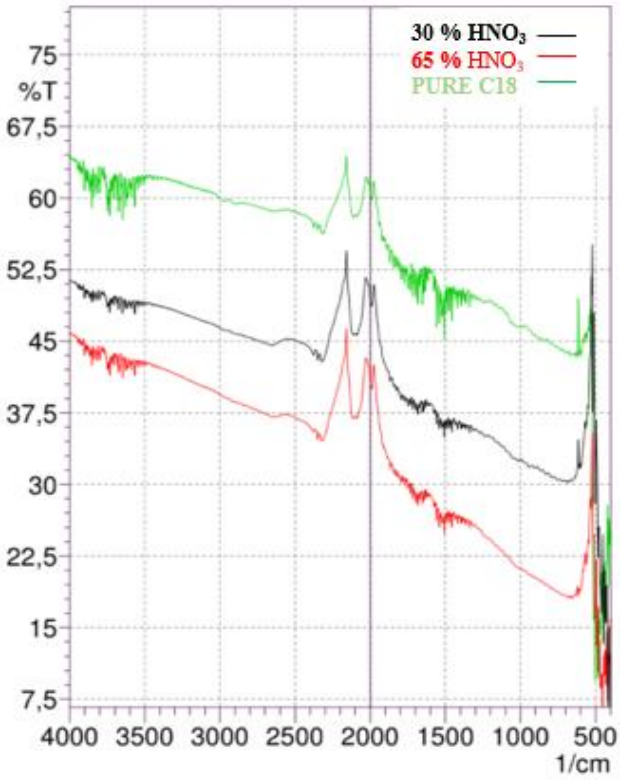


Figure 5. FTIR comparison of HNO_3-oxidized CB/current CB.

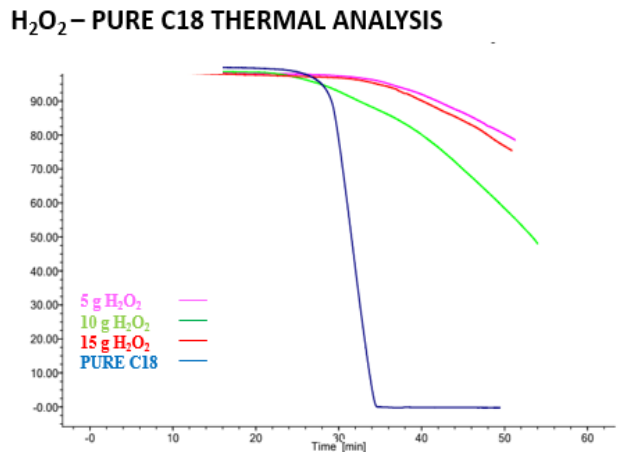


Figure 6. TGA comparison of H_2O_2-oxidized CB/current CB.

Modification with HCOH: The TGA graph of CB oxidized with HCOH and the graph of unoxidized CB is given in Figure 7. In the last region of unoxidized CB, degradation and mass consumption occured. As seen from the graph, the thermal stability of CB increases when treated with HCOH.

Modification with $KMnO_4$: The TGA graph of CB oxidized with $KMnO_4$ and the graph of unoxidized CB is given in Figure 8. In the last region of unoxidized CB, carbon black degradation and mass consumption occured.

As seen from the graph, the thermal stability of CB decreases when treated with $KMnO_4$.

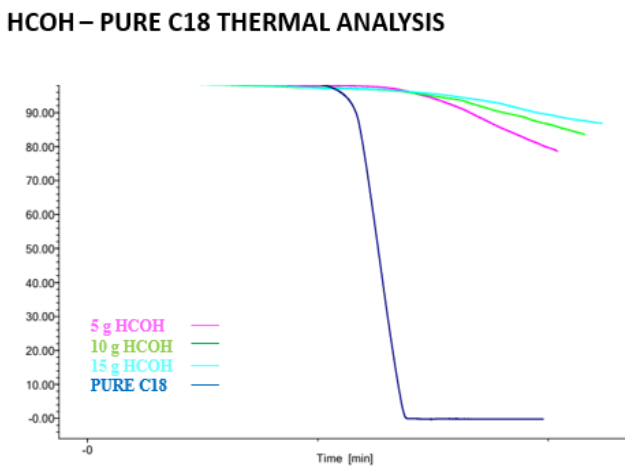


Figure 7. TGA comparison of HCOH-oxidized CB/current CB.

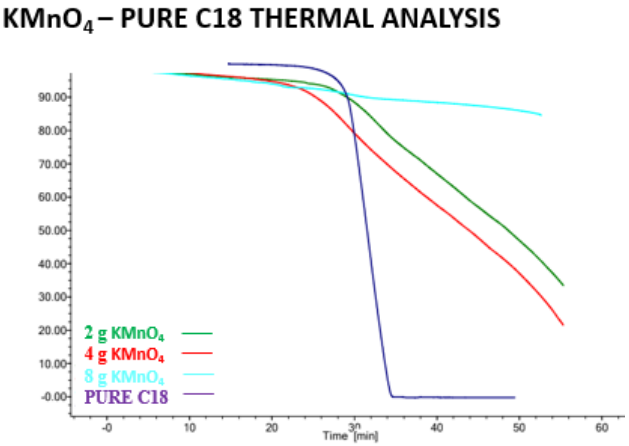


Figure 8. TGA comparison of $KMnO_4$-oxidized CB/current CB.

Modification with HNO_3: The TGA graph of CB oxidized with HNO_3 and the graph of unoxidized CB is given in Figure 9. In the last region, CB degradation and mass consumption occured. As seen from the graph, the thermal stability of CB increases when treated with HNO_3.

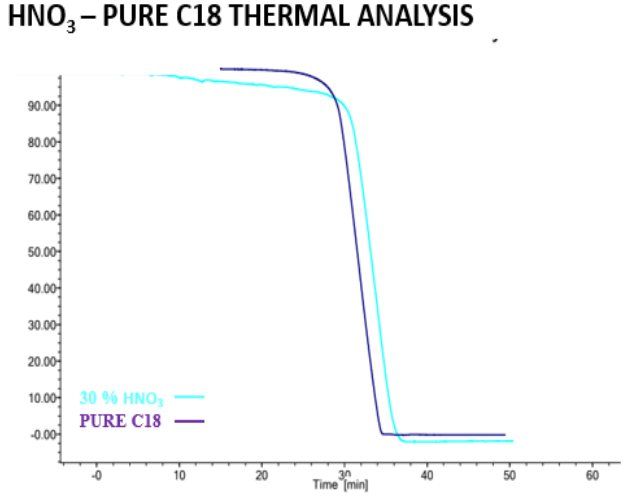


Figure 9. TGA comparison of HNO_3-oxidized CB/current CB.

CONCLUSION

It was aimed to carry out the surface modification of CB for the preliminary stage of the colored sealing profile design, which is a highly innovative product that will be produced as a first in the world. 4 different chemicals (H_2O_2, HCOH, $KMnO_4$ and HNO_3) were used for surface modification and the results were compared with FTIR and TGA analyses. As a result; no change was observed on the surface of CB when it was treated with H_2O_2 and HCOH. In order to oxidize the CB surface with these chemicals, the experiments should be repeated by increasing the amounts. As a result of the study, the highest oxidation of carbon black occurred when treated with 8 g $KMnO_4$ or 65% wt HNO_3 solution in acidic medium. In the next stage, a suitable dye that can be bonded to the modified CB surface will be selected and bonded to the surface. Then, using the company's infrastructure, an EPDM rubber formulation will be designed from dye-bonded CB, and in this way, a colored sealing profile will be produced in the long term, a first in the world.

ACKNOWLEDGEMENTS

This work is supported by Düzce University Scientific Project (Project no: 2020.05.03.1073). The authors gratefully acknowledge the financial support of this work provided by the Düzce University Research Fund. The authors also wish to thank to the Standard Profile Corporation, Turkey, for technical support.

REFERENCES

Amornwachirabodee, K., et al. (2018). Oxidized Carbon Black: Preparation, Characterization and Application in Antibody Delivery across Cell Membrane. *Scientific Reports*, ***8***, 2489-2499.

Alp, R.B., Dilmac O.F. & Simsek, B. (2019). Grafit ve ömrünü tamamlamış atık lastikten elde edilen karbon siyahının iyileştirilmiş Hummers yöntemi ile oksidasyonu. *International Journal of Advances in Engineering and Pure Sciences*, ***3***, 238-244.

Belmont, J. & Adams, C. (1998). Non-aqueous inks and coatings containing modified carbon products. *US Patent* 5.713.988.

Belmont, J., Johnson, J. & Adams, C. (1996). Ink jet ink formulations containing carbonblack products. *US Patent* 5.571.311.

Cheng, J., Yu, Y., Li, T., Liu, Y. & Lu, C. (2015). A Comparing Study on Copper Adsorption on Nanoscale Carbon Black Modified by Different Kinds of Acid. *International Journal of Nanoscience*, ***14***(1-2), 1-6.

Curtis, J.C., Taylor, R.L. & Joyce, G.A. (2000). Hydrogen Peroxide Oxidation of Carbon Black. US6120594A.

Du, X., Zhang, Y., Pan, X., Meng, F., You, J. & Wang, Z. (2019). Preparation and properties of modified porous starch/ carbon black/natural rubber composites. *Composites Part B: Engineering*, ***156***, 1-7.

Eroglu, A.M., Albayrak, G., Aydin, I., Eren, M. & Gurkaynak, M.A. (2006). Investigation of the effect of carbon black particle size used in EPDM based mixtures on the vulcanisation and physical properties of final product. *7th National Chemical Engineering Congress*, Eskisehir.

Freise, C.K. (2002). *Handbuch der Karosseriedichtungen: Inhaltsverzeichnis.* Wolfsburg, Germany.

Gomez de la Fuente, J.L., et al. (2005). Enhanced methanol electrooxidation activity of PtRu nanoparticles supported on H_2O_2-functionalized carbon black. *Carbon*, ***43***, 3002-3039.

Grunlan, C., Gerberich, W.W. & Francis, L.F. (2002). Lowering the percolation thresholdof conductive composites using particulate polymer microstructure. *Journal of Applied Polymer Science*, ***80***, 692-705.

Gunasekaran, S., Natarajan, R.K. & Kala, A. (2007). FTIR spectra and mechanical strength analysis of some selected rubber derivatives. *Spectrochimica Acta Part A*, ***68***, 323-330.

Jeguirim, M., Tschamber, V., Brilhac, J.F. & Ehrburger, P. (2005). Oxidation mechanism of carbon black by NO_2: effect of water vapor. *Fuel*, ***84***, 1949-1956.

Jestin, F.D., Lacoste, J., Oudin, N.B., Cardinet, C. & Lemaire, J. (2000). Photo, thermal and natural ageing of ethylenepropylene-diene monomer rubber used in automotive applications. Influence of carbon black, crosslinking and stabilizing agents. *Polymer Degradation and Stability*, ***67,*** 469-477.

Keeney, J.D. (2002). Automotive Vehicle Seal and Decorative Trim Strip. *U.S. Patent* 6 422 571**.**

Kumar, B., Rana, S. & Singh, R.P. (2007). Photo-oxidation of EPDM/layered double hydroxides composites: Influence of layered hydroxides and stabilizers. *Express Polymer Letters*, ***1***(11), 748-754.

Li, H.Y., Chen, H.Z., Xu, W.J., Yuan, F., Wang, J.R. & Wang, M. (2005). Polymer-encapsulated hydrophilic carbon black nanoparticles free from aggregation. *Colloid Surface A*, ***254***, 173-178.

Li, W., Xie, Z.M. & Li, Z.M. (2001). Synthesis, characterization of polyacrylate-g-carbonblack and its application to soap-free waterborne coating. *Journal of Applied Polymer Science*, ***81***, 1100-1106.

Lonkar, S.P., Rana, S., Singh, R.P., Lacoste, J., Gardette, J.L., Jestin, F. & Brocorde, E. (2007). Synthesis, characterization, and performance evaluation of polymeric HALS in ethylene-propylenediene terpolymer (EPDM). *Journal of Macromolecular Science, Part A*, ***42***(1), 1037-1046.

Markovic, M.G., Choudhury, N.R., Dimopoulos, M. & Matisons, J.G. (2000). Weatherability of coated EPDM rubber compound by controlled uv irradiation. *Polymer Degradation and Stability*, ***69***, 157-168.

Mazlum, U., Vahapoglu, V. & Karadeniz, S. (2015). Experimental investigation of the stress relaxation behaviours of EPDM synthetic rubbers. *Sigma Journal of Engineering and Natural Sciences*, ***33***(3), 365-375.

Paredes, J.I., Gracia, M., Martínez Alonso, A. & Tascón, J.M.D. (2005). Nanoscale investigation of the structural and chemical changes induced by oxidation on carbon black surfaces: a scanning probe microscopy approach. *Colloid Interface Science*, ***288***, 190-199.

Pereira, T.D.S., Mauruto de Oliveira, G.C., Santos, F.A., Raymundo-Pereira, P.A., Oliveira, O.N. & Janegitz, B.C. (2019). Use of zein microspheres to anchor carbon black and hemoglobin in electrochemical biosensors to detect hydrogen peroxide in cosmetic products, food and biological fluids. *Talanta*, ***194***, 737-744.

Qi, M., O'Brien, J.P. & Yang, J. (2007). A recombinant triblock protein polymer with dispersant and binding properties for digital printing. *Peptide Science*, ***90***, 28-36.

Quanlin, Z., Xiaogang, L. & Jin, G. (2007). Aging of ethylene-propylene-diene monomer in artificial weathering environment. *Polymer Degradation and Stability*, ***92,*** 1841-1846.

Razdyakonova, G.I., Kokhanovskaya, O.A. & Likholobov, V.A. (2015). Influence of environmental conditions on carbon black oxidation by reactive oxygen intermediates. *Procedia Engineering*, ***113***, 43-50.

Standard Profile (2024). http://www.standardprofil.com/ (27 May 2024).

Therias, S.M., Fanton, E., Tomer, N.S., Rana, S., Singh, R.P. & Gardette, J.L. (2006). Photooxidation of vulcanized EPDM/ montmorillonite nanocomposites. *Polymer Degradation and Stability*, ***91***, 3033-3039.

Wang, R., Li, W., Liu, L., Qian, Y., Liu, F., Chen, M., Guo, Y. & Liu, L. (2019). Carbon black/graphene-modified aluminum foil cathode current collectors for lithium ion batteries with enhanced electrochemical performances. *Journal of Electroanalytical Chemistry*, ***833***, 63-69.

Yuan, J.J., Hong, R.Y., Wang, Y.Q. & Feng, W.G. (2014). Low-temperature plasma preparation and application of carbon black nanoparticles. *Chemical Engineering Journal*, **253**, 107-120.

Zhu, L., Lu, Y., Wang, Y., Zhang, L. & Wang, W. (2012). Preparation and characterization of dopamine-decorated hydrophilic carbon black. *Applied Surface Science*, ***258,*** 5387-5393.

Journal of Anatolian Environmental and Animal Sciences
(*Anadolu Çevre ve Hayvancılık Bilimleri Dergisi*)
DOI: https://doi.org/10.35229/jaes.1571671

JAES
Year: 9, No: 4, 2024 (839-846)
AÇEH
Yıl: 9, Sayı: 4, 2024 (839-846)

ARAŞTIRMA MAKALESİ RESEARCH PAPER

Farklı Esansiyel Yağlarla Hazırlanmış Balık (*Luciobarbus esocinus* (Heckel, 1843)) Köftelerinin Mikrobiyolojik ve Duyusal Kalitesi [*]

Yunus POLAT[1] **Engin ŞEKER**[1] **Nermin KARATON KUZGUN**[2]*

[1]*Su Ürünleri Fakültesi, Yetiştiricilik Bölümü, Munzur Üniversitesi, Tunceli, Türkiye*
[2]*Su Ürünleri Fakültesi, Avlama ve İşleme Teknolojisi Bölümü, Munzur Üniversitesi, Tunceli, Türkiye*

Received: *30.10.2024* ***Accepted:*** *31.12.2024* ***Published:*** *31.12.2024*

Atıf yapmak için: **Polat, Y., Şeker, E. & Karaton Kuzgun N. (2024).** Farklı Esansiyel Yağlarla Hazırlanmış Balık (*Luciobarbus esocinus* (Heckel, 1843)) Köftelerinin Mikrobiyolojik ve Duyusal Kalitesi. *J. Anatolian Env. and Anim. Sciences, 9*(4), 839-846. https://doi.org/10.35229/jaes.1571671

How to cite: **Polat, Y., Şeker, E. & Karaton Kuzgun N. (2024).** The microbiological and sensory quality of fish (*Luciobarbus esocinus* (Heckel, 1843)) meatballs prepared with different essential oils. *Anadolu Çev. ve Hay. Dergisi, 9*(4), 839-846. https://doi.org/10.35229/jaes.1571671

: https://orcid.org/0000-0002-1684-0106
: https://orcid.org/0000-0003-2906-6006
*: https://orcid.org/0000-0002-9430-1802

***Corresponding author's:**
Nermin KARATON KUZGUN
Munzur Üniversitesi, Su Ürünleri Fakültesi, Avlama ve İşleme Teknolojisi Bölümü, Tunceli, Türkiye
✉: nerminkaraton@munzur.edu.tr

Öz: Bu çalışmada, nane (*Spearmint* sp.) ve kekik (*Origanum spp.*) esansiyel yağları ilave edilmiş *Luciobarbus esocinus*'dan elde edilen kıyma ile üretimi yapılan balık köftelerinin soğuk muhafaza esnasında mikrobiyolojik ve duyusal kalitesi araştırıldı. Nane, kekik ve kontrol grubu olmak üzere üç farklı deneysel köfte örneği 4±1°C'de muhafaza altına alınmış ve muhafazanın belirli günlerinde analizleri yapılmıştır. Deneysel köfte örneklerinin mikrobiyolojik olarak Toplam mezofilik aerob bakteri sayısı (TMAB), toplam psikrofil aerob bakteri sayısı (TPAB), toplam maya-küf sayısı, laktik asit bakteri sayısı ve koliform bakteri sayıları belirlenmiştir. Ayrıca çalışmada hazırlanan ürünlerin duyusal olarak değerlendirmeleri yapılırken görünüş, renk, koku ve lezzet bakımından incelenmiştir. Deneysel örneklerin muhafazasının son aşamasında toplam mezofilik aerobik bakteri sayısı 7,33±0,94 log kob/g (10. günde) ile kontrol grubunda, 7,03±1,43 log kob/g (15. günde) ile kekik esansiyel yağı ekli grupta, 7,81±1,29 log kob/g (20. günde) ile nane esansiyel yağı ekli grupta belirlenmiştir. Psikrofil bakteri sayısı balık köftesi örneklerinin depolama başlangıcında 4,04±1,52-4,72±0,54 log kob/g arasında ve toplam laktik asit bakterisi sayısı depolama başında 4,04±1,52- 4,72±0,54 log kob/g arasında olduğu belirlenmiştir. Depolama başlangıcındaki maya- küf sayısı 4,60±1,22, 4,25±1,22 ve 4,73±0,99 log kob/g (Sırasıyla Kontrol, nane ve kekik esansiyel yağı eklenmiş gruplarda) olarak belirlenmiştir. Duyusal değerlendirme bakımından muhafazanın ilk gününde en çok lezzet değeri 9,00±0,00 ile hem Ke hem de Na grubunda olduğu belirlenmiştir. Fakat duyusal genel olarak değerlendirildiğinde en yüksek puanların nane ekli grupta olduğu belirlenmiştir.

Keywords: Balık köftesi, esansiyel yağlar, *Luciobarbus esocinus*.

The microbiological and sensory quality of fish (*Luciobarbus esocinus* (Heckel, 1843)) meatballs prepared with different essential oils

***Sorumlu yazar:**
Nermin KARATON KUZGUN
Munzur University, Faculty of Fisheries, Department of Fishing and Processing Technology, Tunceli, Türkiye
✉: nerminkaraton@munzur.edu.tr

Abstract: In this study, the investigated to the microbiological and sensory quality in cold storage of fish balls produced that minced meat obtained from Luciobarbus esocinus added essential oils mint (Spearmint sp.) and thyme (Origanum spp.) essential oils. Three different experimental meatballs were stored at 4±1°C and analyzed on the storage days. Total mesophilic aerobic bacteria count (TMAB), total psychrophilic aerobic bacteria count (TPAB), total yeast-mould count, lactic acid bacteria count and coliform bacteria counts as microbiologically of experimental meatball samples were determined. In addition, while making sensory evaluations of the products to prepared in the study, they were examined in terms of appearance, color, smell and taste. In the final stage of storage of experimental samples, the total mesophilic aerobic bacteria count was determined as 7.33±0.94 log cfu/g (on the 10th day) in the control group, 7.03±1.43 log cfu/g (on the 15th day) in the thyme essential oil added group, and 7.81±1.29 log cfu/g (on the 20th day) in the mint essential oil added group. The psychrophilic bacteria count was determined to be between 4.04±1.52-4.72±0.54 log cfu/g and the total lactic acid bacteria count was determined to be between 4.04±1.52-4.72±0.54 log cfu/g at the beginning of storage in fish ball samples.The number of yeast and mold at the beginning of storage was determined as 4.60±1.22, 4.25±1.22 and 4.73±0.99 log cfu/g (In the control, peppermint and thyme essential oil added groups, respectively).
In terms of sensory evaluation, he highest flavor value on the first day of storage was determined as 9.00±0.00 in both the Ke and Na groups. However, when the sensory evaluation was made in general, it was determined that the highest scores were in the mint added group.

Anahtar kelimeler: Fish meatballs, essential oils, *Luciobarbus esocinus*.

[*] *This study was produced from Yunus POLAT's Master's Thesis.* *Bu çalışma Yunus POLAT'ın Yüksek Lisans Tezinden üretilmiştir.*

GİRİŞ

Balık insan vücudunun ihtiyaçlarının pek çoğunu karşılayabilecek özellikte olan proteinler ve mineral maddeler açısından zengin olması ve karbonhidrat değeri bakımından düşük olumasıyla da diyetetik bir besindir (Gürel İnanlı vd., 2006). Balık besleyici bakımından zengin olmasının yanında çabuk bozulabilen bir gıdadır (Huss, 1995). Balığın uzun müddet saklanabilmesi için kullanılabilen pek çok muhafaza yöntemi bulunmaktadır. Bunlar içerisinde soğutma, dondurarak muhafaza yöntemi, tuzlama, konserve, dumanlama, marinat, surimi ve kurutma teknolojisi gibi yöntemler bulunmaktadır (Öğretmen vd. 2010). Su ürünlerine katkı maddeleri ekleyerek de raf ömürleri uzatılabilir (Angiş ve Oğuzhan 2008). Günümüzde insanlar doğal olan bitkisel kökenli katkı maddeleri ile muamele edilmiş ürünleri tercih etmektedir (Karaton Kuzgun 2019).

Kuşaktan kuşağa tarihler boyunca aktarılan bitki ve insan ilişkisi (gıda ya da ilaç olarak bitkinin kullanılması) kültürel birikim şeklinde sürekli incelenmiştir. Bu alanda çalışmalar yapan bilim dalı Etno-botanik olarak adlandırılır. Ülkemiz etno-botanik bakımından oldukça zengindir (Sadıkoğlu 1998; Başaran 2003). Ayrıca ülkemizde de baharat ve aromatik bitki ticaretiyle tarım da önem arz etmektedir. Ülkemiz coğrafi özellikleri ve bitki çeşitliliği konusunda avantajlı bir konumda olmasına rağmen kaynak açısından yeterli miktarda değerlendirememiştir. Bilim insanları Türkiye'deki bitkilerin uçucu bileşenlerinin analizi, tanımlanmasını, yetiştirilmesini, esansiyel özelliği olan yağların gıdalara etkisini, esansiyel yağların uygulandığı balıklar, filetolardaki etkisini araştırarak pek çok çalışmalar yapmışlardır (Tanker ve Tanker 1991; Akgül 2011; Karaton Kuzgun 2014).

Uçucu-aromatik yağlar, halk arasında ruh, esans yağı yada eter yağı gibi değişik isimlerle adlandırma yapılabilmektedir ve bitki kimyası açısından önemli komponentler içerisinde sayılmaktadırlar (Çelik ve Çelik 2007). Uçucu yağ, bitkiler ya da bitkisel kaynakların, kök, yaprak, gövde, meyve, kabuk, çiçek vb. kısımlarından farklı yöntemlerle elde edilebilmektedir. Oda ısısında sıvı halde olabilen, bazen donabilen, kolay bir şekilde kristalleşebilen, genel olarak renksiz veya açık sarı renge sahip, uçucu, kuvvetli kokusu olan, yağımsı ürünlerdir. Açık ortamda bırakıldıklarında, oda ısısında dahi buharlaşabildikleri için "uçucu yağ", hoş kokulu olmaları ve parfümeride kullanılmaları sebebiyle "esansiyel yağ", eter benzeri uçtuklarından "eterik yağ" gibi isimlerle adlandırılırlar (Çalıkoğlu vd. 2006). Geleneksel bakımdan farmakolojinin büyük oranını oluşturan uçucu yağlar; genellikle sıcak iklime sahip ülkelerde, ılıman olan Akdeniz çevresindeki coğrafyada bulunan ülkelerde yetişen çoğu aromatik bitkiler aracılığı ile elde edilebilmektedir (Bakkali vd. 2008). Araştırmada bahsi geçen esansiyel yağlar nane ve kekiktir. Türkiye'de genel olarak baharat hali ile kullanım alanı bulan nane türleri içerisinde karvon bileşenleri bakımından zengindir. ilaveten nane, iştah açmak için ve yemeklere hoş aroması nedeniyle katılmakta ve eczacılıkta ise serinletici, antiseptik, ferahlatıcı, anastezik, gaz söktürücü, yatıştırıcı, ishal önleyici ve bulantı kesici ilaçların yapısında kullanılmaktadır (Baydar, 2016). Kekik esansiyel yağının en önemli bileşeni timoldür. Timol bakterilerde, maya ve küflerde antimikrobiyal ve ayrıca güçlü bir antiseptik ve antifungal etkiye sahip olduğu tespit edilmiştir etkisi vardır (Lukic, 1989; Huma vd., 1999).

Çalışmada kullanılan balık türü ülkemizde başlıca yayılma alanı Fırat ve Dicle nehirleri olan ve Türkçe adı Cero olan Fırat Turnası, eti nispeten lezzetli olduğu için özellikle Güneydoğu Anadolu Bölgesi halkı tarafından sevilerek tüketilir ve bu nedenle ekonomik öneme sahip olan balıklar arasında yer alır (Geldiay ve Balık 2007).

Bu araştırmada, nane (*Spearmint* sp.) ve kekik (*Origanum spp.*) esansiyel yağlarının, Fırat Turnası (*Luciobarbus esocinus*, Heckel 1843) ile hazırlanan balık köftelerinin +4°C'de mikrobiyolojik ve duyusal özellikleri araştırılmıştır.

MATERYAL VE METOT

Çalışmada balık köftelerinin üretiminde, Elazığ ili ve çevresindeki tatlı sularda bolca bulunan *Luciobarbus esocinus* türü balıklar kullanılmıştır. Boyu 50-70 cm uzunluğunda, 1,5-2 kg ağırlığında olan balıklar ile çalışılmıştır. Avlandıktan sonra taze olarak balıkçılardan temin edilen balıklar, soğuk muhafaza ile Munzur Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi laboratuvarına getirilmiş ve aynı gün işleme alınmıştır.

Çalışmada balık köftelerinin üretiminde kullanılan kekik (Kod:33.06.39) esansiyel yağı ve nane (Kod:38.01) esansiyel yağı Klasec® (Inc, Kalamazoo-United States) firmasından temin edilmiştir.

Balık köftelerinin hazırlanması: *Luciobarbus esocinus* filetoları başı, derisi, iç oganları, omurga ve kılçıklarından ayrıldıktan sonra bir kıyma makinesi (TEFAL) kullanılarak 62 mm çapındaki en küçük ızagara ile kıyma yapılmıştır. Elde edilmiş olan balık kıymasının bir kısmı sade olacak şekilde ayrılmıştır, diğer kısım ise esansiyel yağlar ilave edilmek üzere her biri için aynı oranda olacak şekilde 2 gruba ayrılmıştır. Daha sonra balık kıymasına galeta unu, kimyon, tuz, karabiber, yeni bahar, sarımsak tozu, tatlı toz kırmızı biber ve ayçiçek yağı ilave edilip deneysel kontrol grubu (K grubu) oluşturulmuştur. Balık köfteleri karışım oranları Tablo 1'de sunulduğu gibidir. Balık kıymasına katkılarına ek olarak köfte içerisinde bulunan 12 ml ayçiçek yağına 240 µl kekik uçucu yağı eklenerek 3000 rpm'de 30 sn vortekslenip köfte

karışımına eklenip Ke grubu oluşturulmuştur. Diğer 3. grup için hazırlanan köfte içeriğinede 12 ml ayçiçek yağı içerisine 240 µl uçucu nane yağı eklenerek 3000 rpm'de 30 sn vortekslenip köfte karışıma eklenip N grubu oluşturulmuştur.

Tablo 1. Balık köftelerindeki karışım oranları.
Table 1. Mixture ratios in fish balls.

	K	Ke	N
Balık eti	%86,000	%86,000	%86,000
Galeta	%8,500	%8,500	%8,500
Tuz	%2,000	%2,000	%2,000
Karabiber	%0,410	%0,410	%0,410
Kimyon	%0,410	%0,410	%0,410
Yeni bahar	%0,410	%0,410	%0,410
Toz kırmızı biber	%0,410	%0,410	%0,410
Sarımsak tozu	%1,000	%1,000	%1,000
Ayçiçek yağı	%0,860	%0,859	%0,859
Kekik esansiyel yağı		%0,001	
Nane esansiyel yağı			%0,001

Hazırlanan K, Ke ve N deneysel grupları homojen bir hale gelinceye kadar 8°C'de (Yaklaşık 10 dk) Tefal mikser ile yoğurma işlemine tabi tutulmuş ve sonra tüm köfte örnek grupları 1 saat boyunca buzdolabında aromanın daha iyi oluşturulması bakımından dinlendirilmiştir. Köfte karışımlarından 30±3g köfteler el ile oluşturulmuştur (Şekil 1). Elde edilen tüm deneysel örneklere ait köfteler strafor tabaklarda sıralanarak streç film ile paket yapılmış ve 4±1°C'de muhafaza altına alınmıştır. Çalışma 2 tekerrürlü yapılmıştır. Örnekler muhafazanın belirli günlerinde (0., 5., 10., 15. ve 20. günler) mikrobiyolojik ve duyusal yönden incelenmiştir. Mikrobiyolojik açıdan inceleme yapılırken köfte örnekleri pişmemiş hali ile değerlendirmeye alınmıştır. Duyusal açıdan inceleme için örnekler 100 ml'lik kızgın derin yağda (180 °C) iki tarafı kahverengileşinceye kadar (5 dk) kızartıldıktan gerçekleştirilmiştir.

Şekil 1. Balık köftelerinin duyusal panel için hazırlanmış hali (Orjinal).
Figure 1. Fish balls prepared for the sensory panel (Original).

***Mikrobiyolojik analizler*:** Mikrobiyolojik bakımından yapılan analizlerde numuneler önce Stomacher özel torbasına 10'ar g olacak şekilde tartılmıştır. Ürün içerisine steril %0,1'lik daha önceden hazırlanıp steril bir hale getirilmiş peptonlu sudan 90 mL ilave edilip ve homojen hale getirilmiştir. Bu sayede örnek 10^{-1} oranlarında dilüe edilmiştir. Örneklerin her seyreltisi içerisinden 1 mL alınarak çift olacak halde seri olarak dökme plak metodu ile ekimi gerçekleştirilmiştir. İnkübasyon süresi bittiğinde 30–300 koloni bulunduran plaklar dikkate alınmış ve sayımları yapılmıştır (Halkman, 2005).Toplam mezofilik bakteri sayısı için Plate Count Agar (PCA) kullanılmıştır (OXOID: CM0325). Ekimi yapılan plaklar 37 °C sıcaklıkta 48±3 saat inkübe edilmesinin ardından oluşan koloniler değerlendirmeye tabi tutulmuştur (Halkman 2005). Toplam psikrofil aerob bakteri sayısı için Plate Count Agar (PCA) kullanılmıştır (OXOID: CM0325). Ekimi yapılan plaklar 5±1°C sıcaklıkta 7-10 günlük inkübasyona tabi tutulduktan sonra oluşan koloniler değerlendirilmiştir (ICMFS 1986). Örneklerin maya ve küf sayısı belirlenmesi amacıyla Potato Dextrose Agar (PDA) kullanılmıştır (LAB098) ve ekimi yapıldıktan sonra plaklar 25-28°C'de 4-5 gün inkübe edilmesi sonrasında değerlendirmeye tabi tutulmuştur (Halkman 2005). Laktik asit bakterilerinin sayımı için MRS Agar kullanılmıştır (LAB093) ve ekimi yapılan plaklar 28°C sıcaklıkta 48 saat inkübasyonda tutulduktan sonra üreyen kolonilerin sayımı yapılmıştır (Halkman 2005). Koliform grubundaki bakterileri sayımlarında VRB besiyeri kullanılmıştır (OXOID: CM0107) ve petri kutularının 35±1 °C sıcaklıkta 1 gün bekletilme işleminden sonra sayımları yapılmıştır (Halkman 2005).

***Duyusal analiz* :** Duyusal analizde, köfte numuneleri kızgın derin ayçiçek yağında (180 °C) iki tarafı kahverengileşinceye kadar (5 dk) kızartılıp ve deneyimli panelistlerin duyusal değerlendirmesi için sunulmuştur. Balık köftelerinin duyusal kalitesinin tespitinde görünüş, renk, koku ve lezzet özellikleri incelenmiş ve ayrıca panelistler köfte örneklerini 1-9 puan arasında değerlendirmeye tabi tuttmuşlardır (9:Mükemmel-1:Çok kötü) (Lawless ve Heyman 2010).

***İstatistiksel analizler*:** Bu çalışmada, gruplar arasındaki farklılıkların değerlendirilmesi için IBM SPSS®22 (SPSS Inc., Chicago, IL, USA) bilgisayar istatistik paket programı kullanılmıştır ve programdaki varyans analizi (one way ANOVA) testi ile gruplar ve muhafaza günleri arasındaki farklılıkların ($p<0,05$) istatistiksel açıdan önemi ise varyans analizi (one way ANOVA) ile belirlenmiştir (Özdamar 2001).

BULGULAR VE TARTIŞMA

Köfte örneklerinin mikrobiyolojik analiz bakımından, toplam mezofilik aerob bakteri (TMAB), toplam pisikrofilik aerob bakteri miktarı (TPA), toplam maya-küf, laktik asit bakteri sayısı ve koliform bakteri sayımı yapılmıştır. 4±1°C'de muhafaza altına alınan köfte örnekleri 2 tekerrürlü analizleri yapılmış ve ayrıca örneklerin muhafazasının belirli günlerinde (0., 5., 10., 15. ve 20. günler) derin yağda kızartma duyusal yönden incelenmiştir.

Mikrobiyolojik Analiz Değerleri

Toplam mezofilik aerob bakteri miktarı (TMAB): Tablo 2'de belirtildiği gibi derin yağda kızartma uygulanıp

tüketim için hazır duruma getirilen esansiyel yağ eklenmiş balık köfteleri soğuk depolama yapılarak incelenmiştir. Muhafazasının başlangıç aşamasında toplam mezofilik aerobik bakteri miktarı 3,12±0,66-4,35±0,93 kob/g arasında belirlenirken, depolama boyunca artış gösterdi ve muhafazasının sonu için sınır değerlerine 10. günden itibaren ulaşılmıştır. Depolama başında örneklerin TMAB bakteri sayısının kabul edilebilir limit değerler içinde yer aldığı belirlenmiştir. Ancak her bir grubun TMAB bakteri sayısına etkisinin anlamlı ($p>0,05$) olmadığı görülmüştür. Depolama boyunca TMAB bakteri sayısında muhafaza günlerinde istatistiki farkın anlamlı olduğu belirlenmiştir ($p<0,05$). Depolama 10. gününden itibaren gruplarda sırasıyla mikrobiyal gelişimin TMAB sayısı bakımından tüketilebilirlik sınır (6,00 kob/g) değerini aştıkları saptanmıştır (ICMSF, 1986). Balık etindeki TMAB bakteri sayısı 4,61±0,64 kob/g olarak belirlenirken bu değerler köfte karışımı oluşturulduktan sonra 3,43±0,92-4,43±0,94 kob/g değerlerinde belirlenmiştir. Karaton Kuzgun ve Gürel İnanlı (2018), yapmış oldukları çalışmalarında *L. esocinus*' larda filetoda TMAB sayısını 2,65±0,81 olarak belirlemişlerdir. Bu değer bizim değerimizden düşüktür. Bunu avlamanın yapıldığı mevsime ve kullanılan balığın yaşı gibi durumlara bağlayabiliriz Özpolat ve Çoban (2012) ise sarı balık ile kara balıktan hazırladıkları köftelerin 4°C'de 20 gün sonunda bozulabildiğini ifade etmişlerdir. Ancak mevcut çalışmada mikrobiyolojik analiz yapılmamış, depolama süresi sadece kimyasal analizler bakımından değerlendirmeye tabi tutulmuştur. Öksüztepe vd. (2010)'nın yaptığı diğer bir araştırmada da buzdolabında muhafaza edilen alabalık ile hazırlanmış köftelerin TMAB sayısının muhafazanın 6. gününde 7 kob/g'ın üzerinde olduğu bildirilmiştir. Bu araştırmada esansiyel yağ kullanılmamıştır. Bizim yapmış olduğumuz çalışmada raf ömrünün mevcut çalışmadan daha fazla olmasını kullanılan balık türlerinin farklı olmasına, yönteme ve esansiye yağ içerip içermediğine bağlayabiliriz. Çetinkaya (2011), yaptığı çalışmada; depolama sırasında TMAB miktarının muhafaza süresince artışlar gözlemlediğini ve en yüksek mikrobiyal sayının kontrol grubunda olduğunu bildirmişlerdir ve kekik esansiyel yağı ile bunu takiben karanfil esansiyel yağı uygulanan örneklerde en düşük bakteri sayısına sahip olduğunu bildirmişlerdir. Bu bulguların bizim bulgularımızla paralellik olduğu söylenebilir.

Tablo 2. Balık köftesi örneklerinin buzdolabı koşullarında muhafazası sırasında belirlenen toplam aerobik mezofilik bakteri (TMAB) sayısı (kob/g).
Table 2. Total aerobic mesophilic bacteria (TMAB) count (cfu/g) determined during storage of fish ball samples under refrigerator conditions.

Grup	Üretim Aşaması		Muhafaza Günleri				
	Balık Eti	Köfte Karışımı	0.	5.	10.	15.	20.
K	4,61±0,64	4,33±0,94	4,35±0,93^{a}	5,72±0,27^{a}	7,33±0,94^{c}		
Ke	4,61±0,64	3,43±0,92	3,57±0,30^{a}	4,70±0,42^{b}	6,53±0,38^{c}	7,03±1,43^{c}	
Na	4,61±0,64	3,81±0,60	3,12±0,66^{a}	4,64±0,68^{b}	6,37±1,06^{c}	6,10±0,77^{c}	7,81±1,29^{c}

$^{a, b, c}$: Günler arasındaki farklılığın istatistiksel olarak anlamlı olduğunu ifade etmektedir. **K:**Kontrol, **Ke:**Kekik, **Na:**Nane.

Toplam psikrofilik aerob bakteri miktarı (TPAB): Soğutulmuş koşullar altında muhafaza edilen farklı uçucu yağlarla karıştırılan balık köfteleri hakkında yapılan toplam psikrofil bakteri sayısındaki analizler neticesinde elde edilen sonuçları Tablo 3'de gösterilmiştir. Balık etindeki TPAB miktarı 3,73±1,19 kob/g olarak belirlenirken, köfte karışımı oluşturulduktan sonra bu değerler 3,36±0,45-3,43±0,73 kob/g olduğu belirlenmiştir. Tablo 3, incelendiğinde TPAB miktarındaki değişiklikler buzdolabında depolama başlangıcında toplam psikrofil bakteri sayısı en yüksek 4,72±0,54 ile K grubunda iken, en düşük toplam psikrofil bakteri sayısı ise 3,41±0,64 kob/g ile Na grubunda gözlenmiştir. Muhafaza periyodu boyunca tüm gruplarda TPAB düzeyleri düzenli olarak arttı ve incelenen örneklerde depolama sırasında TPAB sayısında günler arası farklılığın istatistiksel açıdan önemli olduğu belirlenmiştir ($p<0,05$). TPAB sayısında Muhafazalarının son günlerinde kontrol grubu 10. günde 7,77±0,48 kob/g, Kekik esansiyel yağı ekli grup 15. günde 7,63±0,89 kob/g, nane esansiyel yağı ekli grup 20. günde 7,65±0,39 kob/g olarak belirlenmiştir. Gruplar arasında TPAB sayı değerlerinde anlamlı farklılıkların bulunmadığı tespit edilmiştir ($p>0,05$). Araştırmalar kekik esansiyel yağının psikrofil bakterilerin aktivitesini yavaşlattığını göstermiştir (Özyılmaz, 2007; Karaton Kuzgun ve Gürel İnanlı 2018). Bu ifade bizim sonuçlarımızla tutarlıdır. Erol ve İlhak (2015), yapmış oldukları çalışmalarında alabalık ile yaptıkları balık köftelerinin raf ömrünü 8 gün olarak belirlemiş olup TPAB sayısını 4,35- 6, 92 kob/g olarak belirlemişlerdir. Köftelerin raf ömrünü mevcut çalışmamızdan daha kısa olmasının sebebi farklı tür balık kullanmaları ve köfte içeriğinin farklı olmasından kaynaklı olduğunu düşünebiliriz. Akkuş vd. (2004) ise haşlanmış ve çiğ hamsiden balık köftesi yapmışlar ve 4°C'de muhafaza etmişlerdir. Araştırmacılar, muhafazanın ilk gününde mezofilik aerobik mikroorganizma sayısını 4.8 kob/g, muhafazanın son gününde bu sayının 7 kob/g seviyesine ulaşmadığını belirlemişlerdir. Bu sonuç, bizim çalışmadaki sonuçlarla tutarlıdır. . Gürel İnanlı vd. (2006), yapmış oldukları çalışmada *Luciobarbus esocinus* eti ile balık kroket yapmışlar 21. günde bozulduğunu bildirmişlerdir. Bu araştırmada kimyasal analizler yapılmış olup mikrobiyolojik analiz yapılmamıştır. Duyusal ve kimyasal analiz verilerine göre bizim bulgularımız la benzer raf ömrüne sahip ürün elde etmişlerdir.

Maya-Küf miktarı: Tablo 4'de gösterilen maya-küf sayısı değerlerine bakıldığında; . Balık etindeki maya-küf miktarı 3,91±1,39 kob/g olarak belirlenirken, köfte karışımı oluşturulduktan sonra bu değerlerin 3,43±0,73-4,14±0,84 kob/g olduğu belirlenmiştir. Deneysel K, Ke ve

Na gruplarında sırasıyla depolama başlangıcındaki maya-küf sayısı 4,60±1,22, 4,25±1,22 ve 4,73±0,99 kob/g olarak belirlenmiştir. Depolamanın 10. gününde maya-küf sayısında grup K'da 8,17±0,40 kob/g, grup Ke'de 6,68±1,25 kob/g, grup Na'da ise 5,25±0,29 kob/g artış olduğu görülmüştür. İncelenen örneklerin depolama sırasındaki maya-küf değerlerine bakıldığında günler arası istatistiksel olarak anlamlı farklılıkların ($p<0,05$) olduğu ve depolama sırasında örnekler arasındaki farkın istatistiki açıdan anlamsız olduğu tespit belirlenmiştir ($p>0.05$). Bu koşullar altında depolama sırasında maya-küf miktarı genellikle düzenli olarak artışlar göstermiştir. En yüksek maya-küf sayısı (7,81±0,60 kob/g) depolamanın 20. gününde grup Na'da gözlenmiştir. Çoban ve Özpolat (2013) yaptıkları çalışmada *Luciobarbus esocinus* filetolarındaki maya-küf sayısını, üretim aşamasında 2,70 kob/g olarak tanımlamışlardır. Bu değer çalışmada bulunan değerlere benzerdir. Kekik uygulanan balıklarda maya ve küf sayısında bir azalmaya neden olduğu pek çok araştırmacı tarafından bildirilmiştir (Karaman vd., 2001; Rasooli ve Owlia, 2005; Özyılmaz, 2007; Karaton Kuzgun ve Kırbağ, 2020). Fakat bizim araştırmamızda nane yağı da kullanıldığı için nanenin kekiğe oranla maya-küf sayısında daha fazla düşüşe sebep olduğu gözlemlenmiştir.

Laktik asit bakteri miktarı: Tablo 5'de görüldüğü gibi balık köftesi örneklerinin depolama başlangıcında toplam laktik asit bakterisi sayısının 3.37 ±0,80-4,20±0,24 kob/g arasında olduğu belirlenmiştir. Soğuk depolama sırasında kontrol grubunda artış depolamanın 10. gününden sonra çalışmayı sonlandırmayı gerektirecek sayısal değerlere ulaştı ve bu değişimin istatistiksel açıdan anlamlı olduğu belirlenmiştir ($p<0,05$). Gruplar arasında laktik asit bakteri sayısı açısından anlamlı bir farkın olmadığı belirlenmiştir ($p>0,05$). Balık etindeki laktik asit bakterisi miktarı 4,27±0,89 kob/g olarak belirlenirken, köfte karışımı oluşturulduktan sonra bu değerlerin 3,00±0,82-3,55±1,12 kob/g olduğu belirlenmiştir. Viuda-Martos vd. (2008) farklı uçucu yağların antimikrobiyal aktiviteleri üzerine yaptıkları çalışmada Laktik asit bakterilerine karşı en etkili olanın biberiye olduğunu, bunu kekik ve karanfilin takip ettiğini bulmuşlardır. *L. esocinus* etinde Laktik asit bakteri sayısını Çoban ve Özpolat (2013), 4,88 log kob/g olarak belirlemiş olup, bizim çalışmamızda (4,27±0,89 kob/g) bulgularımızla benzerdir. Karaton Kuzgun ve Gürel İnanlı (2018), *L. esocinus* etinde Laktik asit bakteri 2,94±0,24 kob/g olarak belirlemiş olup bu değerin düşük olma sebebini avlanma koşulları, mevsim ve balığın yaşı gibi durumlara bağlayabiliriz

Tablo 3. Balık köftesi örneklerinin buzdolabı koşullarında muhafazası sırasında belirlenen toplam psikrofil bakteri (TPAB) sayısı (kob/g)
Table 3. Total psychrophilic aerobe bacteria (TPAB) count (cfu/g) determined during storage of fish ball samples under refrigerator conditions

Grup	Üretim Aşaması		Muhafaza Günleri				
	Balık Eti	Köfte Karışımı	0.	5.	10.	15.	20.
K	3,73±1,19	3,36±0,45	4,72±0,54a	5,61±0,61ab	7,77±0,48bc		
Ke	3,73±1,19	3,43±0,73	4,04±1,52a	5,43±1,46ab	6,10±1,34bc	7,63±0,89c	
Na	3,73±1,19	3,41±0,64	4,32±1,28a	5,28±0,45ab	5,76±0,54bc	6,69±1,21c	7,65±0,39c

a, b, c: Günler arasındaki farklılığın istatistiksel olarak anlamlı olduğunu ifade etmektedir. **K:** Kontrol, **Ke:** Kekik, **Na:** Nane.

Tablo 4. Balık köftesi örneklerinin buzdolabı koşullarında muhafazası sırasında belirlenen maya-küf sayısı (kob/g).
Table 4. Yeast and mold counts (cfu/g) determined during storage of fish ball samples under refrigerator conditions.

Grup	Üretim Aşaması		Muhafaza Günleri				
	Balık Eti	Köfte Karışımı	0.	5.	10.	15.	20.
K	3,91±1,39	4,14±0,84	$4,60±1,22^{a}$	$6,32±0,71^{ab}$	$8,17±0,40^{bc}$		
Ke	3,91±1,39	3,43±0,73	$4,25±1,22^{a}$	$5,01±1,34^{ab}$	$6,68±1,25^{bc}$	$7,46±0,68^{bc}$	
Na	3,91±1,39	3,90±0,79	$4,73±0,99^{a}$	$5,24±0,37^{ab}$	$5,25±0,29^{bc}$	$6,46±1,57^{bc}$	$7,81±0,60^{c}$

a, b, c: Günler arasındaki farklılığın istatistiksel olarak anlamlı olduğunu ifade etmektedir. **K:** Kontrol, **Ke:** Kekik, **Na:** Nane.

Tablo 5. Balık köftesi örneklerinin buzdolabı koşullarında muhafazası sırasında belirlenen Laktik asit bakteri sayısı (kob/g).
Table 5. Lactic acid bacteria count (cfu/g) determined during storage of fish ball samples under refrigerator conditions.

Grup	Üretim Aşaması		Muhafaza Günleri				
	Balık Eti	Köfte Karışımı	0.	5.	10.	15.	20.
K	4,27±0,89	3,00±0,82	$4,20±0,24^{a}$	$6,23±0,80^{ab}$	$8,07±0,10^{bc}$		
Ke	4,27±0,89	3,02±0,42	$3,37±0,80^{a}$	$4,46±1,29^{ab}$	$6,24±1,45^{bc}$	$7,81±0,59^{c}$	
Na	4,27±0,89	3,55±1,12	$3,90±0,29^{a}$	$4,06±1,48^{ab}$	$4,64±0,59^{bc}$	$5,91±0,63^{c}$	$7,52±0,41^{c}$

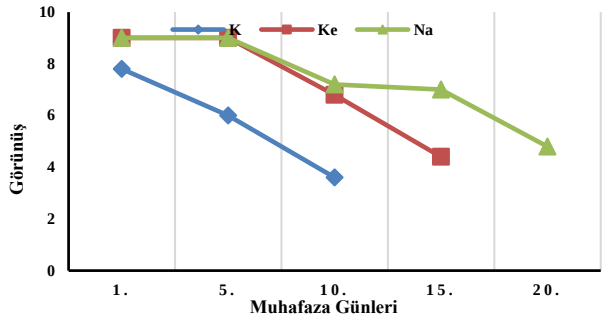
a, b, c: Günler arasındaki farklılığın istatistiksel olarak anlamlı olduğunu ifade etmektedir. **K:** Kontrol, **Ke:** Kekik, **Na:** Nane.

Koliform grubu bakteri miktarı: Deneysel balık köftelerinin hiçbir aşamasında, ne materyalde (*L. esocinus*, filetosunda), ne pişirme işlemi sırasında ne de depolama sırasında koliform grubuna ait mikroorganizmaların gelişimine rastlanmamıştır, bu durum kullanılan pişirme işleminden kaynaklanabileceği gibi saklama koşullarının bir etkisi olarak da yorumlanabilir.

Duyusal Analiz Değerleri

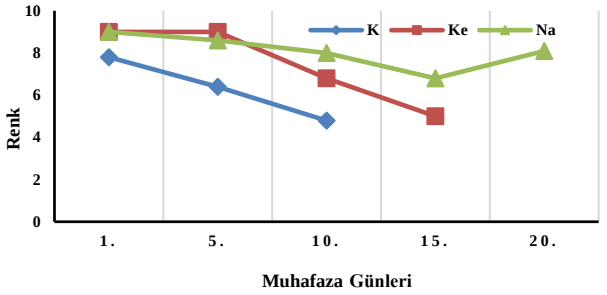
Görünüş: Farklı esansiyel yağlar ile beraber *Luciobarbus esocinus* eti de eklenerek hazırlanan köfte örneklerinin buzdolabı şartlarında saklanmasının başlangıcından sonuna kadar görünüş değişimi ile ilgili duyusal değerlendirme sonuçları Şekil 2'de sunulmuştur. Deneysel köftelerin buzdolabı şartlarında saklanması esnasında muhafaza periyodu boyunca duyusal görünüş değerleri düzenli azalışlar göstermiştir. Saklanma başlangıcında örneklerin görünüş değerleri K, Ke ve Na grubunda eş değer ($p>0,05$) bulundu. Depolama zamanının artması ile bütün örneklerin duyusal görünüş değerlerinde anlamlı farklılıkların ($p<0,05$) olduğu gözlemlenmiştir. Aynı zamanda depolamanın bittiği günler dikkate alındığında en düşük görünüş puanı panelistler tarafından

3,60±0,80 ile kontrol grubunda (10. günde), en yüksek görünüş değeri de 4,20±0,97 ile Ke grubunda (15. günde) saptandı. Bizim bulgularımız Karaton Kuzgun (2019)'un yaptığı çalışmadaki bulgularla örtüşmektedir. Gürel İnanlı vd. (2006), yapmış oldukları çalışmada *Luciobarbus esocinus* eti ile balık kroket yapmışlar ve duyusal olarak 21. günde bozulduğunu bildirmişlerdir. Peksezer, (2012), Yapmış olduğu çalışmasında, gümüş balığından balık köfteleri üretmiş ve bu köftelerin muhafazanın ilk günü en yüksek puan (8,50) aldığını belirlemiştir. En düşük puanı (5,54) ise depolamanın 6. ayında almıştır. Panelistler sıvı yağda kızartılmış örnekleri, fırınlanmış örneklere oranla duyusal olarak daha çok beğenmişlerdir.



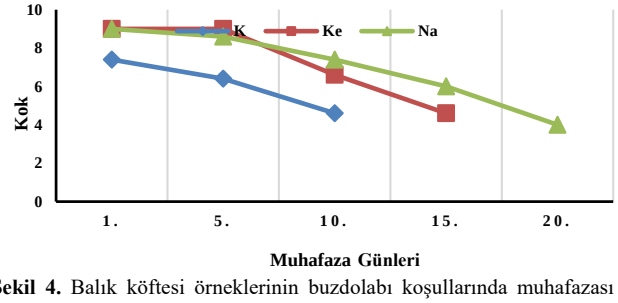
Şekil 2. Balık köftesi örneklerinin buzdolabı koşullarında muhafazası sırasında belirlenen görünüş değerlerindeki değişim
Figure 2. Changes in the appearance values of fish ball samples determined during storage under refrigerator conditions.

***Renk*:** Şekil 3'de farklı esansiyel yağlar ilave edilerek yapılmış balık köftelerinin buzdolabı koşullarında saklanması sırasında zamana bağlı duyusal renk değeri değişimleri sunulmuştur. Deneysel örneklerin renk değerlerindeki değişim bütün gruplarda eş değer olduğu ($p>0,05$) tespit edilmiştir. En yüksek renk değerini Ke grubu 5. günde 9,00±0,00 puan alarak diğer gruplardan renk bakımından daha fazla beğeni aldığı belirlenmiştir. En düşük duyusal renk değeri ise 3,00±1,09 ile Na grubunda 20. muhafaza gününde belirlenmiştir. Depolama zamanının artması ile bütün örneklerin duyusal renk değerlerinde ($p<0.05$) anlamlı azalmalar meydana gelmiştir. Yapmış olduğu araştırmasında Hassaballa vd. (2009), -18°C'de muhafaza ettikleri köftelerin sunuma hazırlanmasından önce fırınlama ve kızartma gibi farklı pişirme yöntemleri uygulamıştır. Yayın balığı köftelerini, 0. - 4. aylarında, hedonik skala kullanarak (9 puanlık) yapmışlardır. Duyusal analiz puanlamalarına göre muhafaza başında fırın ile pişirilen köftelerde 8,00 renk puanı, kızartma yapılan köftelerde 5,60 renk puanı aldıklarını ve depolamanın 4. ayında ise bu değerlerin azalarak sırasıyla 7,93 ve 4,63 puanlarına düştüğünü bildirmişlerdir. Bu değerler bizim değerlerimizden yüksektir. Araştırmamızın bulgularına göre, muhafaza süresine bağlı olarak duyusal niteliklerde oluşan kötüleşme Öksüztepe vd. (2010) ve Mahmoudzadeh vd. (2010)'nin yaptıkları çalışmadaki bulgular ile uyum içindedirler.



Şekil 3. Balık köftesi örneklerinin buzdolabı koşullarında muhafazası sırasında belirlenen renk değerlerindeki değişim.
Figure 3. Changes in color values determined during storage of fish ball samples under refrigerator conditions.

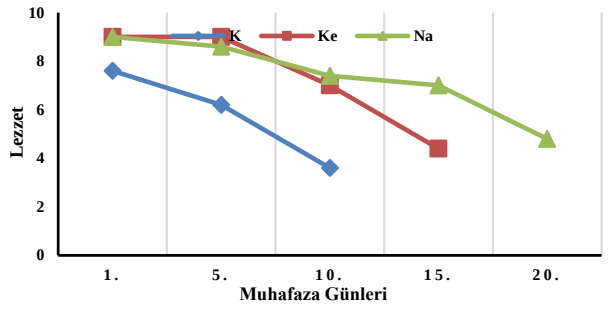
***Koku*:** Balık eti ile zenginleştirilmiş deneysel köftelerinin depolanması esnasında başlangıç aşamasından depolama süresi sonuna kadar koku parametreleri ile alakalı duyusal analiz sonuçları Şekil 4'de sunulmuştur. Depo şartlarında saklanma başlangıcında yağda pişirme faaliyeti uygulanan köftelerde en çok koku değeri 0. günde (9,00±0,00) Ke ve Na grubunda, en az koku değeri ise 20. günde (3,20±0,98) Na grubunda belirlenmiştir. Köfte örneklerinin duyusal koku değerleri tüm uygulama gruplarına kıyasla benzerlik göstermiştir ($p>0.05$) ve saklanma süresinin artması ile bütün örneklerin duyusal koku değerlerinde ($p<0.05$) anlamlı azalmalar meydana gelmiştir. Bu bilgiler ışığında köfte yapımında balık eti kullanımının tüketiciler tarafından kabul edilebilirlik kriterlerinden biri olan aroma kalitesini artırabileceği ileri sürülebilir. Bu sonuçlar Dikel (2012) sonuçlarıyla tutarlıdır. Çoban ve Özpolat (2013), yaptıkları köfte örneklerinin koku puanlarını +4°C' de muhafazasında 4,56±0,19-2,05±0,31 olarak belirlemişlerdir ve ayrıca Öksüztepe vd. (2010) ve Mahmoudzadeh vd. (2010)'nin yaptıkları çalışmadaki bulgular ile uyum içindedirler.



Şekil 4. Balık köftesi örneklerinin buzdolabı koşullarında muhafazası sırasında belirlenen koku değerlerindeki değişim
Figure 4. Changes in odor values determined during storage of fish ball samples under refrigerator conditions.

***Lezzet*:** Şekil 5'de verilen bulgular incelendiğinde, depolama başlangıcında yapılan duyusal inceleme sonucunda, muhafazanın ilk gününde en çok lezzet değeri 9,00±0,00 ile hem Ke hem de Na grubunda, en az lezzet değeri ise 7,60±0,48 ile kontrol grubunda belirlenmiştir. İlerleyen saklanma zamanında lezzet değerlerinde tam olarak azalma olsa da, muhafazanın başında örnekler lezzet bakımından iyi kalitede olduğu

belirlenmiştir. Buzdolabı koşullarında örneklerin duyusal lezzet değerleri gruplar arasında birbiri ile benzerlik ($p>0,05$) göstermiştir. Saklanma zamanının duyusal lezzet değerine etkisinin bütün gruplarda önemli olduğu ($p<0,05$) bulunmuştur. Balık eti ilave edilerek oluşturulan köfte örneklerinin buzdolabı şartlarında saklanmanın başlangıcında ve sonunda lezzet değerleri değerlendirildiğinde, en az beğeniyi K grubu örneklerin aldığı görülmüştür. Bu bulgular ile Dikel (2012) , Can ve Patır (2012) ve Karaton Kuzgun vd. (2020)'ın esansiyel yağlarla ilgili yapmış oldukları bulgularla bulguları ile örtüşmektedir. Erol ve İlhak (2015), yapmış oldukları çalışmalarında alabalık ile yaptıkları balık köftelerine timol eklemişlerdir. Timolün köftelerin duyusal özelliklerini olumsuz yönde etkilediği belirlenmiştir. Duman ve Özpolat (2012), İnegöl usulü yaptıkları balık eti köftelerinin lezzet puanlarında soğukta muhafaza süresince azalmalar belirlemişlerdir.



Şekil 5. Balık köftesi örneklerinin buzdolabı koşullarında muhafazası sırasında belirlenen lezzet değerlerindeki değişim
Figure 5. Changes in flavor values determined during storage of fish ball samples under refrigerator conditions.

SONUÇ

Bu çalışmadan elde edilen sonuçlar esansiyel yağların balık köftelerinin raf ömrünü uzattığını ortaya koymuştur. Bu bilgiler ışığında kontrol grubu 10. günde, kekik esansiyel yağı ekli grup 15. günde, nane esansiyel yağı ekli grup ise 20. günde muhafazaları son bulmuştur. Elde edilen sonuçlar, esansiyel yağların balık köftelerine ilavesiyle hazırlanan ürünlerin faydalı olabileceğini ve ulusal ekonomiye katkılar sağlayabileceğini göstermektedir. Ayrıca kekik ve nane yağının balık köftelerine hoş bir aroma vererek balığın tüketilmesine teşvik anlamında kullanılmasının öneminin altı çizilebilmektedir. Ek olarak nane yağının balık köftelerinin mikrobiyal yükünü kekik yağı ilave edilenlere oranla daha da azalttığı belirlenmiştir.

KAYNAKLAR

Akgül, A. (2011). Erzurum'da yetişen aromatik bitkilerin uçucu yağ verimleri ile bazılarında ana uçucu bileşenlerin araştırılması, *Journal Faculty Agri*, ***18***, 1-4.

Akkuş, Ö., Varlık, C., Erkan, N. & Mol, S. (2004). Çiğ ve haşlanmış balık etinden yapılmış köftelerin bazı kalite parametrelerinin incelenmesi. *Turk J Vet Anim Sci;* ***28***(1), 79-85.

Angiş, S. & Oğuzhan, P. (2008). Su ürünlerinde kullanılan katkı maddeleri. *Türkiye 10. Gıda kongresi; 21-23 Mayıs,* Erzurum.

Bakkali, F., Averbeck, S., Averbeck, D. & Idaomar, M. (2008). Biological effects of essential oils- A review. *Food and Chemis Toxicology*, ***46***(2), 446-475.

Başaran, S., (2003). Elmalı yöresinde doğal olarak yetişen bazı bitkilerin etnobotanik özellikleri. *Batı Akdeniz Ormancılık Araştırma Müdürlüğü Dergisi, Çevre ve Orman B*, ***211***, 5.

Baydar, H. (2016). *Tıbbi ve aromatik bitkileri bilimi ve teknolojisi*. Süleyman DemirelÜniversitesi Ziraat Fakültesi, Yayın No: 51, Beşinci baskı, Isparta,.

Can, Ö.P. & Patır, B., (2012). Kitosan kaplamanın gökkuşağı alabalığı (*Oncorhynchus mykiss*, W. 1792) filetolarının raf ömrü üzerine etkisi. *Türkiye Mikro Cem Derg.*, ***42***(4), 148-154.

Çalıkoğlu, E., Kıralan, M. & Bayrak, A. (2006). *Türkiye 9. Gıda kongresi, uçucu yağ nedir, nasıl üretilir ve Türkiye'deki durumuna genel bir bakış*, 24-26 Mayıs 2006, Bolu.

Çelik, E. & Çelik, G.Y. (2007). Bitki uçucu yağlarının antimikrobiyal özellikleri. Orlab On-*Line Mikrobiyoloji Dergisi*, ***5***(2), 1-6.

Çetinkaya, A. (2011). *Timol, karvakrol, eugenol ve alfa terpineol' un soğukta depolanan vakum paketlenmiş hamsi filetoları üzerine etkilerinin incelenmesi*. Doktora tezi, Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Su Ürünleri Fakültesi, Adana, 98s.

Çoban, Ö.E. & Özpolat, E. (2013). The effects of different concentrations of rosemary (*Rosmarinus officinalis*) extract on the shelf life of hot-smoked and vacuum packed *Lucıobarbus esocınus* fillets, *Journal of Food Processing and Preservation*, 37, 269–274.

Dikel, Ç. (2012). *Kitosan eklenen jelatin ile kaplamanın çipura (Sparus aurata l., 1758) filetolarının soğukta (+4°C) depolanması esnasında fiziksel, kimyasal, mikrobiyolojik ve duyusal değişimler üzerine etkisi*. Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi, Adana.

Duman, M. & Özpolat, E. (2012). Karabalık (*Capoeta trutta* Heckel, 1843)'tan farklı formülasyonlarda üretilen İnegöl usulü köftenin dondurularak (-18±2°C) muhafazası sırasında kimyasal ve duyusal kalite değişimleri. *Gıda Dergisi,* ***37***(1), 25-31.

Geldiay, R. & Balık, S. (2007). *Türkiye Tatlı Su Balıkları.* Ege Üniv., Su Ürünleri Fakültesi, Yay. No:46, Ders Kitabı Dizini No:16., V. Baskı, Ege Üniversitesi Basımevi, Bornova, İzmir.

Gürel İnanlı, A., Emir Çoban, Ö., Özpolat, E. & Dartay, M. (2006). Bıyıklı balıktan(Barbus esocinus, Heckel, 1843) yapılan balık kroketlerinin raf ömrünün belirlenmesi. *Su*

Ürünleri Mühendisleri Derneği Dergisi, ***25/26***, 40-44.

Halkman, A.K. (2005). *Merck Gıda Mikrobiyolojisi Uygulamaları*. Başak Matbaacılık, Ankara.

Hassaballa, A., Mohamed, G., İbrahim, H. & Abdelmageed, M. (2009). Frozen Cooked Catfish Burger: Effect of Diffirent Cooking Methods and Storage on İts Quality, *Global Veterinaria*, ***3***(3), 216-226.

Huma, F., Jaffar, M. & Masud, K.A., (1999). Modified potentiometric method for the estimation of phenol in aqueous systems. *Turkish Journal of Chemistry*, ***23,*** 415-422.

Huss, H.H. (1995). *Quality and quality changes in fresh fish.* In: Food and Agriculture Organization Fisheries Technical pp 348, Food and Agriculture Organization of United Nations, Roma, 132 p.

ICMSF (International Commisson on Microbiological Spescifications for Foods). (1986). *Microorganisms in Foods*. Their significance and methods of enumeration. University of Toronto Press, London. 181-196.

Karaman, S., Digrak, M., Ravid, U. & İlçim, A., (2001). Antibacterial and antifungal activty of the essential oils of *Thymus revolutus* Celak from Turkey. *Journal of Ethnopharmacology, **76***, 183-186.

Karaton Kuzgun, N. & Gürel İnanlı, A. (2018). The investigation of the shelf life at 2 ± 1°C of *Luciobarbus esocinus* fillets packaged with films prepared with the addition of different essential oils and chitosan. *Food Sci and Tech (Mysore).* ***55***(7), 2692-2701.

Karaton Kuzgun, N. (2014). *Farklı esansiyel yağlar ve kitosan ile hazırlanan filmlerle ambalajlanmış Luciobarbus esocinus filetolarının 2±1 C'de raf ömrünün araştırılması*. Doktora Tezi, Fırat Üniversitesi, Su Ürünleri Fakültesi, Elazığ, Turkey, 116 s.

Karaton Kuzgun, N., Erecevit Sönmez, P. & Tanyıldızı, M.Ş. (2020). Preservative effect of coriander essential oil applied in different proportions on the storage of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) fillets. *Progres in Nutrition. **22***, 4.

Karaton Kuzgun, N. (2019). Effect of Garlic (*Allium sativum* L.) essential oils on *Oncorhynchus mykiss* fillets during storage. *Progres in Nutrition*, ***21***(3), 709-714.

Karaton Kuzgun, N. & Kırbag, S. (2020). Description of the Protective Feature of Oregano Essential Oil Sold as a Commercial Site on Rainbow Trout. *International Journal of Pure and Applied Sciences*, ***6***(2), 99-106. DOI: 10.29132/ijpas.792005

Lawless, H.T. & Heymann, H., (2010). *Sensory Evaluation of Food*. Second Edition, Springer.

Lukic, P. (1989). *In: Farmacognazija*. Farmaceutski Facultet Univerziteta u Beogradu.

Öğretmen, Ö.Y., Tanker, U. & Öğretmen, N. (2010). Su ürünleri işleme teknolojileri ve örnek bir su ürünleri işleme tesisine ait dondurulmuş hamsi iş akışı. *I. Ulusal hamsi çalıştayı: sürdürülebilir balıkçılık. 17-18 Haziran*, Trabzon-Türkiye.

Öksüztepe, G., Çoban, Ö.E. & Güran, H.Ş. (2010). Sodyum laktat ilavesinin taze gökkuşağı alabalığından (Oncorhynchus mykiss W) yapılan köftelere etkisi. *Kafkas Univ. Vet. Fak. Derg., **16***, 65-72.

Özdamar, K. (2001). *SPSS ile Biyoistatistik*. Yayın no: 3,4. Baskı. Kaan Kitabevi, Eskişehir, 452.

Özpolat, E. & Çoban, Ö.E. (2012). Kara balık (Capoeta trutta, Heckel, 1843) ve Sarı balığın (Capoeta umbla, Heckel, 1843) köfte olarak değerlendirilmesi ve kalite kriterleri üzerine farklı muhafaza sıcaklıklarının etkisi. *Ege J. Fish Aqua. Sci., **29***(3), 127-31.

Özyılmaz, A. (2007). Gökkusağı alabalığı (*Oncorhynchus mykiss*, Walbaum, 1972) filetolarında kekik eterik yağı kullanımının raf ömrü üzerine etkisi, Yüksek Lisans Tezi, Mustafa Kemal Üniversitesi, Hatay.

Peksezer, B. (2012). *Gümüş balığı'ndan (Alburnus mossulensis HECKEL, 1843) köftesi yapımı ve -18ºC'de muhafazasının araştırılması*. Yüksek lisans Tezi, Fırat Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Elazığ, 50 s.

Rasooli, I. & Owlia, P. (2005). Chemoprevention by thyme oils of *Aspergillus paraciticus* growth and aflatoxin production. *Phytochemistry, **66***, 2851-2856.

Sadıkoğlu, N. (1998). *Cumhuriyet dönemi türk etnobotanik araştırmalar arşivi*. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Farmasötik Botanik Ana Bilim Dalı, İstanbul, 80 s.

Tanker, M. & Tanker, N. (1991). *Farmakognozi*. Ankara Üniversitesi Yayınları, Ankara.

Viuda-Martos, M., Ruiz-Navajas, Y., Fernandez-Lopez, J. & Perez-Alvarez, J.A. (2008). Antibacterial activity of different essential oils obtained from spices widely used in Mediterranean diet. *International Journal of Food Science and Technology*, ***43***, 526-531.